

Индекс: 36622

Распространяется бесплатно

2017

Том 19 номер 2(3)

ISSN 1990-5378
2017

Известия Самарского научного центра РАН

ИЗВЕСТИЯ САМАРСКОГО НАУЧНОГО ЦЕНТРА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

Главный редактор
В.П. Шорин

www.ssc.smr.ru

Том 19 номер 2(3)

Самарский научный центр Российской академии наук

**Известия
Самарского научного центра
Российской академии наук**

Том 19, №2(3), 2017

Основан в 1999 г.

Выходит 6 раз в год

ISSN: 1990-5378

Учредитель: Президиум Самарского научного центра РАН

Журнал зарегистрирован в Роскомнадзоре
свидетельство ПИ №ФС77-61347 от 07.04.2015

Главный редактор

В.П. Шорин

Заместители главного редактора

Ю.П. Аншаков, Ф.В. Гречников, Г.С. Розенберг

Ответственный секретарь

В.О. Соколов

Редакционная коллегия

Г.П. Аншаков, Д.Е. Быков, А.В. Васильев, С.А. Васильев, В.А. Виттих,
В.В. Глуховцев, Г.П. Котельников, С.В. Любичанковский, С.В. Саксонов,
С.В. Смирнов, В.А. Сойфер, Е.В. Шахматов, С.Н. Шевченко, А.Л. Шемякин

Редакционная коллегия тематического выпуска

Н.П. Аввакумова, Л.М. Кавеленова, А.В. Киселёв (ответственный редактор),
Н.В. Прохорова, Г.С. Розенберг, С.В. Саксонов

И.о. зав редакцией Н.Ю. Кузнецова

Адрес редакции: 443001, г. Самара, Студенческий пер., За
Самарский научный центр Российской академии наук
Тел. +7(846)-340-06-20. И.о. зав. редакцией Н.Ю. Кузнецова
электронная версия – <http://www.ssc.smr.ru/izvestiya.shtml/>
Е.А. Дистель

Самара

Издательство Самарского научного центра РАН

© Федеральное государственное
Бюджетное учреждение науки
Самарский научный центр
Российской академии наук, 2017

СОДЕРЖАНИЕ

Номер 2(3), 2017

ОБЩАЯ БИОЛОГИЯ

Некоторые особенности производства продукции садоводства в регионах РФ и субъектах Приволжского федерального округа: статистика и актуальные проблемы <i>О.И. Азаров, Л.Г. Деменина, А.Б. Петрова</i>	401
Состояние популяции <i>Juniperus communis subsp. oblonga</i> Bieb. в зависимости от распространения полупаразита <i>Arceuthobium oxycedri</i> (DC.) Bieb. и совместного произрастания с <i>Pinus kochiana</i> Klotzsch в условиях внутреннего Дагестана <i>З.М. Асадулаев, М.М. Маллалиев, Г.А. Садькова, З.Р. Рамазанова</i>	406
Баланс органического вещества и химических элементов в пастбищных фитоценозах Терско-Кумской равнины <i>Т.А. Асварова, Г.Н. Гасанов, К.М. Гаджиев, Р.Р. Баширов, З.Н. Ахмедова, А.С. Абдулаева,</i>	412
Химический состав плодов яблони ягодной (<i>Malus baccata</i> (L.) Borkh.) в условиях Бурятии <i>М.В. Баханова, Т.П. Анцупова</i>	416
Наследование цитогенетических и молекулярно-клеточных эффектов в клетках костного мозга животных при хроническом воздействии ионизирующего излучения <i>Л.А. Башлыкова</i>	420
Интродукция травянистых и древесных декоративных растений в условиях средней подзоны тайги Республики Коми <i>Г.А. Волкова, О.В. Скроцкая</i>	426
Новая методика определения наименьшей влагоемкости почвы в полевых условиях <i>Г.Н. Гасанов, К.М. Гаджиев, З.Н. Ахмедова, Н.И. Рамазанова, Р.Р. Баширов, Т.А. Асварова, Ш.К. Салихов, А.С. Абдулаева</i>	431
Анализ календарного возраста рамет грушанки круглолистной (<i>Pyrola rotundifolia</i> L.) при интерпретации онтогенетической структуры вида <i>С.А. Дубровная, Л.З. Хуснетдинова, Л.У. Мавлюдова, А.Р. Галимова, З.Ш. Бикмухаметова</i>	436
Эколого-биохимические особенности растений рода <i>Trifolium</i> L., произрастающих в Южной Якутии (на примере г. Нерюнгри) <i>Н.В. Зайцева, И.А. Погуляева</i>	441
Современное состояние охраны биоразнообразия флоры Якутии <i>Н.С. Иванова</i>	448
Перспективы развития орнитологического туризма на средней Лене <i>А.П. Исаев, Н.Г. Соломонов, В.П. Ноговицын, Н.И. Гермогенов, К.С. Соломонов, Е.В. Шемякин, Р.А. Кириллин, М.В. Владимирцева, В.Ю. Габьшев</i>	453
Чувствительность гидрохимического стока горных рек к факторам среды <i>Ю.Б. Кирста, А.В. Пузанов</i>	458
Интегральные показатели спектров поглощения экстрактов из зеленых листьев <i>В.М. Колдаев</i>	463
Ресурсная характеристика голубики топяной (<i>Vaccinium uliginosum</i> L.) в таежной зоне России <i>Е.А. Лугина, Т.Л. Егошина, Н.В. Капустина</i>	468
Экологическое состояние почв Ростовской области при использовании технологии прямого посева <i>Г.В. Мокриков, К.Ш. Казеев, Д.В. Борисенко, Ю.В. Акименко, С.И. Колесников</i>	473
Биохимическая характеристика растений свербиги восточной (<i>Bunias orientalis</i> L.) при культивировании на Севере <i>Ж.Э. Михович, В.В. Пунегов, И.В. Груздев, Г.А. Рубан, К.С. Зайнуллина</i>	478
Влияние пала на ферментативную активность чернозема <i>М.Ю. Одабабян, А.В. Трушков, К.Ш. Казеев, С.И. Колесников</i>	482

Влияние стимуляторов роста на посевные качества семян и рост однолетних сеянцев пузыреплодника амурского (<i>Physocarpus (Cambess.) Maxim. amurensis</i>)	486
<i>В.В. Острошенко, Л.Ю. Острошенко</i>	
Эффективность применения стимулятора роста циркон при проращивании семян сосны обыкновенной (<i>Pinus silvestris</i> L.)	491
<i>В.Ю. Острошенко, Т.Н. Чекушкина</i>	
Агроресомелиоративное (ландшафтно-кластерное) управление гидрологическим режимом территорий, агроэкосистемами бассейновых ландшафтов и оздоровлением среды обитания человека в степном засушливом субрегионе	496
<i>В.И. Панов</i>	
Оценка жизненного состояния деревьев в урбанизированных условиях Казани	507
<i>Н.Б. Прохоренко, Г.В. Демина, Д.Н. Мингазова</i>	
Электрическая активность мозга и межполушарные взаимодействия при формировании интернет-зависимости	513
<i>А.И. Рабаданова, Д.У. Черкесова, Э.М. Бабаева, М.И. Ашурбекова</i>	
Концентрации, запасы и баланс химических элементов в травяных экосистемах предгорной подпровинции Дагестана	518
<i>Н.И. Рамазанова, М.А. Яхияев, К.Б. Гимбатова, Ж.О. Шайхалова, В.В. Семенова</i>	
Изменения морфофизиологических показателей крови стерляди (<i>Acipenser ruthenus</i>) при их выращивании в искусственных условиях	523
<i>М.Г. Рамазанова, Н.М. Абдуллаева</i>	
Температурный режим иллювиально-гумусовых подзолов Кольского полуострова	528
<i>О.В. Реишоткин, О.И. Худяков</i>	
Особенности расчета общей рекреационной емкости и средней экологической продуктивности в условиях зеленой зоны «Большого Владивостока» (Приморский Край)	532
<i>Н.Г. Розломий</i>	
Опыт искусственного выращивания грибов шиитаке (<i>Lentinula edodes berk.</i>) Pegler) в условиях юга Дальнего Востока как один из способов повышения рекреационной привлекательности лесов	536
<i>Н.Г. Розломий, Г.В. Гуков</i>	
Баланс калия в травяных экосистемах среднегорий Дагестана	540
<i>Ш.К. Салихов, З.Н. Ахмедова, К.Б. Гимбатова, Ж.О. Шайхалова</i>	
Изучение пластичности фотосинтетического аппарата листьев дендроинтродуцентов в условиях урбано среды Кольской Арктики	545
<i>Н.В. Салтан, Е.П. Шлапак, В.К. Жиров, Е.А. Святковская, О.Б. Гонтарь, Н.Н. Тростенюк</i>	
Восточноазиатские виды <i>Spiraea</i> L. и <i>Cotoneaster medik.</i> на европейском Северо-Востоке (Республика Коми)	550
<i>А.Н. Смирнова, А.Н. Пунегов, К.С. Зайнуллина</i>	
Аминокислотный состав биомассы некоторых видов лишайников таежной зоны на европейском Северо-Востоке России	556
<i>Г.Н. Табаленкова, И.В. Далькэ, И.Г. Захожий</i>	
Влияние колебаний гидрологического режима на состояние биологических сообществ эвтрофирующегося озера	561
<i>И.С. Трифонова, А.Л. Афанасьева, В.П. Беляков, Д.С. Бардинский, Н.В. Родионова, А.Г. Русанов, Е.В. Станиславская</i>	
Результаты длительных наблюдений за динамикой продуктивности травяных сообществ прибрежных отмелей (Сургутский участок реки Оби)	570
<i>В.Н. Тюрин</i>	
Агроклиматические условия развития древесных растений на территории города Нижневартовска	578
<i>Г.К. Ходжаева</i>	
Биоморфологическая и биохимическая характеристика растений <i>Phlomis tuberosa</i> (Lamiaceae) в культуре в средней подзоне тайги Республики Коми	582
<i>Э.Э. Эчишвили, Н.В. Портнягина, В.В. Пунегов, К.С. Зайнуллина</i>	
Полиморфизм и морфобиологические особенности популяций <i>Pelophylax ridibundus</i> из разных мест обитания	587
<i>Г.Р. Юмагулова, А.П. Яковлева</i>	

CONTENTS

Number 2(3), 2017

GENERAL BIOLOGY

Some peculiarities of the fruit-growing production in the Russian Federation regions and Privolzhskiy federal district subjects: statistics and actual problems	401
<i>O.I. Azarov, L.G. Demenina, A.B. Petrova</i>	
State of the <i>Juniperus oblonga</i> Bieb. population depending on the spread semiparasite <i>Arceuthobium oxycedri</i> (DC.) Bieb. and joint growth with <i>Pinus kochiana</i> Klotzsch under the conditions of Innermountain Dagestan	406
<i>Z.M. Asadulaev, M.M. Mallaliev, G.A. Sadykova, Z.R. Ramazanova</i>	
Balance of organic substance and chemical elements in pasturic phytocenoses of Tersko-Kumskaya plain	412
<i>T.A. Asvarova, G.N. Gasanov, K.M. Gadzhiev, R.R. Bashirov, A.S. Abdulaeva</i>	
The chemical composition of apple berry fruits (<i>Malus baccata</i> (L.) Borkh.) in the conditions of Buryatia	416
<i>M.V. Bakhanova, T.P. Antsupova</i>	
Inheritance of cytogenetic and molecular-cellular effects in cells of animals bone marrow at chronic impact of ionizing radiation	420
<i>L.A. Bashlykova</i>	
Introduction of grassy and woody ornamental plants in the conditions of middle taiga in Komi Republic	426
<i>G.A. Volkova, O.V. Skrotskaya</i>	
The new method of definition the least soil water content under the field conditions	431
<i>G.N. Gasanov, K.M. Gadzhiev, Z.N. Akhmedova, N.I. Ramazanova, R.R. Bashirov, T.A. Asvarova, Sh.K. Salikhov, A.S. Abdullaeva</i>	
Analysis of the calendar age of (<i>Pyrola rotundifolia</i> L.) ramets at interpretation of ontogenetic structure species	436
<i>S.A. Dubrovnaya, L.Z. Husnetdinova, L.U. Mavlyudov, A.R. Galimova, Z.Sh. Bikmukhametova</i>	
Ecological and biochemical features of genus <i>Trifolium</i> L. plants, growing in South Yakutia (on the example of Neryungri city)	441
<i>N.V. Zaytseva, I.A. Pogulyaeva</i>	
The modern state of flora biodiversity protection in Yakutia	448
<i>N.S. Ivanova</i>	
Perspectives of the ornithological tourism development in the Middle Lena	453
<i>A.P. Isaev, N.G. Solomonov, V.P. Nogovitsyn, N.I. Germogenov, K.S. Solomonov, E.V. Shemyakin, R.A. Kirillin, M.V. Vladimirtseva, V.Yu. Gabyshev</i>	
The sensitivity of hydrochemical runoff of mountain rivers to environmental factors	458
<i>Yu.B. KIRSTA, A.V. Puzanov</i>	
Integrated indexes of absorption spectrums from green leaves extracts	463
<i>V.M. Koldayev</i>	
Resource characteristic of bog bilberry (<i>Vaccinium uliginosum</i> L.) in taiga zone of Russia	468
<i>E.A. Luginina, T.L. Egoshina, N.V. Kapustina</i>	
Ecological state of Rostov oblast soils at using the technology of direct sowing	473
<i>G.V. Mokrikov, K.Sh. Kazeev, D.V. Borisenko, Yu.V. Akimenko, S.I. Kolesnikov</i>	
Biochemical characteristic of <i>Bunias orientalis</i> L. plants at cultivation in the North	478
<i>J.E. Mikhovich, V.V. Punegov, I.V. Gruzdev, G.A. Ruban, K.S. Zaynullina</i>	
The influence of agricultural burning on chernozem enzymatic activity	482
<i>M.Yu. Odabashyan, A.V. Trushkov, K.Sh. Kazeev, S.I. Kolesnikov</i>	
The influence of growth stimulators on sawing qualities of seeds and growth of one-year seedlings of amur ninebark (<i>Physocarpus</i> (Cambess.) Maxim. <i>amurensis</i>)	486
<i>V.V. Ostroshenko, L.Yu. Ostroshenko</i>	

Contents

Efficiency of Zircon growth stimulator application in seed sprouting of scots pine (<i>Pinus silvestris</i> L.) <i>V. Yu. Ostroshenko, T.N. Chekushkina</i>	491
Agro forest meliorative (landscape-cluster) management of hydrological regime of territories, agroecosystems of basin landscapes and health improvement of people environment in the steppe arid subregion <i>V.I. Panov</i>	496
The assessment of trees vital state in the urbanized conditions of Kazan city <i>N.B. Prokhorenko, G.V. Demina, D.N. Mingazova</i>	507
The brain electric activity and interactions between hemispheres at formation of internet dependence <i>A.I. Rabadanova, D.U. Cherkesova, E.M. Babaeva, M.I. Ashurbekova</i>	513
Change of the morphophysiological parameters of sterlet blood (<i>Acipenser ruthenus</i>) during their cultivation under the artificial conditions <i>M.G. Ramazanova, N.M. Abdullaeva</i>	518
Concentrations, stocks and balance of chemical elements in the herbal ecosystems of Dagestan premountain sub-prevention <i>N.I. Ramazanova, G.N. Gasanov, Sh.K. Salikhov, M.A. Yakhiyev, K.B. Gimbatova, Zh.O. Shaikhalova, V.V. Semenova</i>	523
Temperature regime of humus-illuvial podzols of the Kola peninsula <i>O.V. Reshotkin, O.I. Khudyakov</i>	528
Features of calculation the total recreational capacity and average ecological efficiency in the conditions of the green zone "Big Vladivostok" (Primorskiy krai) <i>N.G. Rozlomiya</i>	532
Experience of artificial cultivation of siitake (<i>Lentinula edodes</i> berk.) Pegler) mushrooms in the conditions of the south of Far East as one of the ways to increase the forests recreational attractive <i>N.G. Rozlomiya, G.V. Gukov</i>	536
Balance of potassium in herbal ecosystems of Dagestan middle mountains <i>Sh.K. Salikhov, Z.N. Ahmedova, K.B. Gimbatova, Zh.O. Shaykhalova</i>	540
Research the leaves photosynthetic apparatus plasticity at arboreal introduced plants in the conditions of Kola Arctic environment <i>N.V. Saltan, E.P. Shlapak, V.K. Zhironov, E.A. Svyatkovskaya, O.B. Gontar, N.N. Trostenyuk</i>	545
The East Asian species <i>Spiraea</i> L. and <i>Cotoneaster Medik.</i> in the European North-East (Komi Republic) <i>A.N. Smirnova, A.N. Punegov, K.S. Zaynullina</i>	550
Amino acids composition of some lichen species in taiga zone of European North-East of Russia <i>G.N. Tabalenkova, I.V. Dalke, I.G. Zakhochiy</i>	556
Influence of hydrological regime changes on the state of biological communities of a lake in condition of eutrophication <i>I.S. Trifonova, A.L. Afanasieva, D.S. Bardinskiy, V.P. Belyakov, N.V. Rodionova, A.G. Rusanov, E.V. Stanislavskaya</i>	561
The results of long-term observations for the productivity dynamics of grass communities on river coastal sand-banks (Surgut part of the Ob river) <i>V.N. Tyurin</i>	570
Agro-climatic conditions of woody plants development at the territory of Nizhnevartovsk city <i>G.K. Khodzhaeva</i>	578
Biomorphological and biochemical characteristic of <i>Phlomis tuberosa</i> (Lamiaceae) plants in culture in the taiga middle subzone in Komi Republic <i>E.E. Echishvili, N.V. Portnyagina, V.V. Punegov, K.S. Zaynullina</i>	582
Polymorphism and morpho-biological peculiarities of <i>Pelophylax ridibundus</i> populations from different habitats <i>G.R. Yumagulova, A.P. Yakovleva</i>	587

**НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ПРОИЗВОДСТВА ПРОДУКЦИИ САДОВОДСТВА
В РЕГИОНАХ РФ И СУБЪЕКТАХ ПРИВОЛЖСКОГО ФЕДЕРАЛЬНОГО ОКРУГА:
СТАТИСТИКА И АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ**© 2017 О.И. Азаров¹, Л.Г. Демина², А.Б. Петрова²¹ Научно-исследовательский институт «Жигулевские сады»² Самарский университет

Статья поступила в редакцию 17.05.2017

В статье представлен анализ статистических данных относительно потребления и производства продукции садоводства в федеральных округах РФ с детализацией по Приволжскому федеральному округу. Указаны особенности производства продукции садоводства в Самарской области в сравнении с другими субъектами ПФО.

Ключевые слова: *садоводство, Самарская область, Приволжский Федеральный округ, урожай*

Рекомендации Всемирной организации здравоохранения предписывают ежедневное потребление 400 г свежих и переработанных фруктов и овощей (исключая картофель и др. крахмалистые овощи) с целью снижения риска хронических заболеваний. Для россиян рекомендуемые объемы потребления фруктов и овощей, с учетом их использования, в том числе для производства пищевых продуктов, блюд и напитков, в соответствии с приказом Министерства здравоохранения, для фруктов и ягод составляют от 90 до 100 кг/год на 1 человека, овощей и бахчевых – 120-140 кг/год на 1 человека [5].

За последние 3-5 лет доля фруктов в продуктовой корзине россиян существенно возросла. В России потребление фруктов характеризуется тенденцией к росту, в отличие от большинства стран Западной Европы, где наблюдается спад потребления фруктов. Согласно результатам исследований, россияне тратят на овощи и фрукты не менее 11% от общего объема расходов на продуктовые товары. По различным оценкам Федеральной службы государственной статистики в 2013 г. потребление фруктов и ягод на душу населения в регионах России оценивалось в диапазоне от 61 до 74 кг в год. За последнее десятилетие, по сравнению в 2003 г., потребление плодов выросло более чем в 2 раза. Тем не менее, структура потребления фруктов городским и сельским населением существенно различается. Горожане в среднем съедают примерно на четверть больше фруктов, чем жители сельской местности (79 и 62 килограммов соответственно) [1], при рекомендуемой норме около 100 кг в год.

Санкционные изменения во внешней торговле РФ затронули импортные потоки плодовой продукции. Это изменило набор поставщиков фруктов в РФ из-за рубежа и заставило обратиться к решению проблемы импортозамещения в отечественном

садоводстве. Нам показалось важным в этой связи проанализировать доступный статистический материал, чтобы по возможности выявить особенности состояния дел в производстве плодовой продукции, имея в виду, в том числе, и положение Самарской области в сравнении с другими субъектами Приволжского региона. Выполненный нами анализ доступного статистического материала [7] показал, что потребление фруктов жителями РФ увеличивается с последние годы как для страны в целом, так и по федеральным округам, а также в отдельных субъектах федерации, что показано нами на примере субъектов Приволжского федерального округа (ПФО) (рис.1, 2). Тем не менее, рекомендованный уровень – 90-100 кг/год на душу населения, пока не достигается даже для лидирующего по показателю потребления Южного федерального округа. ПФО в целом имеет показатели немного ниже среднероссийских, однако Самарскую область, по данным официальной статистики, можно считать лидером по подушевому потреблению плодово-ягодной продукции в ПФО (рис. 2).

Снижение объемов ввоза фруктов и ягод, по мнению руководства и производителей сельскохозяйственной продукции, указывает на актуальность и обязательность развития садоводства в стране. Однако подотрасль «садоводство», продукция которой до последнего времени рассматривается как вспомогательная в рационе человека, сталкивается с целым рядом серьезных проблем, а официальные статистические данные в силу ряда причин отчасти носят ориентировочный характер, что мы продемонстрируем далее. Продукция растениеводства в нашей стране выращивается в хозяйствах различных категорий (рис. 3), соотношения между которыми, частный и суммарный объем продукции заметно варьируют в федеральных округах. ПФО – один из трех ведущих в данной отрасли.

Структура площадей, используемых для выращивания плодовых культур, отражает однозначное преобладание площадей под семечковыми и

Азаров Олег Игоревич, директор. E-mail: goldenapple08@mail.ru

Демина Любовь Георгиевна, заместитель директора по науке. E-mail: demenina.lubov@rambler.ru

Петрова Анна Борисовна, аспирантка

близкие, практически вдвое меньшие значения – под косточковыми и ягодниками (рис. 4) [2-4].

Валовой сбор продукции семечковых, косточковых и ягодников, как и ситуация с их урожайностью (рис. 4, 5), отчетливо демонстрируют 2 факта. Первый определяет «специфический плодородческий профиль» субъектов ПФО, который определяется не только их природно-агроклиматическими условиями, но и наличием соответствующих природных ресурсов – в частности, дикорастущих ягодников (Татарстан, Пермский край, Нижегородская область, Башкортостан). Второй факт – наличие заметной изменчивости показателей по годам, что связано, как с периодичностью плодоношения (семечковые), так и с сильной зависимостью урожая плодов от комплекса погодных условий года, включая перезимовку и период вегетации, (семечковые, косточковые, ягодники). Неблагоприятные проявления погодных условий в отдельном регионе могут не затронуть на критическом уровне

соседние территории, что усугубляет дисперсию показателей.

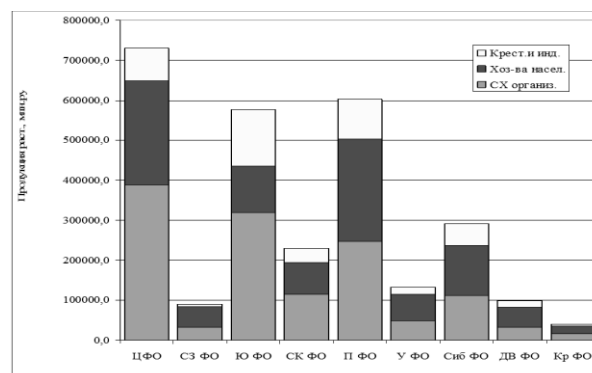


Рис. 3. Продукция растениеводства по категориям хозяйств в 2015 г. (в фактических ценах, млн. руб.) (построено по данным [6]).

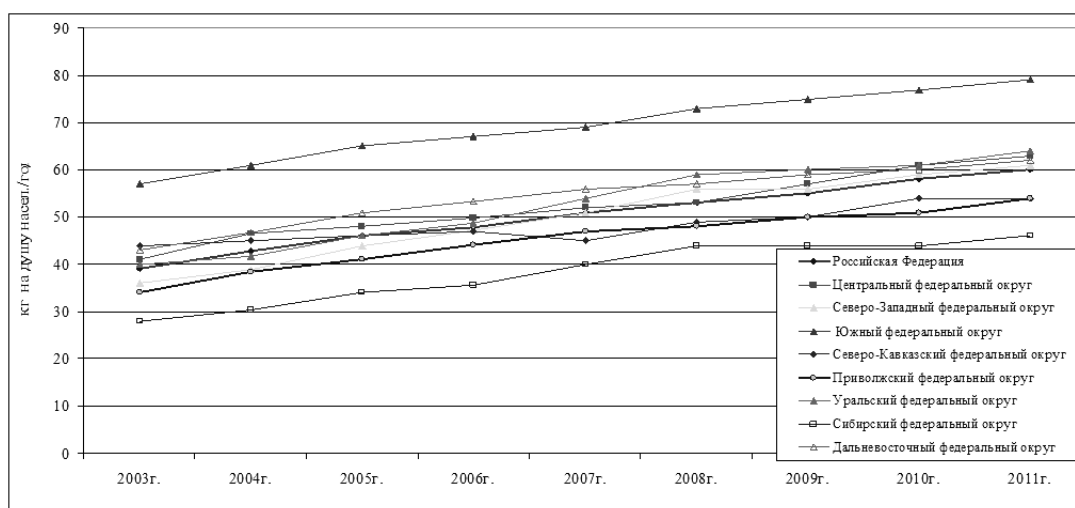


Рис. 1. Потребление фруктов и ягод жителями РФ (построено по данным [7])

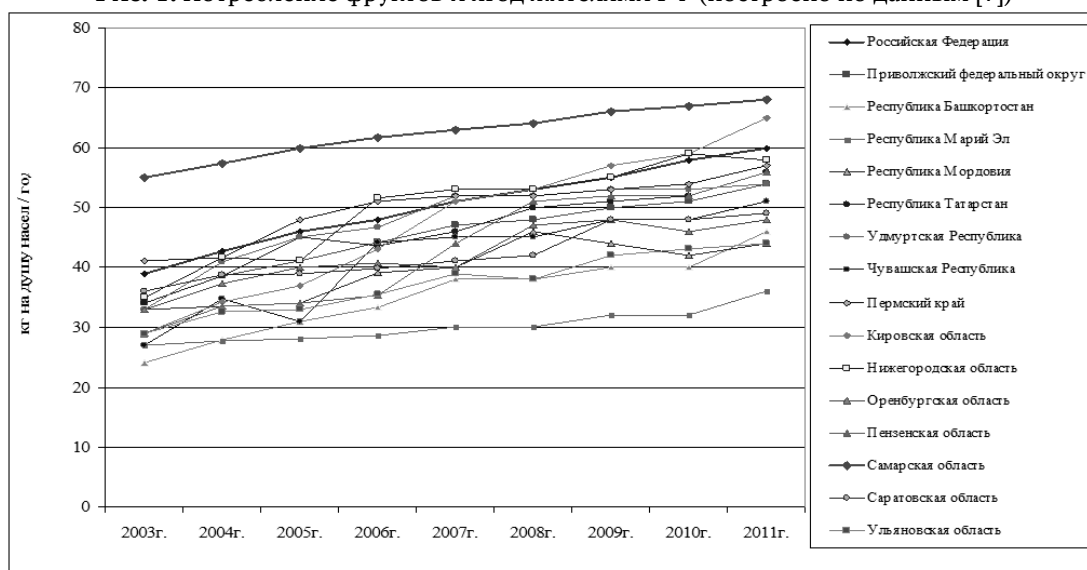


Рис. 2. Потребление фруктов и ягод жителями субъектов федерации ПФО (построено по данным [7])

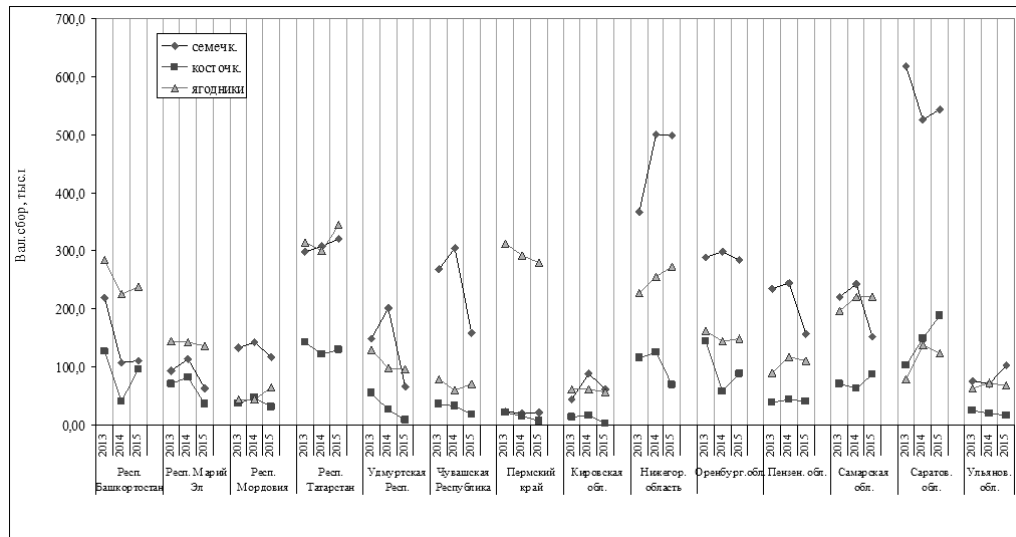


Рис. 4. Валовой сбор плодов по видам культур и ягод в хозяйствах всех категорий ПФО (построено по [2-4])

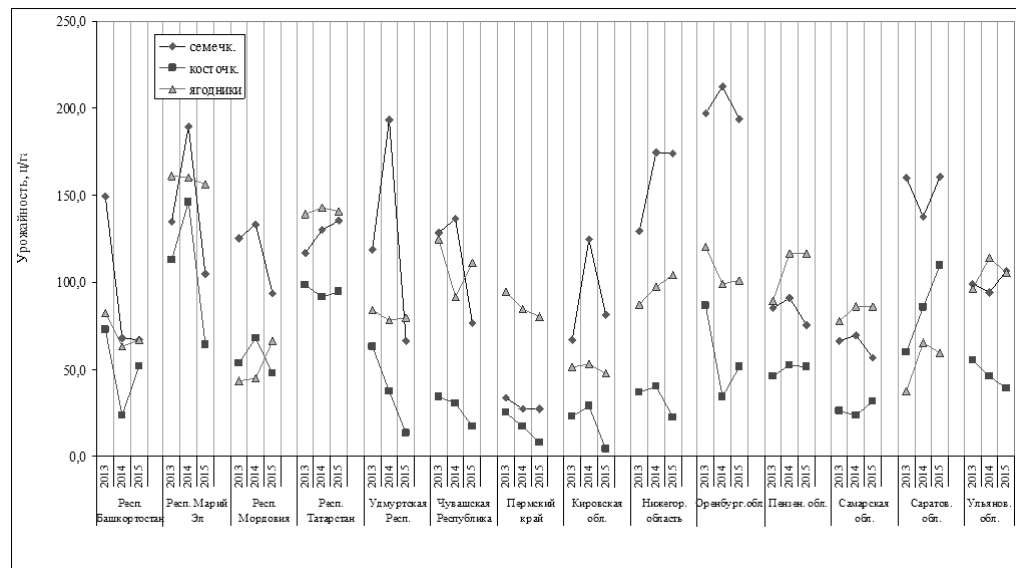


Рис. 5. Урожайность плодов по видам культур и ягод в хозяйствах всех категорий ПФО (построено по [2-4])

Мы также использовали совмещение трех показателей по регионам, подготовив графический материал в форме пузырьковой диаграммы (рис. 6). В данном типе диаграмм положение фигуры по оси X соответствует первому из рассматриваемых показателей - площадям, занятым в регионе семечковыми, косточковыми либо ягодными культурами; положение фигуры по оси Y отражает значения второго показателя - уровень урожайности по данной группе культур в регионе, величина фигуры отражает значения третьей переменной - урожай по группе культур - семечковых, косточковых и ягодных (в нашем случае - в 2015 г.). Такая форма наглядности позволила нам продемонстрировать существующие особенности развития садоводства в Самарской области. Дополнительно был введен уровень средних значений - на каждой из трех диаграмм пунктирная

линия соответствует среднему уровню урожайности по стране.

Анализируя диаграммы, можно заметить, что в Самарской области площади под семечковыми, косточковыми и ягодными культурами имеют показатели выше многих субъектов среди регионов ПФО. Выращивание плодовой продукции имеет заметные перспективы, что связано с обеспеченностью области соответствующими агроклиматическими ресурсами. В целом сумма агроклиматических условий в области (по почвенным условиям, обеспеченности теплом) приемлема для плодовых культур в большей степени, чем в северных областях ПФО, дефицит влаги менее выражен, чем в Оренбургской области. Это служит основой для деятельности в данном направлении, однако показатели урожайности по семечковым и косточковым

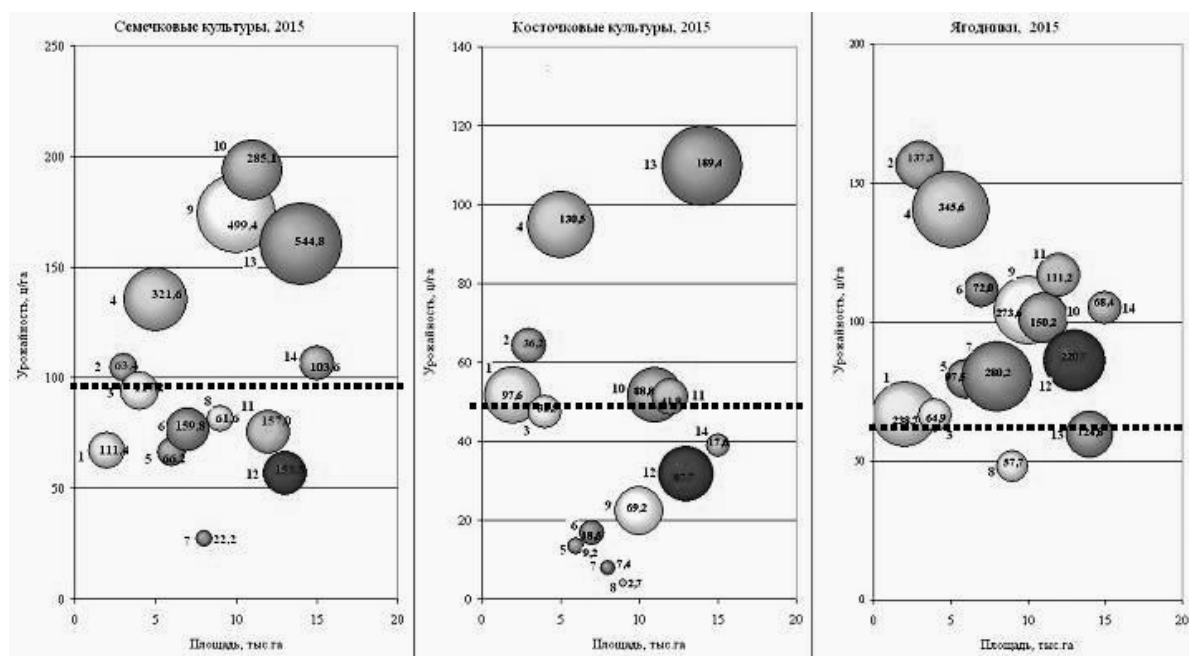
культурам в Самарской области в 2015 г. были не только ниже средних по РФ, но и для семечковых – приближались к низшим по региону. С одной стороны, это можно рассматривать как проявление периодичности плодоношения семечковых либо результат влияния неблагоприятной погоды. Но данные за 2013-2015 гг. показывают, что, к сожалению, урожайность семечковых в нашей области слабо менялась по годам и была невысока.

Невысокая урожайность при достаточных площадях не способствует достижению высоких уровней валового сбора. Данное положение свидетельствует о недостаточном уровне эффективности садоводства в нашей области, где появились отдельные лидеры, но в целом не решены актуальные задачи. Появление в области ряда агропредприятий, где производство продукции ягодников строится на современных технологиях, отразилось в достижении «средних» по региону позиций, имеются перспективы дальнейшего роста.

В настоящее время расширяется круг хозяйств, занимающихся промышленным садоводством (ООО «Сад» Приволжского района, ООО «Кошелевский посад» Сызранского района, входящее в торговый дом «Сады Приволжья»; ОАО «Сургутское» Сергиевского района, ООО «Садовод», ООО «Кутулук»). В ассортименте выращиваемой ими продукции преобладают семечковые (однозначно лидируют сорта яблони), начинается промышленное возделывание земляники (в садоводческом хозяйстве «Отава» ГК «СИНКО», ОАО «Сургутское»), косточковых, ягодных кустарников. Среди

масштабно выращиваемых сортов яблони в промышленных садах области представлены как местные сорта (Жигулевское, Спартак, Кутузовец, Куйбышевское), так и сорта иного происхождения (Северный Синап, Лобо, Беркутовское, Веняминовское и др.), отсутствуют промышленные насаждения груши, косточковых культур.

Для промышленных садов экономическая эффективность будет определяться способностью устойчиво и достаточно долго давать плодую продукцию высокого качества, сохраняя отличный виталитет деревьев. По-прежнему актуальными остаются для Самарской области задачи надежного сохранения продукции в современных хранилищах, создания систем переработки урожая. Использование в региональном садоводстве исключительно районированных сортов, главным образом - местной селекции, для Самарской области является особо актуальным, следует внедрять для выращивания в промышленных масштабах, районированные, адаптированные к местным условиям, урожайные сорта, в первую очередь селекции НИИ «Жигулевские Сады». Особое значение приобретает разработка и утверждение министерством сельского хозяйства и продовольствия Самарской области региональной «Программы развития садоводства и питомниководства» и подпрограммы по сортообновлению плодовых и ягодных культур для внедрения в регионе новых адаптированных сортов плодовых и ягодных культур селекции НИИ «Жигулевские сады».



Цифрами обозначены: 1- республика Башкортостан, 2- республика Марий Эл, 3- республика Мордовия, 4- республика Татарстан, 5- Удмуртская республика, 6- Чувашская республика, 7- Пермский край, 8- Кировская область, 9- Нижегородская область, 10- Оренбургская область, 11- Пензенская область, 12- Самарская область, 13- Саратовская область, 14- Ульяновская область.

Рис. 6. Обобщение результатов по выращиванию продукции садоводства в субъектах ПФО (пунктир – средняя урожайность по РФ)

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Особенности потребления фруктов в России 2014. Аналитика рынка фруктов и овощей. Опубликовано: 20.08.2014 - FruitNews. Самые свежие новости. - <http://www.fruitnews.ru/home-page/analytic/40408-osobennosti-potrebleniya-fruktov-v-rossii.html> (16.10.2015).
2. Площади, валовой сбор и урожайность плодово-ягодных и виноградных насаждений в Российской Федерации в 2013 году. – Федеральная служба государственной статистики (Росстат). Главный межрегиональный центр. Москва, 2014.
3. Площади, валовой сбор и урожайность плодово-ягодных и виноградных насаждений в Российской Федерации в 2014 году. – Федеральная служба государственной статистики (Росстат). Главный межрегиональный центр. Москва, 2015.
4. Площади, валовой сбор и урожайность плодово-ягодных и виноградных насаждений в Российской Федерации в 2015 году. – Федеральная служба государственной статистики (Росстат). Главный межрегиональный центр. Москва, 2016.
5. Приказ Министерства здравоохранения и социального развития РФ от 2 августа 2010 г. N 593н "Об утверждении рекомендаций по рациональным нормам потребления пищевых продуктов, отвечающим современным требованиям здорового питания".
6. Продукция сельского хозяйства в 2015 году. Федеральная служба государственной статистики (Росстат). Главный межрегиональный центр. Москва, 2016.
7. Сводные данные о потреблении ведущих продуктов питания в РФ, 2003-2011 гг. - Федеральная служба государственной статистики (Росстат). Главный межрегиональный центр. Москва, 2016. - http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/publications/catalog/doc_1265196018516 (размещено на сайте 02.10.2012, дата обращения к ресурсу 10.06.2016).

**SOME PECULIARITIES OF THE FRUIT-GROWING PRODUCTION IN THE RUSSIAN
FEDERATION REGIONS AND PRIVOLZHSKIY FEDERAL DISTRICT SUBJECTS:
STATISTICS AND ACTUAL PROBLEMS**

© 2017 O.I. Azarov¹, L.G. Demenina¹, A.B. Petrova²

¹ Scientific Research Institute «Zhigulevskie-sady»

² Samara University

The article is devoted to the statistical data analysis of horticultural products consumption and production in Russian Federation regions, with details on Privolzhskiy Federal District subjects. Peculiarities of fruit-growing production in Samara region are given in comparison with other subjects of Privolzhskiy Federal District.

Key words: *horticulture, Samara region, Privolzhskiy Federal District, yield*

УДК: 58.02:58.072 (470.67)

СОСТОЯНИЕ ПОПУЛЯЦИИ *JUNIPERUS COMMUNIS SUBSP. OBLONGA* ВИБ. В ЗАВИСИМОСТИ ОТ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ПОЛУПАРАЗИТА *ARCEUTHOBIMUM OXYCEDRI* (DC.) ВИБ. И СОВМЕСТНОГО ПРОИЗРАСТАНИЯ С *PINUS KOCHIANA* KLOTZSCH В УСЛОВИЯХ ВНУТРЕННЕГОРНОГО ДАГЕСТАНА

© 2017 З.М. Асадулаев, М.М. Маллалиев, Г.А. Садыкова, З.Р. Рамазанова

Горный ботанический сад ДНЦ РАН, г. Махачкала

Статья поступила в редакцию 22.05.2017

Обсуждаются причины ухудшения состояния популяции *Juniperus communis subsp. oblonga* на оползневом склоне хребта Чакулабек Внутреннегорного Дагестана в связи с массовым распространением полупаразита *Arceuthobium oxicedri* и *Pinus kochiana*. Показано, что *A. oxicedri* не является первоначальной причиной деградации популяции *J. communis subsp. oblonga*. Выдвинуто предположение о том, что сообщества с доминированием *J. communis subsp. oblonga* на северных склонах гор в аридных условиях Внутреннегорного Дагестана сформировались после вырубки здесь сосновых лесов, которые в настоящее время восстанавливаются.

Ключевые слова: *Juniperus communis subsp. oblonga*, *Arceuthobium oxicedri*, *Pinus kochiana*, полупаразит, Внутреннегорный Дагестан, куст, произрастание, экотоп, популяция

Наш интерес к изучению распространения и вредоносности *Arceuthobium oxicedri* в популяции *Juniperus communis subsp. oblonga* (далее *J. oblonga*) на хребте Чакулабек Внутреннегорного Дагестана вызван выявленным нами ранее [18] угнетенным состоянием кустов можжевельника на фоне хорошего состояния деревьев абрикоса, кустов видов роз, спиреи, кизильника, вишни седой и других древесных, кустарниковых и травянистых растений. Надо отметить, что в целом условия изученного склона являются типичными для можжевеловых редколесий Дагестана. Поэтому первоначально возникло предположение о том, что причиной деградации популяции *J. oblonga* на данном участке является массовое распространение *A. oxicedri*. В последующем было обращено внимание на то, что здесь в последние два-три десятилетия имеет место массовое распространение сосны, отрицательное влияние которой, на наш взгляд, и могло привести к деградации популяции можжевельника. Отсюда и возникла идея изучить состояние популяции *J. oblonga* не только в зависимости от степени ее поражения *A. oxicedri*, но и от распространения на склоне сосны.

В Дагестане *J. oblonga* произрастает в горной части [4, 5] и изолированно на юго-западе Терско-Кумской низменности [6], а *A. oxicedri* наиболее массово распространен в Внутреннегорном Дагестане. В Южном и Северном Предгорном Дагестане и в высокогорьях растения можжевельника

поражены арцеутобиумом меньше [7]. В мировой литературе распространению и вредоносности *A. oxicedri* уделено достаточно большое внимание. Прежде всего, это фундаментальная сводка Ciesla et al., [8], где приводится информация об обширной географии этого вида: Африка, Западная Европа, Балканы, Россия и другие бывшие советские республики, Ближний Восток, Индия и западный Китай. *A. oxicedri* паразитирует здесь на 17 видах можжевельника, 5 видах кипариса, плоскочеточнике, кипарисовике [9] и признан потенциально опасным полупаразитным растением [1, 2], который недостающие вещества компенсирует за счет растения-хозяина [3].

Вредоносность *A. oxicedri* на видах *Juniperus* обстоятельно изучена во флоре арчовников в бассейне р. Искандер в условиях Таджикистана [10, 11], в заповедном природном комплексе Чилтер в западном Крыму и на мысе Мартъян в южном Крыму ([12]. В арчовых лесах провинции Белуджистан Пакистана [13] проведено полномасштабное изучение биологии этого паразита для разработки лесозащитных мероприятий. Здесь же изучено не только распространение и способность *A. oxicedri* поражать представителей семейства *Cupressaceae*, но и детально раскрыты вопросы его репродуктивной биологии [14]. В условиях севера Ирана *A. oxicedri* также признан опасным полупаразитическим растением, способным к повреждению можжевельника, снижая его устойчивость к неблагоприятным климатическим условиям. Оценено влияние гербицидов (раундап и базагран) на снижение пораженности можжевельников [15]. В охраняемой зоне регионального парка дель Альто Мансанарес (Мадрид) изучена степень заражения можжевельника колючего *A. oxicedri* с целью отслеживания их распространения под воздействием лесных пожаров и человека [16].

Асадулаев Загирбег Магомедович, доктор биологических наук, профессор, директор. E-mail: asgorbs@mail.ru
Маллалиев Максим Маллалиевич, заведующий Гербарием. E-mail: maxim.mallaliev@yandex.ru
Садыкова Гульнара Алиловна, кандидат биологических наук, ученый секретарь. E-mail: sadykova_gula@mail.ru
Рамазанова Зулфира Рамазановна, кандидат биологических наук, младший научный сотрудник. E-mail: zulfiraram@mail.ru

Паразитарная направленность системы *Juniperus-Arceuthobium* подтверждена также с помощью рентгеновского микроанализа. Проведено сравнительное исследование минеральных элементов, содержащихся в тканях можжевельника и арцетуобиума, где показано, что эндофитные ткани паразита по содержанию S, P и, главным образом, K богаче, чем соседние ткани хозяев, и, следовательно, отношение K/Ca выше в паразите [17]. Проведенный выше обзор литературных источников показывает, что *A. oxicedri* считается основной причиной деградации популяций видов *Juniperus*. Между тем прямых доказательств вредоносности *A. oxicedri* не приводится.

Цель работы: изучить структуры популяции и состояния кустов *J. oblonga* в зависимости от пораженности *A. oxicedri*, условий микроэкопотов и совместного произрастания *P. kochiana* на оползневом известняковом склоне хребта Чакулабек Внутреннегорного Дагестана.

Методика исследований. Работа проводилась в 2013–2016 гг. на северо-восточном склоне хребта Чакулабек в окрестности с. Цудахар Левашинского района Внутреннегорного Дагестана на высотах от 1100 до 1400 м над уровнем моря. Общая площадь исследованного массива *J. oblonga* составила около 500 га. Склон представляет собой местами оголенный вследствие оползней массив известняковой плиты крутизной 30–40°, с фрагментарной фриганоидной растительностью и маломощным почвенным слоем в зависимости от условий экоотопа. В последние десятилетия на этом участке наблюдается массовое расселение *P. kochiana* при одновременной деградации популяций *J. oblonga*. Почва горно-долинная лугово-степная намытая среднесуглинистая на древне-аллювиальных карбонатных суглинках. Исследованный склон имеет сложный микрорельеф. Для получения максимально объективной информации о зависимости состояния растений *J. oblonga* и *A. oxicedri* от условий места произрастания выделены следующие экоотопы: оползневый, природниковый, оголенная известняковая плита, ложбина временного водостока, площадка террасы, шлейф из щебня, межложбинный гребень. Выделенные участки отличаются по мощности и влажности почвы, составу материнской породы, крутизне.

При закладке пробных площадей (ПП) и их описании руководствовались основными положениями, изложенными в работе «Методы изучения лесных систем» [19]. ПП по 400 м² в количестве 20 шт. заложены на разных высотных уровнях склона: у основания, в середине и на вершине (в пределах 500 м) с учетом всего разнообразия экоотопов и элементов рельефа.

Жизненность особей видов определена на основе подходов, изложенных в работах Уранова [20] и Злобина [21], по 5-ти бальной шкале на основе таких характеристик как хлоротичность, сморщенность побегов, наличие сухих побегов, паразитов и вреди-

телей, мощность развития, длина годичного прироста, высота и диаметр кустов, наличие шишек. Возрастные группы и их характеристики даны по Т.А. Работнову [22] с учетом биологических особенностей изучаемых видов. Статистическая обработка результатов проведена с использованием дисперсионного, регрессионного и кластерного анализов с помощью программы Statistica v.5.5. По результатам дисперсионного анализа установлена степень зависимости (r^2) и доля влияния (h^2) факторов среды на показатели. Латинские названия растений даны по С.К. Черепанову [23].

Результаты и обсуждение. На основании полного учета кустов *J. oblonga*, произрастающих на площади около 500 га исследованного склона, проведена их группировка по возрасту, полу и состоянию, определена доля каждой из этих групп у основания, в середине и в верхней части склона (табл.1). Обнаружено, что с высотой по склону доля мужских кустов, кустов молодого возраста и здоровых кустов снижается, при одновременном значительном возрастании доли ослабленных кустов, у которых пол не определяется, и сухих кустов. Пораженность можжевельника *A. oxicedri* при этом вверх по склону явно усиливается при значительном возрастании участия *P. kochiana* в сообществе.

Таблица 1. Группировка кустов *Juniperus oblonga* и их пораженность полупаразитом *Arceuthobium oxicedri* на северо-восточном склоне хребта Чакулабек, в %

Группировки кустов	Участки по склону		
	нижний	средний	верхний
всех возрастов	37	48	15
молодые	52	41	7
мужские	22	14	7
женские	25	23	21
пол не определяется	53	63	72
здоровые	27	19	6
полусухие	45	48	43
сухие	28	33	51
пораженные арцетуобиумом	63	77	92
участие сосны	1	16	83

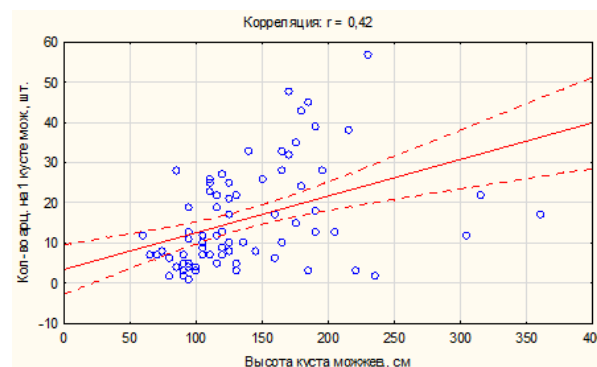


Рис. 1. Численность *Arceuthobium oxicedri* в зависимости от размеров кустов *Juniperus oblonga*

В целом на склоне преобладают особи *J. oblonga* генеративного состояния (52,9%) с существенным снижением доли молодых особей в верхней части склона. При этом на участках, где совместно с можжевельником произрастает сосна, молодые кусты первого имеют угнетенное состояние и встречаются лишь единично. Независимо от места произрастания на склоне доля кустов можжевельника с меньшими размерами, пораженных арцеутобиумом, больше, чем доля пораженных кустов с крупными размерами. Степень пораженности кустов можжевельника арцеутобиумом имеет линейную положительную зависимость от размеров кустов первого и не связана с условиями произрастания (рис. 1).

С высотой над уровнем моря по склону уменьшаются не только биометрические показатели кустов *J. oblonga*, но и *A. oxicedri* и эта тенденция подтверждена статистически (табл. 2). Кроме того, арцеутобиум слабее развит (6,3 см) на угнетенных (2,8 балла) кустах можжевельника, что объясняется полупаразитарным характером отношений между этими двумя видами. При этом различия между особями арцеутобиума с разных высот меньше (h^2 , 6,0%), чем между особями можжевельника с тех же высот (h^2 , 19,6%). Это и понятно, потому что состояние кустов можжевельника определяет развитие арцеутобиума, а не наоборот.

Таблица 2. Биоморфологические и виталитетные показатели *Juniperus oblonga* и *Arceuthobium oxicedri* и их статистическая оценка

Признаки	Место произрастания по склону						Общее		F	h^2 , %	t-крит. (низ.-верх. склона)
	низ		середина		верх		X	CV, %			
	X	CV, %	X	CV, %	X	CV, %					
<i>A. oxicedri</i>											
длина, см	7,5	35,8	6,7	21,9	6,3	20,1	6,8	28,5	2,9*	6,0	2,22*
ширина, см	6,2	38,1	5,9	22,1	5,1	22,1	5,8	30,2	3,4*	7,3	2,29*
состояние, балл	4,4	16,5	4,1	16,5	3,8	15,1	4,1	17,2	6,9**	16,5	3,66***
число на 1 куст, шт.	17,9	86,6	14,5	74,7	14,8	64,6	15,7	77,5	0,7	0,0	0,93
<i>J. oblonga</i>											
высота куста, см	165,7	42,5	124,5	32,8	114,8	30,9	135,0	41,0	8,3**	19,6	3,54***
состояние, балл	3,5	24,6	3,2	23,6	2,8	20,5	3,1	25,0	7,5**	17,8	3,68***

Примечание: общее число изученных кустов = 90; здесь и далее уровни значимости – * - $P < 0,05$; ** - $P < 0,01$; *** - $P < 0,001$

Видно, что степень угнетенности можжевеловых кустов не зависит напрямую от пораженности арцеутобиумом, а является следствием других причин, предварительно приведших к его ослаблению. Если бы состояние кустов можжевельника напрямую определялось степенью поражения арцеутобиумом, то угнетенность первых должна была быть выше при более сильном и массовом развитии арцеутобиума. Такое не наблюдается. Например, наиболее благополучные кусты можжевельника у основания склона (состояние 3,5 баллов и высота 165,7 см) сильнее поражены (17,9 на 1 куст). Кроме того, при увеличении плотности арцеутобиума на куст, их жизненное состояние внутри кустов можжевельника снижается (рис. 2).

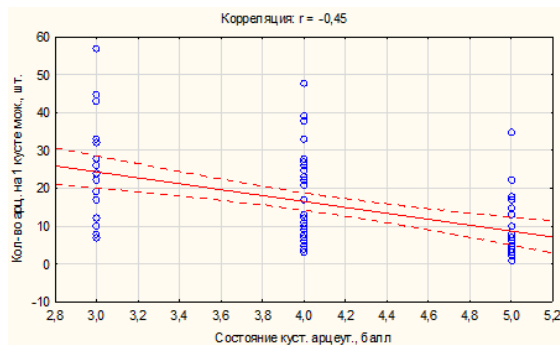


Рис. 2. Зависимость состояния *Arceuthobium oxicedri* от плотности их размещения на кустах *Juniperus oblonga*

Что касается коэффициентов вариации биометрических показателей, то они с высотой по склону снижаются, что может быть связано с ухудшением условий произрастания и общим снижением амплитуды показателей *J. oblonga* и *A. oxicedri*.

Как было отмечено выше, исследованный склон имеет не только высотное различие условий в пределах 500 метров, но и сложный микрорельеф с экотопами, различающимися по мощности почвы, влажности составу грунта. Зависимость (r^2) показателей признаков можжевельника и арцеутобиума от условий экотопов составляет от 13,3 до 29,8%, за исключением признака «число арцеутобиума на 1 куст». Последнее, как было отмечено выше, зависит от размеров кустов *J. oblonga*, а не от условий произрастания последнего (табл. 3). Различие между участками, видимо, связано, прежде всего, с почвенными условиями, на что, на наш взгляд, указывает развитость кустов можжевельника. Кусты можжевельника, произрастающие в природниковых участках в три раза выше кустов, на щебнистых участках. Такая же, хотя и менее значительная разница наблюдается и в развитии арцеутобиума, что еще раз подтверждает зависимость размеров арцеутобиума от размеров кустов можжевельника, но не наоборот. Кусты *J. oblonga*, произрастающие в условиях природникового луга, также имеют хорошие биометрические показатели, несмотря на более сильную пораженность арцеутобиумом. С ухудшением

состояния кустов можжевельника (от 3,7 до 2,9 баллов) ухудшается и состояние паразита (от 4,5 до 3,9 баллов) и эта зависимость также статистически доказана. Т.е. не арцетуобиум является первопричиной угнетенного состояния кустов можжевельника.

Арцетуобиум поселяется на ослабленных кустах можжевельника, и размеры кустов первого вида в последующем напрямую определяются первоначальным состоянием (до поражения) и размерами растения-хозяина.

Таблица 3. Биоморфологические и виталитетные показатели *Arceuthobium oxicedri* и *Juniperus oblonga* в зависимости от условий экотопов склона

Экотопы	<i>A. oxicedri</i>				<i>J. oblonga</i>	
	высота, см	ширина, см	состояние, балл	число на 1 кусте, шт.	высота, см	состояние, балл
природниковый луг (n=11)	9,5	7,7	4,5	24,2	235,9	3,7
площадка террасы (n=26)	6,6	5,6	4,6	12,3	133,5	3,7
межложбинный гребень (n=11)	7,6	6,5	3,9	12,9	123,2	2,9
оползневый участок (n=17)	6,2	5,4	3,9	14,6	125,0	2,9
известняковая плита (n=10)	6,4	5,5	3,7	21,9	122,0	2,7
ложбина водостока (n=8)	5,9	5,0	3,3	16,0	97,5	2,3
шлейф из щебня (n=7)	5,3	4,6	3,9	13,0	86,4	2,9
F -критерий	7,8***	4,5***	8,5***	1,9	15,7***	8,4***
h ² , %	35,5***	22,3***	37,6***	7,1	54,4***	37,3***
r ² , %	19,2***	13,3***	28,0***	0,1	29,8*	27,6*

Примечание: n – число изученных кустов *J. oblonga*

Что касается корреляционной взаимосвязи признаков *A. oxicedri* и *J. oblonga*, то, прежде всего, отметим функциональную зависимость ($r = 0,93$) высоты и ширины кустов первого (табл.4). Это и понятно, так как арцетуобиум имеет почти шарообразную форму, у которого всякие биометрические изменения кроны происходят синхронно. На высоком уровне значимости подтверждена корреляционная зависимость и между признаками арцетуобиума и можжевельника. Положительная зависимость биометрических показателей арцетуобиума с таковыми можжевельника мы объясняем поражением кустов последнего в раннем возрасте. В силу

этого рост и развитие арцетуобиума происходит одновременно с ростом и развитием кроны можжевельника. Единовременное и массовое поражение еще молодых кустов можжевельника, как было отмечено выше, можно объяснить, общим снижением защитных механизмов, в т.ч. слабым развитием покровных тканей или наличием микротрещин на коре ослабленных кустов и т.д. И, наконец, увеличение числа *A. oxicedri* приводит как к дополнительному ослаблению на кустов можжевельника ($r_{xy} = -0,47$; $-0,45$ соответственно), так и к общему снижению виталитета полупаразитарного комплекса *A. oxicedri* – *J. oblonga*.

Таблица 4. Корреляционные взаимосвязи признаков *Arceuthobium oxicedri* и *Juniperus oblonga*, произрастающих на разных экотопах

Характеристика	<i>A. oxicedri</i>			<i>J. oblonga</i>	
	длина, см	ширина, см	число на 1 кусте, шт.	высота куста, см	состояние куста, балл
ширина арцеут., см	0,93***				
число арц. на 1 кусте, шт.	0,38***	0,33**			
высота куста можжев., см	0,65***	0,65***	0,42***		
состояние куста можжев., балл	-0,03	0,00	-0,47***	0,18	
состояние куст. арцеут., балл	0,04	0,07	-0,45***	0,17	0,97***

Примечание: n=90.

Для оценки зависимости показателей арцетуобиума и можжевельника от условий произрастания проведен кластерный анализ (рис. 3). Участки при этом на дендрограмме сгруппировались по близости почвенных условий, т.е. с более благоприятными и менее неблагоприятными условиями разместились на противоположных сторонах. Межложбинные гребни и оползневые обрывистые участки, составляющие один кластер, видимо, одинаково

засушливы, хотя по составу грунта между участками разница значительная.

Выше было отмечено, что наш интерес к изучению популяции *J. oblonga* на оползневом известняковом склоне хребта Чакулабек Внутреннегорного Дагестана был вызван выявленным нами ранее [7] угнетенным состоянием кустов можжевельника на фоне хорошего состояния других древесных, кустарниковых и травянистых растений на этом склоне. Фактором, изменившим здесь структуру популяции

можжевельника в неблагоприятном направлении, мог быть чрезмерный выпас скота. В литературе по этому вопросу мнения расходятся. Например, Б.Н. Шамшиев [24] указывает на устойчивость арчевников Киргизии к выпасу, а В.М. Джанаева [25] и К.Ф. Мухамедшин [26] считают, что выпас скота на популяции можжевельника оказывает негативное влияние. На наш взгляд, этот фактор на изученном склоне не является решающим, так как здесь встречаются отдельные особи разных возрастов с высокой жизненностью. Кроме того, в последние десятилетия на этой территории наблюдается значительное снижение пастбищной нагрузки, что, однако, не привело к улучшению состояния особей *J. oblonga*.

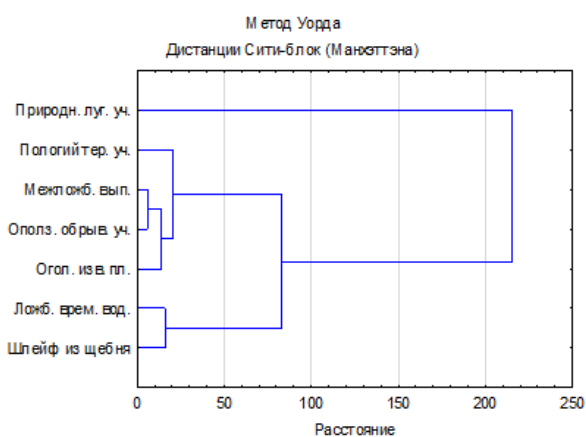


Рис. 3. Дендрограмма близости экотопов северо-восточного склона хребта Чакулабек по совокупности признаков растений арцеутобиума и можжевельника

В аридных условиях Внутреннегорного Дагестана сообщества с доминированием *J. oblonga* распространены только на северных, западных и, частично, восточных склонах. На больших высотных уровнях Среднегорного и Высокогорного Дагестана можжевельник произрастает и на южных склонах. По нашим наблюдениям на северных и смежных с ним склонах на определенном этапе в можжевельных редколесьях массово начинает распространяться *Pinus kochiana*, постепенно вытесняя *J. oblonga*. И нам представляется, что в такой ситуации *P. kochiana*, как будущий доминант, может оказывать определенное отрицательное влияние на растения *J. oblonga*.

Как известно, существует три варианта реагирования ценопопуляций растений на внешние воздействия: изменение жизненного состояния, численности и типа возрастного спектра [27]. В нашем случае в популяции можжевельника на хребте Чакулабек явно проявляются все три варианта последствий, но только в негативную сторону. Первоначально наблюдается снижение жизненности кустов можжевельника в связи с массовым распространением и совместным произрастанием сосны Коха. Затем на ослабленных под влиянием сосны кустах можжевельника поселяется полупаразит арцеутобиум, увеличение плотности которого приводит к

уменьшению скорости роста и снижению численности можжевельника. В конечном счете снижение жизненного состояния приводит к значительному смещению возрастного спектра, и ослаблению влияния можжевельника на ценоз [20, 28], происходит смена растительного сообщества – можжевеловых редколесий сосновыми лесами. Такова, на наш взгляд, динамика развития полупаразитарного комплекса – арцеутобиум-можжевельник и демулационного процесса на оползневом склоне хребта Чакулабек Внутреннегорного Дагестана при массовом распространении *P. kochiana*.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Афанасьева, Н.Б. Введение в экологию растений: учебное пособие / Н.Б. Афанасьева, Н.А. Березина. – М.: Изд-во МГУ, 2011. 800 с.
2. Онипченко, В.Г. Функциональная фитоценология: Снэкология. Учебное пособие. – М., 2014. 576 с.
3. Press, M., Barker, M., Scholes, J. (eds) Physiological plant ecology. British Ecological Society Symposium. – Oxford: Blackwell Science, 1999. № 39. 480 p.
4. Львов, П.Л. Фрагменты арчевого редколесья в предгорьях Дагестана // Научные доклады высшей школы. Биол. науки. 1963. №1. С. 120-124.
5. Львов, П.Л. Сохраним Талгинские редколесья // Первая дагестанская республиканская конференция по охране природы. – Махачкала, 1968. С. 14-16.
6. Асадулаев, З.М. Некоторые подходы к анализу структурных особенностей популяции *Juniperus oblonga* на территории памятника природе Дагестана «Сосновка» / З.М. Асадулаев, М.Д. Залибеков // Вестник ДНЦ РАН. 2011. № 41. С. 30-40.
7. Асадулаев, З.М. Структурная и ресурсная оценка природных популяций *Juniperus oblonga* Bieb. в Дагестане / З.М. Асадулаев, Г.А. Садыкова. – Махачкала, 2011. 216 с.
8. Ciesla, W.M. Hosts and Geographic Distribution of *Arceuthobium oxycedri* / W.M. Ciesla, B.W. Geils, R.P. Adams // 2002. PMPC-RN-11WWW: http://www.fs.fed.us/rm/pubs/rmrs_rn11/.
9. Adams, R.P. Systematics of multi seeded eastern hemisphere *Juniperus* based on leaf essential oils and RAPD DNA fingerprinting // Biochem Syst Ecol. 1999. Vol. 27. 709-725.
10. Садилов, Х.Х. О распространении *Arceuthobium oxycedri* (ДС). М.В. в бассейне реки Искандер / Х.Х. Садилов, М. Дарвозиев // Вестник Таджикского национального университета. 2 (66), 2011. Душанбе: СИНО. С. 37-40.
11. Садилов, Х.Х. Арчевники бассейна реки Искандер. Автореферат дисс. ...к.б.н. – Новосибирск, 2012. 16 с.
12. Сухарева, А.О. Экологическое состояние и перспективы заповедования природного комплекса Чилтер (западный Крым) / А.О. Сухарева, О.И. Оскольская // Экосистемы, их оптимизация и охрана. 2009. Вып. 20. С. 212-223.
13. Sarangzai, A.M. A. New spread of dwarf mistletoe (*Arceuthobium oxycedri*) in Juniper forests / A.M. Sarangzai., N. Khan, M. Wahab, A. Kakar // Pakistan Journal of botany. 2010/ 42(6). 3709-3714.
14. Wahid, H.A. Dwarf mistletoe *Arceuthobium oxycedri* and damage caused by dwarf mistletoe family Cupressaceae / H.A. Wahid, M.Y.K. Barosai, M. Din // Pure Appl. Bio. 2015. 4 (1). P.15-23.

15. Kavosi, M.R. Effects of foliar application herbicides to control semi-parasitic plant *Arceuthobium oxycedri* / M.R. Kavosi, F. Faridi, G. Hajizaden // Bioscience. 2012. Vol. 4. No. 2. P. 76-80.
16. Zavala, I. Global Positioning System as a tool for ecosystem studies at the landscape level: an application in the Spanish Mediterranean / I. Zavala, M.A. Zavala // Landscape and Urban Planning. 1993. Vol. 24, Is. 1-4. P. 95-104.
17. Rey, L. Trophic Relations of the Dwarf Mistletoe *Arceuthobium oxycedri* with its Host *Juniperus excelsa* / L. Rey, A. Sadik, A. Fer, S. Renaudin // Journal of Plant Physiology. 1991. Vol. 138, Is. 4, August. P. 411-416.
18. Садыкова, Г.А. Структурная и ресурсная оценка природных популяций можжевельника продолговатого (*Juniperus oblonga* Bieb.) в Дагестане // Диссер.... к.б.н. – Махачкала, 2010. 187 с.
19. Методы изучения лесных сообществ. – СПб.: НИИ Химии СПбГУ, 2002. 240 с.
20. Уранов, А.А. Жизненное состояние вида в растительном сообществе // Бюллетень МОИП. 1960. Т. 65. № 3. С. 77-91.
21. Злобин, Ю.А. Ценопопуляционная диагностика экотопа // Экология. 1980б. № 2. С. 22-30.
22. Работнов, Т.А. Вопросы изучения состава популяции для целей фитоценологии // Проблемы ботаники. 1950 б. Вып. 1. С. 465-483.
23. Черепанов, С.К. Сосудистые растения России и сопредельных государств. – СПб., 1995. 992 с.
24. Шамшиев, Б.Н. Влияние выпаса скота и режима заповедования на лесные культуры арчи в Киргизии // Лесной журнал. 1995. № 2-3. С. 192-195.
25. Джанаева, В.М. Естественное возобновление арчи в урочище Киргиз-Ата // Труды КиргизЛЮС. – Фрунзе, 1958. Вып 1. С. 43-56.
26. Мухамедшин, К.Ф. Арчовые леса и редколесья Южной Киргизии // Труды КиргЛЮС. – Фрунзе: Кыргызстан, 1967. Вып. 5. С. 247.
27. Заугольнова, Л.Б. Погодичная динамика ценопопуляций некоторых видов песчаных степей Наурузмского заповедника // Ценопопуляции растений: развитие и взаимоотношения. – М.: Наука. 1977. С. 36-50.
28. Уранов, А.А. Возрастной спектр фитоценопопуляции как функция времени и энергетических волновых процессов // Научные доклады высшей школы. Биол. науки. 1975. №2. С. 7-33.

STATE OF THE *JUNIPERUS OBLONGA* BIEB. POPULATION DEPENDING ON THE SPREAD SEMIPARASITE *ARCEUTHOBIUM OXYCEDRI* (DC.) BIEB. AND JOINT GROWTH WITH *PINUS KOCHIANA* KLOTZSCH UNDER THE CONDITIONS OF INNERMOUNTAIN DAGESTAN

© 2017 Z.M. Asadulaev, M.M. Mallaliev, G.A. Sadykova, Z.R. Ramazanova

Mountain botanical garden DSC RAS. Makhachkala

The reasons of deterioration the state of *Juniperus communis subsp. oblonga* population on the degraded slope ridge in Chakulabeck at Intermountain Dagestan in connection with the mass spread of semiparasite *Arceuthobium polyparasitic oxicedri* and the introduction into the community the new dominant species *Pinus kochiana* were discussed. It is shown that *A. oxicedri* is not the primary reason of degradation of *J. communis subsp. oblonga* population. It was suggested that communities with dominance of *J. communis subsp. oblonga* on the Northern slopes of mountains in arid conditions of Intermountain Dagestan was formed after the felling of the pine forest and is currently replaced by secondary pine forests.

Key words: *Juniperus communis subsp. oblonga*, *Arceuthobium oxycedri*, *Pinus kochiana*, Intermountain Dagestan, floorparasite, bush, growing, ecotope, population

Zagirbek Asadulaev, Doctor of Biology, Professor, Director.

E-mail: asgorbs@mail.ru

Maxim Mallaliev, Head of the Herbarium. E-mail:

maxim.mallaliev@yandex.ru

Gulnara Sadykova, Candidate of Biology, Scientific Secretary.

E-mail: sadykova_gula@mail.ru

Zulfira Ramazanova, Candidate of Biology, Minor Research

Fellow. E-mail: zulfiraram@mail.ru

УДК 58.009. (470.67)

БАЛАНС ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА И ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ В ПАСТБИЩНЫХ ФИТОЦЕНОЗАХ ТЕРСКО-КУМСКОЙ РАВНИНЫ

© 2017 Т.А. Асварова¹, Г.Н. Гасанов^{1,2}, К.М. Гаджиев¹, Р.Р. Баширов¹, З.Н. Ахмедова²,
А.С. Абдулаева¹

¹ Прикаспийский институт биологических ресурсов Дагестанского научного центра РАН

² Институт экологии и устойчивого развития Дагестанского государственного университета

Статья поступила в редакцию 09.05.2017

Установлено, что накопление органического вещества, концентрация и формирование запасов калия в фитоценозах зависит от типа почвы и гидротермических условий местности. Концентрация его в зеленой фитомассе по сезонам года на светло-каштановой почве составляет 2,02-3,00%, в ветоши - 0,30-0,38, в войлоке 0,34-0,50%, в подземных органах - 0,50-0,65%. На лугово-каштановой почве и солончаке типичном отмечено незначительное снижение концентрации К, но запасы его в надземной массе снижаются существенно: в 2,7 и 3,0 раза, подземной - в 2,4 и 2,8 раза соответственно.

Ключевые слова: зеленая масса, ветошь, войлок, подземная масса, запасы, светло-каштановая почва, лугово-каштановая почва, солончак типичный

Изучение динамики формирования, транслокации фитомассы и химических элементов по блокам органического вещества полупустынных экосистем Терско-Кумской низменности является актуальным в связи с усиливающимся в последние годы деградацией пастбищных угодий и процессов опустынивания [1-2]. Исследований концентрации химических элементов в фитоценозах, в частности, калия, было немало [3-6]. Но в них приводятся данные по относительному содержанию химических элементов в вегетирующей воздушно-сухой массе, нет данных по концентрации их в других блоках органического вещества: в ветоши, войлоке, корневой массе. Поэтому не представляется возможным оценить запасы биофильных элементов в травяных экосистемах, в том числе и по основным типам почв равнины. Отмечается, что в пастбищной растительности исследуемой нами территории содержится меньше калия ($3,16 \pm 0,03$), чем на прилегающей Присулакской низменности [7-9]. Снижение его концентрации в растениях с ноября по апрель прошедшего года авторы объясняют трансформацией лугово-полянных сообществ в эфемеро-полянны и полянны. Такое объяснение снижения концентрации калия в фитоценозах вряд ли может быть единственным, возможно играет свою роль и транслокация химических элементов по блокам органического вещества в процессе смены циклов развития растений. По мнению

некоторых исследователей на накопление химических элементов в растениях решающее влияние оказывает увлажненность территории: концентрация калия по этим данным повышается по мере уменьшения количества осадков [10, 11]. Однако в работах отечественных исследователей выявлено, что благоприятные гидротермические условия в период вегетации растений, наоборот, повышают концентрацию этого элемента в почве [12, 13].

Цель исследований: определение накопления фитомассы по блокам растительного вещества, концентрации и запасов калия в травяных экосистемах на основных типах почв Терско-Кумской равнины.

Методика исследований. Объект исследований - светло-каштановая, лугово-каштановая карбонатные солончаковые почвы и солончак типичный Кочубейской биосферной станции ПИБР ДНЦ РАН (КБС). Географические координаты расположения светло-каштановой почвы - 44,40880 с.ш. и 46,24771 в.д., лугово-каштановой - 44,40720 с.ш. и 46,24727 в.д., солончака типичного - 44,680741 с.ш. и 46,410828 в.д. Экспериментальные участки, площадью 100 м² были обнесены железной сеткой для предотвращения потрав скотом. Накопление фитомассы по блокам органического вещества учитывали по А.А. Титляновой [12]. Для анализа химического состава растений использовали надземные (зеленая масса, ветошь, войлок) и подземные части (корни) растений в период вегетации 2013-2015 гг. Содержание калия в растениях определяли с помощью капиллярного электрофореза - «Капель-105М» (в режиме определения катионов и анионов) [13].

Результаты и обсуждение. В условиях равнины наибольшую продуктивность фитоценозов обеспечивает светло-каштановая почва. На лугово-каштановой воздушно-сухой фитомассы накапливается меньше в 2,2 раза, на солончаке типичном автоморфном - в 2,6 раза (табл. 1).

Асварова Татьяна Азимовна, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник. E-mail: tatacvar@mail.ru

Гасанов Гасан Никуевич, доктор сельскохозяйственных наук, профессор. E-mail: nikuevich@mail.ru

Гаджиев Камил Магомедович, кандидат сельскохозяйственных наук, научный сотрудник. E-mail: kamil5555372@mail.ru

Баширов Рашид Радифович, младший научный сотрудник. E-mail: rakduik100@mail.ru

Ахмедова Заира Нажмутдиновна, научный сотрудник. E-mail: zaira-1945@mail.ru

Абдулаева Айшат Саидмагомедовна, научный сотрудник. E-mail: aischat55@mail.ru

Таблица 1. Накопление растительной массы в блоках органического вещества по типам почв Терско-Сулакской равнины Прикаспия (2013-2015 гг., т/га-год)

Блок органического вещества	Тип почвы		
	светло-каштановая	лугово-каштановая	солончаке типичной
зеленая масса	4,8	2,1	1,9
ветошь	5,2	2,3	1,9
войлок	4,3	1,9	1,7
вся надземная масса	14,3	6,3	5,5
вся подземная масса	83,7	38,2	30,9

Результаты и обсуждение. В условиях равнины наибольшую продуктивность фитоценозов обеспечивает светло-каштановая почва. На лугово-каштановой воздушно-сухой фитомассы накапливается меньше в 2,2 раза, на солончаке типичном автоморфном - в 2,6 раза (табл. 1).

Ветоши накапливается больше, чем зеленой массы на светло-каштановой и лугово-каштановой почвах соответственно на 4,8% и 9,5%. На солончаке типичном ее значение соответствует фотосинтезирующей массе фитоценозов. Такая динамика в накоплении ветоши на первых двух типах почв объясняется его видовым составом. На светло-каштановой почве в условиях низменности формируются два урожая фитомассы: эфемеров, в составе которых преобладают представители мятликовых (51,4% по количеству, 19,6% по массе), которые вегетируют в первой половине лета и осенью. Они представлены полевичкой малой (*Eragrostic minor* Host.), бурачком пустынным (*Alussum desertorum* Stapf.), мятликом луковичным (*Poa bulbosa* L.), мортучком восточным *Eremopyrum orientale* (L.) (jaub.et Spach), костром растопыренным (*Bromus squarrosus* L.), костром кровельным (*Anisantha tectorum* L.). Второй урожай формируется во второй половине лета за счет представителей разнотравья и солянок. Ветошь с этих двух урожаев за 3-4 летних месяца не успевает полностью транслоцироваться в степной войлок. На лугово-каштановой почве фитоценоз представлен полынками Таврической и Лерха (37,7% по количеству, 83,7% по массе), ветошь которых медленно транслоцируется в степной войлок и сохраняется до конца вегетационного периода. Этим объясняется относительно высокое соотношение зеленой массы к ветоши на этих двух типах почв по сравнению с солончаком типичным.

Согласно исследованиям многих авторов доля подземных органов в общей массе травянистых фитоценозов составляет 50-90% [13, 14]. В наших исследованиях она существенно не отличалась по типам почв - 82,2-85,5%, то есть соотношение надземной массы к подземной составило 1:5,6 - 1:6,1. Такое соотношение характерно для всех засушливых регионов мира. Но в лугово-каштановой почве корневой массы накапливается меньше в 2,2 раза, в солончаке типичном - в 2,9 раза, чем в светло-каштановой. Коррелятивные зависимости

между накоплением надземной (X) и подземной (Y) массы по типам почв в условиях полупустыни следующие: на светло-каштановой - $y = 0,6935x + 73,7823$; $r = 0,97$, $R = 0,96$; лугово-каштановой - $y = 1,1804x + 30,7254$; $r = 0,96$, $R = 0,95$; солончаке типичном - $y = 1,7925x + 21,0415$; $r = 0,97$, $R = 0,95$.

Причина снижения сборов фитомассы на лугово-каштановой почве и солончаке типичном заключается в более высокой степени их засоления и изменении типа засоления от хлоридно-сульфатного к сульфатно-хлоридному [2, 15]. Калий играют важную физиологическую роль в жизни растений. Под его влиянием увеличивается накопление крахмала, сахарозы, моносахаридов в растениях, он активизирует работу многих ферментных систем. Недостаток калия замедляет транспорт сахарозы по флоэме, что приводит к снижению продуктивности фитоценозов [16]. Концентрация калия в зеленой фитомассе на светло-каштановой почве Терско-Кумской равнины в среднем за два контрастных по гидротермическим условиям срока определения (апрель и август) составила 2,51% от сухой массы (табл. 2). В ветоши она снижается до 0,39%, в степном войлоке - до 0,42%, в подземных органах - до 0,50%. На лугово-каштановой почве и солончаке типичном отмечена тенденция к снижению этих показателей, очевидно связанное с высокой засоленностью почвы, ухудшением ее водного режима и недостаточным поступлением питательных элементов в растения [12].

Запас химических элементов в растениях в основном является интегральным показателем, складывающимся из накопленной растениями фитомассы и концентрации химических элементов в этой массе. Поэтому максимальные запасы калия в надземной массе фитоценоза за вегетационный период накапливаются на светло-каштановой почве - 15,83 кг/га в год. На лугово-каштановой почве они снижаются до 6,75, на солончаке типичном - до 5,99 83 кг/га в-год или в 1,9 и 2,2 раза. В корневой массе всех исследуемых почв этот элемент накапливается больше, чем в надземной соответственно по типам почв в 2,2 раза (21,0 кг/га против 9,5 кг/га). Это достаточно высокое содержание калия, который в условиях непромывного водного режима способствуют поддержанию в почвенном растворе нейтральной и слабощелочной реакции среды [17, 18].

В наших исследованиях при разложении степного войлока в почву поступило 11,7 кг/га в год калия, подземных органов - соответственно 21,7 кг/га в год. На лугово-каштановой почве показатели интенсивности потоков снижаются соответственно до 6,2 и 11,1, солончаке типичном - 5,9 и 10,7 кг/га в год. Кроме того, по данным А.А. Титляновой [18] прижизненно из корневой системы фитоценозов выделяется в почву 19,6% калия и выщелачивается из надземных органов 9-10% от потребленного из почвы количества. Эти данные превышают результаты исследований [16, 18], выполненных в Курской области, в 2,2 раза. Возможно, в рассматриваемых нами условиях полупустыни на выщелачивание из

надземной фитомассы и корневые выделения приходится больший процент этого элемента, чем в луговой степи Курской области. По этому вопросу потребуются дополнительные исследования. Свое влияние могло оказать и поступление его с осадками [19-20].

Результаты наших исследований показывают, что более высокие концентрации химических элементов на всех типах почв получены в весенний период по сравнению с августовским. Объясняется это благоприятным водным режимом почвы в этот период, способствующим интенсивному поступлению

химических элементов в растения. Снижение концентрации калия при августовском сроке определения, на наш взгляд, является следствием увеличения засоленности почвы, способствующее повышению осмотического давления почвенного раствора и торможению поступления питательных элементов в растения. Полученные данные подтверждают справедливость мнения исследователей, которые объясняют интенсивность поступления калия в растения наличием благоприятных гидротермических условий [17, 18].

Таблица 2. Концентрации (%) и запасы (кг/га в-год) химических элементов в фитоценозах Терско-Кумской равнины по типам почв (заповедный режим использования, 2013-2015 гг.)*

Блок органического вещества	Тип почвы					
	светло - каштановая		лугово-каштановая		солончак типичный	
	концентрация	запасы	концентрация	запасы	концентрация	запасы
зеленая масса	3,00/2,02	8,24/4,16	2,90/1,94	3,29/2,5	2,70/2,06	2,84/1,28
ветошь	0,38/0,30	1,19/0,78	0,38/0,30	0,46/0,38	0,44/0,38	0,48/0,35
войлок	0,34/0,50	0,64/0,34	0,46/0,38	1,4/0,74	0,56/0,30	0,43/0,31
в подземных органах	0,65/0,50	36,1/22,0	0,56/0,40	10,0/9,70	0,48/0,20	8,73/2,57

Примечание: * - в числителе данные за апрель, в знаменателе - за август.

Снижение концентрации калия в пастбищных фитоценозах к концу вегетационного периода или к весне следующего года вызвано также оттоком (ретранслокацией) его из стареющих тканей растений во вновь создаваемые органы. По данным А.А. Титляновой [17] на ретранслокацию приходится (включая и выщелачивание из надземных органов) от 27% до 83% калия, поступившего в растения. Поэтому снижение концентрации и запасов калия в пастбищных фитоценозах с ноября по апрель предыдущего года следует объяснять не трансформацией лугово-полюнных сообществ в эфемеро-полюнные и полюнные [7-9], а перераспределением их по блокам органического вещества в процессе смены циклов развития растений. Таким образом, достаточное содержание калия в фитомассе и его накопление в верхней части почвенного профиля является следствием полной обратимости циклов биологического круговорота этого элемента под травянистой растительностью на основных типах почв Терско-Кумской равнины Прикаспия. Не исключено также, что свое влияние на интенсивность прохождения этого процесса в экосистемах оказало поступление химических элементов с атмосферными осадками [19-20].

Выводы: в условиях Терско-Кумской равнины наибольшую продуктивность фитоценозов обеспечивает светло-каштановая почва. На лугово-каштановой почве она снижается в 2,2 раза, на солончаке типичном автоморфном – в 2,6 раза. Ветоши накапливается больше, чем зеленой массы, на светло-каштановой и лугово-каштановой почвах соответственно на 4,8% и 9,5%, на солончаке типичном столько же, сколько на фотосинтезирующей

массы фитоценозов. Соотношение зеленой массы к войлоку по всем типам почв составляет 1,1 : 1. В лугово-каштановой почве корневой массы накапливается меньше в 2,2 раза, солончаке типичном – в 2,9 раза, чем в светло-каштановой почве. Соотношение надземной массы к подземной по типам почв находится в пределах 1:5,6 – 1:6,1.

Концентрация калия в зеленой фитомассе на светло-каштановой почве составляет 2,51% от сухой массы. В ветоши она снижается до 0,39%, в войлоке – до 0,42%, в подземных органах – до 0,50%. На лугово-каштановой почве и солончаке типичном отмечена тенденция к снижению этих показателей. Максимальные запасы калия в надземной массе фитоценоза за вегетационный период накапливаются на светло-каштановой почве – 15,83 кг/га в-год. На лугово-каштановой они снижаются до 6,75, на солончаке типичном – до 5,99 кг/га в-год. В корневой массе всех исследуемых почв накапливается больше калия, чем в надземной, в 2,2 раза. При разложении степного войлока в почву поступило 11,7 кг/га в-год калия, подземных органов – 21,7 кг/га в год. На лугово-каштановой почве интенсивность потоков снижается соответственно до 6,2 и 11,1, солончаке типичном – 5,9 и 10,7 кг/га в год.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Залибеков, З.Г. Первичная биологическая продуктивность экосистем Терско-Кумской низменности Кавказа / З.Г. Залибеков, Н.А. Яруллина. – Махачкала, 1978. С. 31-35.
2. Яруллина, Н.А. Первичная биологическая продуктивность почв дельты Терека. – М.: Наука, 1983. 73 с.
3. Мирзоев, Э. М.-Р. Увеличение продуктивности пастбищ, подверженных опустыниванию земель

- методом аэрации почв / Э. М.-Р. Мирзоев, И.А. Магомедов // Кормопроизводство. 2016. №4. С. 7-10.
4. Усманов, Р.З. Использование методов фитомелиорации на деградированных пастбищах Терско-Кумской низменности / Р.З. Усманов, С.В. Оситова, М.И. Джалалова, М.А. Бабаева // Юг России: Экология, развитие. 2008. №3. С. 109-111.
 5. Загидова, Р.М. Экология смен в растительных группировках Терско-Кумской и Терско-Сулакской низменностей / Р.М. Загидова, З.Д. Бийболатова, Д.Б. Асгерова, П.А. Абдурашидова // Вестник Дагестанского государственного университета. 2015. Т. 30. Вып. 1. С. 60-65.
 6. Гамидов, И.Р. Некоторые аспекты сохранения видового состава пастбищной растительности Северо-Западного Прикаспия / И.Р. Гамидов, Н.Р. Магомедов, В.К. Сердеров // Луговедение и луговодство. 2015. №7. С. 11-15.
 7. Гиреев, Г.И. Приоритетные макроэлементы в растительности пастбищ регионов Дагестана / Г.И. Гиреев, С.Г. Луганова, Ш.К. Салихов // Вестник Тамбовского университета. Серия: Естественные и технические науки. 2013. Т. 18, №3. С. 767-770.
 8. Гиреев Г.И. Содержание и обмен кальция и фосфора в компонентах пастбищных экосистем различных природно-климатических зон Дагестана / Г.И. Гиреев, С.Г. Луганова, Ш.К. Салихов // Известия ДагГПУ. Естественные и точные науки. 2008. №4. С. 57-61.
 9. Луганова, С.Г. Содержание макроэлементов (К, Na, Ca, P, Mg) в растительности пастбищ экологических зон Дагестана / С.Г. Луганова, Ш.К. Салихов, Г.И. Гиреев // Известия ДагГПУ. Естественные и точные науки. 2009. №4. С. 67-72.
 10. Santiago, L.S. Nutrient cycling and plant-soil feedbacks along a precipitation gradient in lowland Panama / L.S. Santiago, T.F.G. Schuur, K. Silvera // Journal of Tropical Ecology. 2005. V. 21. № 4. P. 461-470.
 11. Dijkstra, F.A. Plant and microbial uptake of nitrogen and phosphorus affected by drought using ¹⁵N and ³²P tracers / F.A. Dijkstra, M. Heb, M.P. Johansen et al. // Soil Biology and Biochemistry. 2015. V. 82, March. P. 135-142.
 12. Титлянова, А.А. Продуктивность травяных экосистем // Биологическая продуктивность травяных экосистем. Географические закономерности и экологические особенности / Под ред. В.Б. Ильина. – Новосибирск: Наука, Сиб.отд.-е, 1988. С. 109-127.
 13. Комарова, Н.В. Практическое руководство по использованию систем капиллярного электрофореза «КАПЕЛЬ» / Н.В. Комарова, Я.С. Каменцев. – СПб.: ООО «Веда», 2006. 212 с.
 14. Титлянова, А.А. Бюджет элементов питания в экосистемах // Почвоведение. 2007. №12. С. 1422-1429.
 15. Гасанов, Г.Н. Состояние и приемы восстановления продуктивности растительного покрова Терско-Кумской полупустыни / Г.Н. Гасанов, Т.А. Асварова, К.М. Гаджиев и др. // Известия Самарского научного центра РАН. 2016. Т. 18. № 2(1). С. 59-64.
 16. Tripler, C.E. Patterns in potassium dynamics in forest ecosystems / C.E. Tripler, S.S. Kaushal, G.E. Likens, M.T. Walter // Ecology Letters. 2006. No 9. P. 451-466.
 17. Kader, M. Cytosolic calcium and pH signaling in plants under salinity stress / M. Kader, S. Lindberg // Plant Signaling & Behavior. 2010. No 5(3). P. 233-238.
 18. Titlyanova, A.A. Above-ground and below-ground productivity of Central Asian steppes // Steppe Ecosystems: Dynamics, Land and Conservation / Ed.: Denise M. Germano. Nova Science Publishers, Inc. 2012. 354 p.
 19. Titlyanova, A.A. Chemical properties of litter of forest and grassland ecosystems: transect studies in Siberia (Russia) / A.A. Titlyanova, P. Bienkovski, S.V. Shibareva // Polish J. of Ecology. 2006. V. 54. N 1. P. 53-59.
 20. Jonasson, S. Interactions between plants, litter and microbes in cycling of nitrogen and phosphorus in the arctic / S. Jonasson, J. Castro, A. Michelsen // Soil Biol. Biochem. 2006. V. 38. P. 526-532.

BALANCE OF ORGANIC SUBSTANCE AND CHEMICAL ELEMENTS IN PASTURIC PHYTOCENOSSES OF TERSKO-KUMSKAYA PLAIN

© 2017 Т.А. Asvarova¹, G.N. Gasanov^{1,2}, K.M. Gadzhiev¹, R.R. Bashirov¹, Z.N. Akhmedova²,
A.S. Abdulaeva¹

¹ Pri-Caspian Institute of Biological Resources Dagestan Scientific Center RAS

² Institute of Ecology and Sustainable Development of Dagestan State University

It is established that accumulation of organic substance, concentration and formation the reserves of potassium in the phytocenoses depends on type of the soil and hydrothermal conditions of the area. Its concentration in green phytomass on seasons of year on the light chestnut soil makes 2,02-3,00%, in rags - 0,30-0,38, in felt of 0,34-0,50%, in underground bodies – 0,50-0,65%. On the meadow-chestnut soil and the saline soil typical insignificant decrease in potassium concentration is noted, but its stocks in elevated weight decrease significantly: in 2,7 and 3,0 times, underground – in 2,4 and 2,8 times respectively.

Key words: *green material, rags, felt, underground weight, stocks, light chestnut soil, meadow-chestnut soil, saline soil typical*

УДК 581.192 (571.54)

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ПЛОДОВ ЯБЛОНИ ЯГОДНОЙ (*MALUS BACCATA* (L.) BORKH.) В УСЛОВИЯХ БУРЯТИИ

© 2017 М.В. Баханова¹, Т.П. Анцупова²

¹Бурятский государственный университет

²Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления

Статья поступила в редакцию 22.05.2017

В статье приводятся данные по содержанию элементного состава и органических кислот у яблони ягодной в условиях Бурятии из 3 мест произрастания. Почвы из разных мест произрастания яблони ягодной различаются по содержанию элементов. Почвы из окрестности с. Романово содержат значительное количество Са, S, Cl, а из местности Бурлаково - Al, Fe. Образцы почв, взятые в местности Курдюмка, богаты содержанием К. Данные по содержанию почв необходимы для определения степени поглощения элементов растениями. В листьях яблони накапливается больше как макро-, так и микроэлементов, чем в плодах. При этом листья являются концентраторами P, S, Cl, Са. На основании значений коэффициента биологического поглощения установлено, что меньше всего растениями поглощаются Al, Ti, Cr, Mn, Fe, Zr. В плодах яблони ягодной определено содержание сахаров и органических кислот. Установлено, что плоды, собранные с растений Романовской ценопопуляции, отличаются значительным содержанием фруктозы, глюкозы, сахарозы. Наибольшее количество бензойной кислоты выявлено в плодах яблони, собранных в окрестностях с. Курдюмка. В плодах яблони, собранных в Бурятии, не обнаружена винная кислота. Биохимический анализ плодов яблони ягодной показал, что в большинстве мелкоплодных ценопопуляций *M. baccata* массовая доля аскорбиновой кислоты не превышает 0,0012-0,003%. Количество сахаров не могут быть маркерами для яблони ягодной в связи с их низким содержанием в плодах.

Ключевые слова: яблоня ягодная, элементный состав, почва, органические кислоты, сахара

В плодах яблони ягодной (*Malus baccata* (L.) Borkh.) содержатся витамин С, органические кислоты, флавоноиды, немного дубильных веществ, микроэлементы [5, 8]. В народной медицине свежие плоды используют как противогинготное средство. Настой или отвар сушеных и свежих плодов назначают при простудных заболеваниях, как противохорадочное средство, при заболеваниях легких и малокровии, рекомендуют как общеукрепляющее и регулирующее обмен веществ, средство [6, 7]. Необходимо отметить, что по наличию органических кислот, дубильных веществ и содержанию витаминов плоды дикорастущих яблонь превосходят даже большинство культурных сортов. Обзор литературы показал, что виды рода *Malus* изучены недостаточно, сведения по качеству плодов разрознены и фрагментарны, а в условиях Бурятии подобного рода исследования проводятся впервые. Поэтому проводимые исследования имеют новизну и практическую значимость.

Цель работы: изучение микроэлементного состава в листьях, плодах и в почвах из мест естественного произрастания, а также органических кислот у яблони ягодной, произрастающей в Бурятии.

Баханова Милада Викторовна, кандидат биологических наук, доцент кафедры ботаники. E-mail: milada2015@bk.ru

Анцупова Татьяна Петровна, доктор биологических наук, профессор кафедры «Неорганическая и аналитическая химия». E-mail: antsupova-bot@mail.ru

Материал и методы исследований: В качестве материала для исследования были взяты плоды и листья яблони ягодной в фазу плодоношения из 3 местообитаний на территории Республики Бурятия, а также почвенные образцы, собранные в естественных местах произрастания:

1. Романовская ценопопуляция 52°06'39,9" с.ш., 106°38'00,6" в.д., Кабанский район, низкая терраса р. Селенги.

2. Бурлаковская ценопопуляция 52° 07'36,6" с.ш., 107°20'15,0" в.д., Прибайкальский район, надпойменная терраса (на обочине дороги).

3. Курдюмовская ценопопуляция 52°08'37,5" с.ш., 107°23'42,6" в.д., Прибайкальский район, прирусловая часть поймы р. Селенги.

Качественный состав и количественное содержание элементов определяли в Иркутском институте геохимии СО РАН с помощью рентгенфлуоресцентного анализа. Процедура пробоподготовки заключается в измельчении воздушно – сухого материала до размера частиц менее 100 мкм и прессовании излучателя в виде таблетки из 1 г растения на подложке из борной кислоты. Аналитические линии элементов Na, Mg, Al, Si, P, S, Cl, K, Ca, Ti, Mn, Fe, Ni, Cu, Zn, Br, Rb, Sr, Ba измеряли на спектрометре S4 Pioneer (Bruker AXS, Германия). Результаты исследований являются средними из трех повторностей. Степень накопления элементов растениями определяется коэффициентом биологического поглощения (КБП) или отношение содержания элемента в золе растений к содержанию этого элемента в почве

[3]. Коэффициент биологического поглощения рассчитывали по формуле:

$$\text{КБП} = \text{P}/\text{П},$$

где P – содержание химического элемента в золе растения; П – содержание химического элемента в горной породе или почве, на которой произрастает данное растение.

Сахара и органические кислоты определяли методом капиллярного электрофореза.

Экспериментальная часть и обсуждение результатов. Как известно, элементный состав растений определяется, в первую очередь, элементным составом почвы. В местах естественного произрастания яблони ягодной в трех ценопопуляциях нами были исследованы почвенные образцы. Полученные данные в дальнейшем используются для вычисления КБП. Результаты исследований по содержанию элементов в почве представлены в табл. 1.

Таблица 1. Содержание элементов в почве, мг/кг сухой массы

Элемент	Ценопопуляция		
	Бурлаковская	Романовская	Курдюмовская
Al	78680	63020	74620
P	1600	2830	2040
S	740	2190	810
Cl	<50	196	51
K	20770	18520	20890
Ca	21770	34740	19650
Ti	4128	2856	3213
Cr	56	51	55
Mn	750	796	670
Fe	28450	22310	21690
Ni	24	18	19
Cu	21	17	11
Zn	72	93	55
Rb	79	66	71
Sr	388	304	351
Zr	238	122	136
Ba	716	558	619
Pb	19	19	19

Из данных табл. 1 следует, что почвы, взятые из разных мест произрастания яблони ягодной, различаются по содержанию элементов. Почвы из Романовской ценопопуляции содержат значительные количества Ca, S, Cl, из местности Бурлаково – Al, Fe.

Образцы почв, взятые в местности Курдюмка, богаты содержанием K. В ходе проведенных исследований было определено содержание элементов в исследуемых растениях яблони ягодной, результаты которых приведены в табл. 2.

Таблица 2. Содержание элементов в растении, мг/кг сухой массы

Элемент	Ценопопуляция					Кларк- вые значения [1]
	Бурлаковская		Романовская (листья)	Курдюмовская		
	листья	плоды		листья	плоды	
Al	386	46	71	255	53	500
P	2500	1760	3230	1330	1620	-
S	12700	800	1950	1370	890	-
Cl	100	100	100	104	100	-
K	11540	1645	2243	818	1308	-
Ca	40440	5160	9670	36930	4880	-
Ti	18	<3	4	16	3	32,5
Cr	1,7	1,8	1,9	1,7	1,9	1,8
Mn	34	12	55	48	14	205
Fe	447	96	187	254	81	200
Ni	5	1,8	3,6	5,4	2,5	2,0
Cu	5	8	11	3	6	8,0
Zn	19	8	23	11	9	30,0
Rb	3	5	50	8	18	-
Sr	262	34	67	263	33	-
Zr	3,7	<1	<1	4	<1	7,5
Ba	163	27	61	124	29	22,5
Pb	4,8	<2	<2	<2	<2	1,25

Примечание: «-» - кларковые значения отсутствуют

Исходя из данных, представленных в табл. 2, следует, что в листьях яблони ягодной в условиях Бурятии накапливается больше как макро-, так и микроэлементов, чем в плодах. При этом листья из местности Бурлаково накапливают наибольшее количество Al, S, K, Ca, Fe, Ba. Эти результаты можно объяснить с точки зрения повышенного содержания данных элементов в почве, соответственно происходит их накопление в вегетативных органах растений. Листовой материал, собранный в окрестности с. Романово, отличается наибольшим содержанием P. Листья яблони ягодной Курдюмовской и Бурлаковской ценопопуляциях, накапливают больше всего Sr (262-263 мг/г сухой массы).

При сравнении с кларковыми значениями, можно отметить, что в литературных данных имеются сведения не по всем элементам [1]. По нашим результатам содержание Al в листьях и в плодах всех образцов оказалось значительно меньше их кларковых значений, что составляет 386 мг/г сухой массы. Содержание Fe в листьях Бурлаковской и Курдюмовской ценопопуляций составляет 447 мг/г сухой массы, что превышает кларковые значения в 2,2 раза, а в одном образце (с. Романово) - немного ниже указанного. Из числа микроэлементов содержание Cr, Cu, Pb варьирует в пределах указанных

значений, количество Ba и Ni во всех образцах (кроме плодов из с. Бурлаково) превышает таковые, а 4 микроэлемента (Ti, Mn, Zn, Zr) содержатся в гораздо меньших количествах, чем их кларковые значения. Это подтверждает зависимость накопления элементов от условий обитания растений [4].

По КБП в вегетативных и генеративных органах у яблони ягодной нами были получены следующие результаты. Наиболее интенсивно растением поглощаются макроэлементы S, Cl, P: у листьев и плодов яблони ягодной, произрастающей во всех трех ценопопуляциях, показатель КБП по этим элементам оказался почти везде больше 1. Меньше всего листьями и плодами поглощаются Al, Ti, Cr, Mn, Fe, Zr. Листья растений, собранных в окрестностях с. Романово, больше всего из числа микроэлементов накапливают Rb, Cu, что превышает в несколько раз в образцах, собранных с Бурлаковской и Курдюмовской ценопопуляций.

Плоды яблони ягодной были исследованы также на содержание сахаров и органических кислот. Интересно отметить, что в исследуемых образцах аминокислоты содержатся в очень малых количествах. Данные по содержанию сахаров и органических кислот в плодах растений представлены в табл. 3.

Таблица 3. Содержание сахаров и органических кислот в плодах, % к воздушно – сухой массе

Компонент	Ценопопуляция		
	Бурлаковская	Романовская	Курдюмовская
фруктоза	6,717	12,649	7,785
глюкоза	6,367	11,155	7,995
сахароза	7,156	12,649	8,125
щавелевая кислота	0,021	0,012	0,018
фумаровая кислота	0,002	0,003	0,005
яблочная кислота	6,108	7,291	6,126
лимонная кислота	0,095	0,114	0,089
уксусная кислота	0,054	0,055	-
бензойная кислота	0,001	0,006	1,459
сорбиновая кислота	0,007	0,026	0,006
аскорбиновая кислота	0,0012	0,003	0,0012

Примечание: «-» - компонент отсутствует

Исходя из литературных данных, в плодах яблони найдены органические кислоты (до 2,5% — яблочная, лимонная, винная), сахара (до 16% — глюкоза, фруктоза, сахароза), до 28 микроэлементов (медь, цинк, никель, молибден, марганец, кобальт и др.) [2]. По данным В.П. Петровой [4] было установлено, что плоды яблони ягодной накапливают 5,8-8,3% сахаров, а также пектиновые вещества, органические кислоты, витамин С, флавоноиды. Если сравнивать литературные данные с результатами наших исследований, то можно отметить, что в плодах яблони, собранных в Бурятии, не обнаружена винная кислота. Содержание сахаров оказалось гораздо меньше, чем в исследованиях Л.Г. Дудниченко и В.В. Кривенко [2].

Как видно из табл. 3, плоды, собранные в Романовской ценопопуляции, содержат значительно

больше фруктозы, глюкозы, сахарозы. Наибольшее количество бензойной кислоты находится в плодах яблони из ценопопуляции с. Курдюмка. Биохимический анализ плодов яблони ягодной показал, что в большинстве мелкоплодных ценопопуляций M. baccata массовая доля аскорбиновой кислоты не превышает 0,0012-0,003%. Это согласуется с данными Л. Туровой, Э. Сапожниковой [7], которые указывали, что в мелкоплодных яблоках витамина С, как правило, больше.

Выводы:

1. Почвы из окрестности с. Романово содержат значительное количество Ca, S, Cl, а из местности Бурлаково - Al, Fe. Образцы почв, взятые в местности Курдюмка, богаты содержанием K.

2. В листьях яблони накапливается больше как макро-, так и микроэлементов, чем в плодах. При

этом листья являются концентраторами P, S, Cl, Ca. На основании значений КБП установлено, что меньше всего растениями поглощаются Al, Ti, Cr, Mn, Fe, Zr.

3. Установлено, что плоды, собранные с растений Романовской ценопопуляции, отличаются значительным содержанием фруктозы, глюкозы, сахарозы.

4. Наибольшее количество бензойной кислоты выявлено в плодах яблони, собранных в окрестностях с. Курдюмка.

5. В плодах яблони, собранных в Бурятии, не обнаружена винная кислота.

6. Биохимический анализ плодов яблони ягодной показал, что в большинстве мелкоплодных ценопопуляций массовая доля аскорбиновой кислоты не превышает 0,0012 – 0,003 %.

7. Количество сахаров не могут быть маркерами для яблони ягодной в связи с их низким содержанием в плодах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Добровольский, В.В. Основы биохимии. – М.: Издат. центр «Академия», 2003. 400 с.
2. Дудниченко, Л.Г. Плодовые и ягодные растения-целители / Л.Г. Дудниченко, В.В. Кривенко. – Киев: Наукова Думка, 1987. 112 с.
3. Ловкова, М.Я. Почему растения лечат / М.Я. Ловкова, А.М. Рабинович, С.М. Пономарева и др. – М.: Наука, 1989. 256 с.
4. Петрова, В.П. Биохимия дикорастущих плодово-ягодных растений. – Киев: «Вища школа», 1986. 286 с.
5. Савельев, Н.И. Биохимический состав и антиоксидантная активность плодов яблони / Н.И. Савельев, А.Н. Юшков, М.Ю. Акимов и др. // Вестник МичГАУ. 2010. №2. С. 12-15.
6. Телятьев, В.В. Полезные растения Восточной Сибири. – Иркутск: Вост.-Сиб. кн. изд-во, 1985. 384 с.
7. Турова, А. О пользе яблок / А. Турова, Э. Сапожникова // Наука и жизнь. 1988. № 8. С. 64-67.
8. Шретер, А.И. Лекарственная флора советского Дальнего Востока. – М.: Медицина, 1975. 328 с.

**THE CHEMICAL COMPOSITION OF APPLE BERRY FRUITS
(MALUS BACCATA (L.) BORKH.) IN THE CONDITIONS OF BURYATIA**

© 2017 M.V. Bakhanova¹, T.P. Antsupova²

¹Buryat State University, Ulan-Ude

²West Siberian State University for Technologies and Management

The article contains data on the content of elemental composition and organic acids in apple berry in the conditions of Buryatia from 3 places of growth. Soils from different places of apple berry growing differ in the content of the elements. Soils from the vicinity of the Romanovo village contain a significant amount of Ca, S, Cl, and from the Burlakovo - Al, Fe. Samples of soils taken in the Kurdyumka area are rich in K. The soil content data are necessary for determining the degree of absorption of elements by plants. In apple tree leaves, more macro and trace elements are accumulated than in fruits. In this case, the leaves are concentrators P, S, Cl, Ca. Based on the values of the coefficient of biological absorption, it is established that Al, Ti, Cr, Mn, Fe, Zr are absorbed least by plants. In the fruit of apple berry the content of sugars and organic acids is determined. It is established that the fruits, collected from the plants of the Romanovo cenopopulation are distinguished by a significant content of fructose, glucose, sucrose. The greatest amount of benzoic acid was found in apple fruits collected in the vicinity of Kurdyumka village. In the fruits of apple trees harvested in Buryatia, tartaric acid is not found. Biochemical analysis of fruits of apple berry showed that in most small-bodied coenopopulations *M. baccata* the mass fraction of ascorbic acid does not exceed 0,0012 – 0,003%. The quantity of sugars cannot be markers for apple berry because of their low content in fruits.

Key words: *apple berry, element composition, soil, organic acids, sugars*

Milada Bakhanova, Candidate of Biology, Associate Professor at the Botany Department. E-mail: milada2015@bk.ru
Tatiana Antsupova, Doctor of Biology, Professor at the Department "Inorganic and Analytical Chemistry". E-mail: antsupova-bot@mail.ru

УДК 575.1:539.16.04:611.018.41:59.

НАСЛЕДОВАНИЕ ЦИТОГЕНЕТИЧЕСКИХ И МОЛЕКУЛЯРНО-КЛЕТОЧНЫХ ЭФФЕКТОВ В КЛЕТКАХ КОСТНОГО МОЗГА ЖИВОТНЫХ ПРИ ХРОНИЧЕСКОМ ВОЗДЕЙСТВИИ ИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ

© 2017 Л. А. Башлыкова

Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар

Статья поступила в редакцию 29.03.2017

В экспериментах на лабораторных мышах исследованы эффекты хронического воздействия гамма-излучения в диапазоне доз от 10 до 64 сГр. Показано немонотонное изменение повреждений ДНК, оцененное на молекулярном (ДНК-кометный тест) и цитогенетическом уровнях (микроядерный тест, митотический индекс). У первого поколения мышей, родители которых были облучены в дозах 10, 20 и 30 сГр, отмечен достоверно более высокий уровень двунитевых разрывов ДНК, клеток с микроядрами, понижение митотической активности и усиление апоптоза по сравнению с контролем. У второго-третьего поколений, рожденных от родителей, облученных в дозе 30 сГр, по сравнению с контролем достоверно более низкий уровень двунитевых разрывов ДНК и клеток с микроядрами на фоне снижения митотического индекса и апоптоза. У пятого поколения различия с контролем нивелируются.

Ключевые слова: хроническое облучение, доза, мыши линии Af, наследование, геном

Актуальной проблемой современности является не только изучение изменения стабильности генома соматических клеток, выяснение механизмов его дестабилизации в условиях действия комплекса факторов окружающей среды, в том числе и радиационных, но и исследование возможности наследственной передачи этих изменений. К настоящему времени накоплен ряд экспериментальных и эпидемиологических данных, свидетельствующих о возможности повышения нестабильности генома у потомства облученных родителей [1, 5, 7, 10, 13, 22, 23]. Изучение состояния животных при хроническом облучении в диапазоне малых доз ионизирующей радиации (до 50 сГр) выявило неоднозначность геномного ответа [1, 10].

Цель исследования: с помощью цитогенетических и молекулярных методов изучить стабильность генома лабораторных мышей при хроническом воздействии ионизирующего излучения (ИИ) в диапазоне малых доз и их необлученных потомков, что позволит выявить возможность наследования радиационно-индуцированной нестабильности в ряду поколений этих животных.

Материалы и методы. Эксперименты были проведены на мышах линии Af, которые с двухмесячного возраста содержались в условиях хронического γ -излучения. Использована γ -установка с двумя источниками ^{226}Ra , содержащих $0,474 \times 10^6$ и $0,451 \times 10^6$ кБк ^{226}Ra . Облучение животных проводили в течение от 1 до 7 месяцев при мощности экспозиционной дозы 150 мкГр/ч. Суммарные дозы облучения животных составили 10, 20, 30, 37, 45, 52 и 64 сГр, которую определяли с помощью дозиметров экспозиционной дозы ДТУ-1 на базе детекторов ДТГ-4. Для получения потомства (F₁) от облученных животных были использованы самцы и

самки мышей, которые подвергались облучению в течение 1, 2 и 3 мес., наколенная доза у которых составила 10, 20 и 30 сГр. От мышей, облученных в дозе 30 сГр, получены потомки до пятого поколения. Контрольные пары животных формировались одновременно с опытными парами.

Методы исследования. Изучение генетических эффектов хронического излучения на молекулярном уровне проведены на клетках костного мозга с использованием ДНК-кометного теста, который основан на электрофорезе иммобилизованных в агарозу отдельных клеток. Для анализа уровня повреждения ДНК был использован «нейтральный» вариант метода ДНК-комет, детектирующий двунитевые разрывы (ДР) ДНК [26]. Препараты анализировали на микроскопе AxioScope A1 (Carl Zeiss, Германия) с видеосистемой на основе цифровой камеры AxioCam с программой «AxioVision, Release 4.8.2» (Carl Zeiss). На каждом слайде регистрировали по 100 комет. Для анализа и обработки микрофотоизображений ДНК-комет использовали программу CometScore Pro. Количество двунитевых разрывов ДНК оценивали по количеству поврежденной ДНК в хвосте кометы, выраженной в процентах (% TDNA) [25]. Для цитогенетических исследований использован микроядерный тест клеток костного мозга, который является одним из информативных и быстрых способов индикации генотоксичности различных факторов химической и физической природы, основанный на подсчете интерфазных клеток с микроядрами [20]. Препараты КМ для подсчета микроядер (МЯ) готовили из той же взвеси клеток, которую использовали для ДНК-кометного теста. Гипотонию проводили 0,56% раствором KCL (+37°C, 10 мин) и фиксировали метанол-уксусным (3:1) фиксатором [16]. Анализ клеток проведен с использованием флуоресцентной микроскопии, что позволило оценить не только частоту клеток с микроядрами, но и митотический индекс (МИ), и долю элиминирующих клеток по

Башлыкова Людмила Анатольевна, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник Отдела радиозоологии. E-mail: labashlykova@ib.komisc.ru

типу программированной гибели – апоптозу [17]. Для учета всех типов клеток в 1000 просмотренных (интерфазных, делящихся, с микроядрами, апоптозных) использован лабораторный счетчик «Стимул Плюс С5». Статистическую обработку экспериментального материала проводили с использованием критерия Стьюдента, критерия малых долей, У-критерия Манна-Уитни [11].

Результаты и обсуждение. В эксперименте с хроническим облучением было задействовано 135 животных. Результаты микроядерного теста, представленные на рис. 1, свидетельствуют о том, что у контрольных животных количество aberrантных клеток с возрастом (от 3 до 5 мес.) увеличивается от 6 до 14‰ и продолжительное время остается на одном уровне ($14 \pm 2\%$). У мышей, испытывающих хроническое облучение, отмечены периоды резкого увеличения и уменьшения количества клеток с микроядрами (от 5,2 до 16,2‰), что достоверно выше (при дозе 20 сГр) или ниже (при дозах 30, 37 и 64 сГр) физиологической нормы. То есть у животных в условиях хронического низкодозового воздействия ионизирующего излучения мы наблюдаем немонотонное изменение количества поврежденных ДНК, которое свидетельствует о гиперчувствительности при меньших дозах (20 сГр) и радиорезистентности при более высоких дозах (30, 37 и 64 сГр).

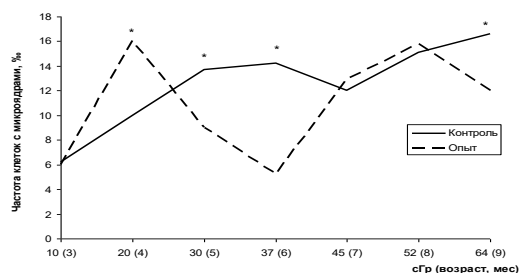


Рис. 1. Динамика количества микронуклеированных клеток костного мозга в зависимости от дозы γ -излучения и возраста лабораторных мышей. * - различия с контролем достоверны при $p \leq 0,05$

Таблица 1. Уровень двуниевых разрывов ДНК по результатам ДНК-кометного теста клеток костного мозга мышей линии Af, подвергнутых хроническому облучению в разных дозах, и их необлученных потомков

Поколения	Варианты облучения	N	% TDNA	Клетки с неповрежденной ДНК, %	Клетки с высокофрагментированной (>50%) ДНК, %
Fo	0	10	23,3 \pm 0,3	2,1 \pm 0,3	1,7 \pm 0,3
	10 сГр	5	24,6 \pm 0,4	0,4 \pm 0,2***	0,7 \pm 0,4
	20 сГр	6	23,2 \pm 0,4	1,4 \pm 0,5	0,5 \pm 0,3***
	30 сГр	6	19,6 \pm 0,5*	5,6 \pm 1,0**	1,2 \pm 0,5
F ₁	0	5	15,6 \pm 0,6	10,2 \pm 1,6	1,9 \pm 0,07
	10 сГр	9	19,3 \pm 0,4*	1,0 \pm 0,3**	2,1 \pm 0,04*
	20 сГр	8	24,7 \pm 0,8*	1,2 \pm 0,3***	10,9 \pm 0,9***
	30 сГр	9	25,6 \pm 0,5*	2,1 \pm 0,5***	4,6 \pm 0,7*

Примечание: * - достоверность отличий от контроля (0) при $p < 0,05$; ** - $p < 0,01$; *** - $p < 0,001$.

Оценка количества двуниевых разрывов ДНК у животных, облученных в дозах 10, 20 и 30 сГр проведена через 4 месяца после окончания облучения (животные использовались для получения потомства). Сравнение количества поврежденной ДНК (в процентах, % TDNA), содержащейся в «хвосте» кометы, показало, что у животных, облученных в дозах 10 и 20 сГр, различий с контролем по количеству ДР не обнаружено (табл. 1). Животные, облученные в большей дозе (30 сГр), имели достоверно меньше ДР, чем контрольные. Сравнение ранжированных данных (табл. 1) по процентному содержанию ДНК в хвосте кометы показало, что у животных, облученных в дозе 10 сГр, по сравнению с контролем понижено количество клеток с неповрежденной ДНК ($p < 0,001$), а у облученных в дозе 30 сГр этот показатель достоверно выше, чем в контроле (5,6 и 2,1%, соответственно, $p < 0,01$). Таким образом снижение количества ДР ДНК у животных облученных в дозе 30 сГр связано с достоверно более высоким содержанием неповрежденных клеток (рис. 4), что может свидетельствовать об активации систем репарации ДНК. У мышей, подвергнутых облучению в дозах 10 и 20 сГр, меньше клеток с большим количеством поврежденной ДНК (>50%): у облученных в дозе 20 сГр различие с контролем достоверно ($p < 0,001$), у облученных в дозе 10 сГр - имеет только тенденцию ($p = 0,06$). Клетки с большой долей поврежденной ДНК относят к апоптозным [10, 17]. Поэтому можно предположить, что снижение количества клеток с высокофрагментированной ДНК связано со снижением чувствительности клеток к апоптозу. Несмотря на отсутствие отличий по средним значениям ДР ДНК у животных, облученных в дозах 10 и 20 сГр, по сравнению с контролем, мы наблюдаем различия по уровню клеток с неповрежденной и высокофрагментированной ДНК.

Митотическая активность клеток костного мозга контрольных животных с возрастом увеличилась от 1,0 до 4,8%, а к 8-9 мес. снизилась до 3% (рис. 2), что соответствует физиологической норме возрастного изменения пролиферативной активности. У мышей, подвергнутых хроническому низкодозовому облучению, данный показатель имел фазовый характер изменений (отмечено два пика и два минимума митотической активности), и амплитуда колебаний была больше, чем у животных из контрольной группы – от 0,8 до 5,4%. Отметим, что достоверное повышение митотического индекса (в точке 20 сГр) сопровождается увеличением количества клеток с микроядрами, а при снижении этого показателя в точках 37 и 64 сГр наблюдается достоверное снижение доли клеток с МЯ (рис. 1). Снижение пролиферации связывают с остановкой клеточного цикла, необходимой для успешной репарации ДНК и активацией систем контрольных точек клеточного цикла (сверочных точек) [6]. Замедление деления клеток способствует увеличению времени, необходимому для репарации хромосомных аберраций, что в последующем приводит к снижению повреждений ДНК, зарегистрированных нами на клеточном (снижение клеток с микроядрами в точках 37 сГр и 64 сГр) и молекулярном (ДР ДНК) уровнях. То есть, исследуемые показатели – частота клеток с МЯ и митотический индекс клеток костного мозга у облучаемых животных в течение времени резко меняют свои величины вплоть до изменения знака биологического эффекта малых доз ИИ. Это указывает на отсутствие линейной зависимости между дозой хронического низкодозового облучения и его эффектом в клетках костного мозга. Наблюдаемые эффекты свидетельствуют об изменении чувствительности животных в процессе облучения, которая меняется от гиперчувствительности (достоверное повышение частоты МЯ, точка 20 сГр), до радиорезистентности (достоверно более низкая частота клеток с МЯ при дозах 30, 37, и 64 сГр, достоверно более низкий уровень ДР ДНК при дозе 30 сГр).

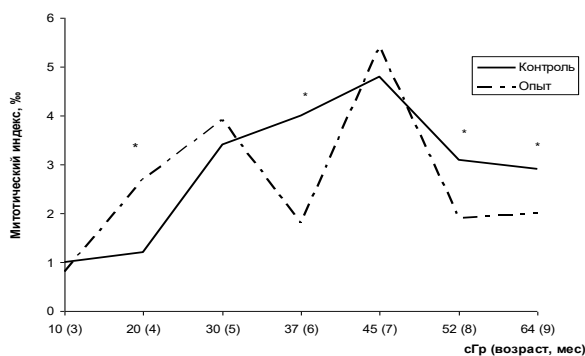


Рис. 2. Изменение митотической активности клеток костного мозга при хроническом низкодозовом облучении лабораторных мышей. * - различия с контролем достоверны при $p < 0,05$

К настоящему времени известно, что при «слабых» радиационных воздействиях может происходить не только повышение, но и снижение выхода генетических нарушений [4, 18, 19]. Подобные эффекты малых доз ИИ отмечены в натуральных исследованиях и экспериментах на разных объектах – клеточных культурах, млекопитающих, у работников атомной промышленности, у пострадавших от инцидентов на объектах ядерной промышленности. В работе [12] отмечено, что у сотрудников Сибирского химического комбината, которые в процессе профессиональной деятельности подвергались хроническому радиационному воздействию, дозовая зависимость частоты хромосомных аберраций (ХА) имела нелинейный характер. При облучении в дозе до 10 мЗв наблюдали достоверное уменьшение частоты ХА по сравнению с контролем, что соответствует известному явлению радиационного гормезиса. Проявление волнообразных изменений генетических эффектов у животных (кур), испытывавших воздействие хронического облучения в течение 30 сут., отмечены в работе В.А. Будакова [2]. Установлено, что воспроизводительная способность после введения курам ^{131}I в количестве 0,11 МБк/кг существенно не изменялась, при воздействии 1,1 МБк/кг – повышалась, при 2,1 МБк/кг – после кратковременного повышения отмечено снижение, при 4,6 МБк/кг – угнетение вплоть до необратимого прекращения. Снижение выраженности радиационного эффекта и изменение знака эффекта малых доз ИИ может быть связано с изменением в системе защиты генома - повышение эффективности системы детоксикации свободных радикалов, активации процессов репарации ДНК, апоптоза клеток [3, 6, 9].

Проявление радиационно-индуцированных эффектов у потомков облученных животных. Анализ клеток костного мозга показал, что у потомков F_1 , родителей облученных в дозах 10, 20 и 30 сГр, доля клеток с МЯ достоверно выше контроля (рис. 3).

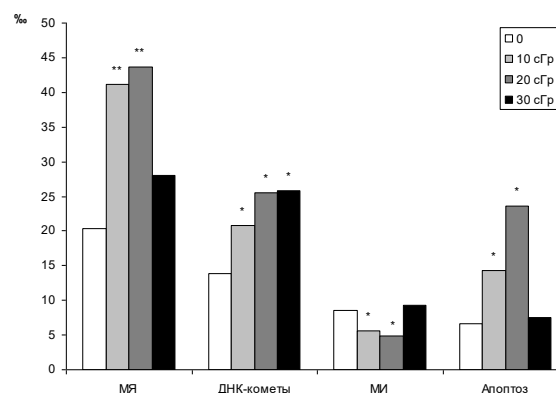


Рис. 3. Результаты исследования эффектов нестабильности генома клеток костного мозга потомков F_1 животных, испытывавших воздействие хронического γ -излучения в разных дозах

Более выраженный эффект в отношении нестабильности генома в условиях проведенного эксперимента прослежен у потомков родителей, облученных в меньших дозах (10 и 20 сГр): частота клеток с МЯ в костном мозге в этих группах превышала норму в 2 раза ($p < 0,01$), у потомков родителей, получивших дозу 30 сГр - в 1,3 раза ($p < 0,05$). Исследования на молекулярном уровне показали, что у всех потомков F_1 облученных животных наблюдается достоверно более высокий уровень ДР ДНК (рис. 3). По сравнению с контролем у F_1 облученных животных происходит снижение в 5-10 раз количества клеток с неповрежденной ДНК и повышение в 2-4 раза клеток с высокофрагментированной ДНК (табл. 1). Следует отметить, что у потомства облученных родителей в дозах 10 и 20 сГр наблюдается достоверное снижение МИ, что может свидетельствовать об активации репарации ДНК (рис. 3). У первого поколения мышей, облученных в дозах 10 и 20 сГр, отмечен достоверно более высокий уровень апоптоза, обнаруженный на клеточном (рис. 3) и молекулярном уровнях (увеличение клеток с высокофрагментированной ДНК, табл. 1). С одной стороны у первого поколения облученного поколения наблюдается повышенный уровень повреждений ядерного материала, определенный на цитогенетическом (МЯ) и молекулярном (ДР ДНК) уровнях, а с другой стороны – усиление защиты генома путем активации процессов

репарации ДНК (замедление пролиферации) и повышение апоптоза (элиминации клеток с нерепарируемыми повреждениями ДНК) [15]. Но их активация недостаточна для поддержания спонтанного уровня повреждений у первого поколения облученных животных. На основе данных литературы и полученных нами результатов можно предположить, что постоянное формирование МЯ и двуниевых разрывов ДНК является следствием состояния повышенного уровня нестабильности генома соматических клеток потомков первого поколения облученных родителей [7, 13, 27]. Предполагают, что повышенный уровень нестабильности генома в соматических клетках потомства является следствием нерепарированных или ошибочно репарированных повреждений генома половых клеток родителей в некий тип изменений, стимулирующих повышенную вариабельность в целом [7, 27].

Оценка нестабильности генома у отдаленных потомков была проведена у второго-пятого поколения (F_2 - F_5) мышей, родители которых были облучены в дозе 30 сГр. Обращает на себя внимание то, что выявленный у F_1 достоверно более высокий уровень аберрантных клеток с МЯ и ДР ДНК (рис. 3), в последующих поколениях становится ниже контрольного уровня (табл. 2). У потомков F_2 – F_4 обнаружено достоверное понижение частоты двуниевых разрывов ДНК (%TDNA, табл. 2).

Таблица 2. Цитогенетические и молекулярно-клеточные эффекты в клетках костного мозга потомков (F_2 - F_5) мышей линии Af, облученных в дозе 30 сГр

Поколения	N	МЯ, %	Апоптоз, %	МИ, %	%TDNA	
F_2	контроль	9	33,7±2,2	8,3±1,1	2,6±0,6	14,3±1,1
	опыт	10	20,1±1,4*	3,8±0,6*	1,3±0,4*	10,9±0,9*
F_3	контроль	13	40,3±2,5	7,2±0,11	2,3±0,6	16,3±1,3
	опыт	12	34,8±2,9*	4,8±0,12*	0,1±0,1*	12,6±0,9*
F_4	контроль	10	53,9±2,3	12,7±1,1	6±0,77	20,1±1,2
	опыт	10	51,8±2,26	11±1,0	8,5±0,91*	16,4±1,2*
F_5	контроль	5	16,6±1,8	1,4±0,53	3,2±0,8	14,9±1,4
	опыт	6	15,3±1,6	1,3±0,46	3,3±0,74	14,2±1,4

Примечание: * - достоверность различий от контроля при $p < 0,05$.

Снижение средних значений, характеризующих величину двуниевых разрывов ДНК, обусловлено достоверным повышением количества клеток с малоповрежденной ДНК, у которых в хвосте кометы фрагментов ДНК меньше 10% (рис. 4). При цитогенетическом исследовании клеток костного мозга F_2 - F_5 выявлено снижение количества клеток с микроядрами и митотического индекса, что может быть обусловлено усиленной репарацией ДНК на фоне снижения пролиферации [3, 6, 9]. По принципу обратной связи снижение повреждений ДНК (ДР ДНК и МЯ в F_2 - F_3) приводит к понижению количества клеток, подверженных элиминации (апоптозу) (табл. 2). У пятого поколения мы не обнаружили различий ни на клеточном, ни на молекулярном уровнях исследований.

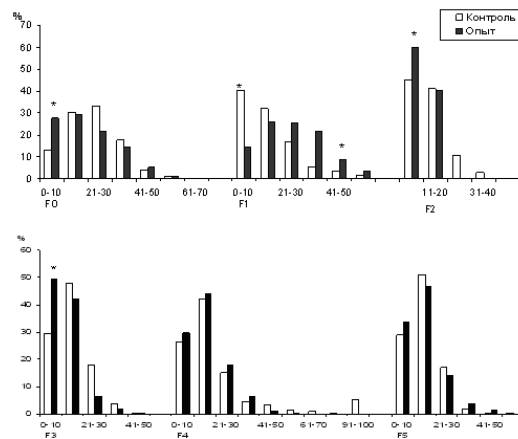


Рис. 4. Гистограмма распределения ДНК в хвосте «кометы» (%TDNA) клеток костного мозга мышей линии Af после хронического γ -облучения в дозе 30 сГр и их необлученных потомков (F_1 - F_5)

Выводы: можно сделать заключение об эффективности хронического воздействия ИИ в малых дозах. Наблюдаемые в области низких доз генетические эффекты обусловлены не столько повреждающим действием ионизирующего излучения, сколько особенностями реализации ответной реакции клетки на слабые внешние воздействия [8]. В условиях хронического низкодозового воздействия ионизирующего излучения наблюдается немонотонные изменения количества повреждений ДНК в виде двунитевых разрывов ДНК и клеток с микроядрами, а также непостоянство пролиферативной активности (митотический индекс). Это свидетельствует об отсутствии линейной зависимости между дозой хронического низкодозового излучения и его эффектом в клетках костного мозга. Обнаруженные эффекты свидетельствуют об изменении чувствительности животных к ИИ в процессе облучения, которая меняется от гиперчувствительности до радиорезистентности. Изменение знака эффекта малых доз ИИ может быть связано с изменением в системе защиты генома - повышение эффективности системы детоксикации свободных радикалов, активации процессов репарации ДНК, апоптоза клеток [3, 6, 9]. У потомков F₁ облученных родителей выявлено наследование нестабильности генома, о чем свидетельствует увеличение числа клеток с МЯ и ДР ДНК. Зависимость эффектов радиационно-индуцированной нестабильности генома (РИНГ) от дозы облучения на клеточном и молекулярном уровнях имеют нелинейный вид - большую эффективность в первом поколении проявили более низкие дозы (10 и 20 сГр по сравнению с 30 сГр). Полагают, что феномен РИНГ является следствием неточной репарации повреждений структуры генома [7, 27]. Особенностью этого эффекта является эпигенетический характер их наследования, то есть наследование измененного состояния генной экспрессии [9, 21]. Изменение таких показателей клеточного гомеостаза как митотический индекс и апоптоз направлены на поддержание целостности генома. В отличие от первого поколения, у отдаленных потомков облученных мышей отмечено снижение частоты ДР ДНК (F₂-F₄) и клеток с микроядрами (F₂-F₃) ниже спонтанного уровня. У этих животных понижены также показатели, свидетельствующие об изменении пролиферативной активности и элиминации клеток, что может свидетельствовать о перестройке работы системы защиты клеток, которая к тому же передается последующим поколениям. Вероятно, переданная по наследству нестабильность генома потомкам облученных животных, выражается в активации механизмов защиты генома – процессов репарации и апоптоза.

Работа выполнена при поддержке проекта Президиума УрО РАН (№ 15-4-4-20).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. *Ахматулина, Н.Б.* Отдаленные последствия радиации и индуцированная нестабильность генома // Радиационная биология. Радиоэкология. 2005. Т. 45, №6. С. 680-687.

2. *Будаков, В.А.* Оценка репродуктивного здоровья кур и их потомков при хроническом действии ¹³¹I, введенного в организм родителей // Радиационная биология. Радиоэкология. 2015. Т. 55, №3. С. 267-281.
3. *Бурлакова, Е.Б.* Особенности действия сверхмалых доз биологически активных веществ и физических факторов низкой интенсивности // Российский химический журнал. 1999. Т. 43, №5. С. 3-11.
4. *Бычковская, И.Б.* Немутагенные немишеные радиационные эффекты. Наследуемое снижение жизнеспособности клеток, индуцированное лучевыми воздействиями в малых дозах // Радиационная биология. Радиоэкология. 2013. Т. 53, №3. С. 246-258.
5. *Воробцова, И.Е.* Трансгенерационная передача радиационно-индуцированной нестабильности генома // Радиационная биология. Радиоэкология. 2006. Т. 46, №4. С. 441-446.
6. *Газиев, А.И.* Низкая эффективность репарации критических повреждений ДНК вызываемых малыми дозами радиации // Радиационная биология. Радиоэкология. 2011. Т. 51, №5. С. 512-529.
7. *Дуброва, Ю.Е.* Нестабильность генома среди потомков, облученных родителей. Факты и интерпретация // Генетика. 2006. Т. 42, №10. С. 1335-1347.
8. *Евсеева, Т.И.* Сочетанное действие факторов радиационной и нерадиационной природы на традесканцию. Монография / Т.И. Дуброва, С.А. Гераськин. – Екатеринбург: УрО РАН, 2001. 156 с.
9. *Жижина, Г.П.* Влияние малых доз низкоинтенсивной ионизирующей радиации на структуру и функции ДНК // Радиационная биология. Радиоэкология. 2011. Т. 51, №2. С. 218-228.
10. *Кузнецова, Е.А.* Индукция редко- и плотноионизирующими излучениями повреждений ДНК в лейкоцитах крови и цитогенетических повреждений в полихроматофильных эритроцитах костного мозга мышей и их потомков / Е.А. Кузнецова, С.И. Заичкина, Н.П. Сирота и др. // Радиационная биология. Радиоэкология. 2014. Т. 54, №4. С. 341-349.
11. *Лакин, Г. Ф.* Биометрия. 3-е изд. - М.: Высшая школа, 1980. 352 с.
12. *Литвяков, Н.В.* Частота и спектр цитогенетических нарушений у работников сибирского химического комбината / Н.В. Литвяков, М.Б. Фрейдлин, М.В. Халюзова и др. // Радиационная биология. Радиоэкология. 2014. Т. 54, №3. С. 283-296.
13. *Ломаева, М.Г.* Влияние ионизирующей радиации на уровень полиморфизма ДНК в разных тканях у потомства облученных мышей. Автореф. дисс... к.б.н. -М.: 2008. 24 с.
14. *Ломаева, М.Г.* Повышенная вариабельность генома в соматических клетках у потомства самок мышей, подвергнутых острому рентгеновскому облучению в прекоцептивный период / М.Г. Ломаева, Г.В. Васильева, Л.А. Фоменко и др. // Генетика. 2011. Т. 47, №10. С. 1371-1377.
15. *Михайлов, В.Ф.* Молекулярные проявления радиационно-индуцированной нестабильности генома: возможность химической модификации / В.Ф. Михайлов, В.К. Мазурик, Е.Б. Бурлакова и др. // Радиационная биология. Радиоэкология. 2005. Т. 45, №5. С. 561-570.
16. *Орлов, В.Н.* Сравнительная цитогенетика и кариосистематика млекопитающих / В.Н. Орлов, Н.Ш. Булатова. - М.: Наука, 1983. С. 21-28.
17. *Тронов, В.А.* Спонтанная гибель мононуклеарных клеток, полученных от здоровых доноров и больных системной красной волчанкой / В.А. Тронов, Т.А. Никольская, М.А. Конопляников и др. // Цитология. 1999. Т. 41, №5. С. 400-404.

18. Шмакова, Н.Л. Индукция хромосомных aberrаций и микроядер в лимфоцитах периферической крови человека при действии малых доз облучения / Н.Л. Шмакова, Е.А.Насонова, Е.А. Красавин и др. // Радиационная биология. Радиоэкология. 2006. Т. 46, №4. С. 480-487.
19. Grigorkina, E. Radioadaptation of rodents in the zone of local radioactive contamination (Kyshtim Accident, Russia): 50 years on / E. Grigorkina, G. Olenev // Radio-protection. 2009. V. 44, No 5. P. 129-134.
20. Hedlde, J.A. A rapid in vivo test for chromosomal damage // Mutation Research. 1973. V. 18. P. 187-190.
21. Lorimore, S. A. Radiation-induced genomic instability and bystander effects: inter-related nontargeted effects of exposure to ionizing radiation / S.A. Lorimore, P.J. Coates, E.G. Wright // Oncogene. 2003. V. 22. P. 7058-7069.
22. Maxwell, C.A. Targeted and nontargeted effects of ionizing radiation that impact genomic instability / S.A. Maxwell, M.C. Fleisch, S.V. Costes et al. // Cancer Res. 2008. V. 68, №20. P. 8304-8311.
23. Mohr, U. Possible carcinogenic effect of γ -rays in a transgenerational study CBA mice / U. Mohr, T. Tillmann, K. Kamino et al. // Carcinogenesis. 1999. V. 20, №2. С. 325-332.
24. Mothersill, C. Radiation induced bystander effects: do they provide evidence for an adaptive response? / C. Mothersill, C. Seymour // Int. J. Low Radiat. 2006. V.2. №1/2. P. 119-127.
25. Olive, P.L. Induction and rejoining of radiation induced DNA single-strand breaks: «tail moment» as a function of position in the cell cycle /P.L. Olive, J.P. Banath // Mutat Res. (DNA Repair). 1993. V. 294. P. 275-283.
26. Singh, N.P. A simple technique for quantitation of low levels of DNA damage in individual cell /N.P. Singh, M.T. McCoy, E.L. Schneider // Exp. Cell Res. 1988. V. 175. P. 184-191.
27. Skinner, M.K. What is an epigenetic transgenerational phenotype? F3 or F2 // Reproductive Toxicology. 2008. V. 25. P. 2-6.

INHERITANCE OF CYTOGENETIC AND MOLECULAR-CELLULAR EFFECTS IN CELLS OF ANIMALS BONE MARROW AT CHRONIC IMPACT OF IONIZING RADIATION

© 2017 L.A. Bashlykova

Institute of Biology Komi Science Center UrB RAS, Syktyvkar

In experiments on laboratory mice effects of chronic influence of gamma radiation in the range of doses from 10 to 64 cGy are investigated. The nonmonotonic change of damages of DNA estimated on molecular (the DNA-cometary test) and cytogenetic levels (micronuclear test, a mitotic index) is shown. At the first generation of mice whose parents have been irradiated in doses 10, 20 and 30 cGy, authentically higher level of double-stranded ruptures of DNA, cells with micronuclei, decrease in mitotic activity and strengthening of apoptosis in comparison with control is noted. At the second or third the generations which are given rise from the parents irradiated in a dose 30 cGy in comparison with control authentically lower level of double-stranded ruptures of DNA and cells with micronuclei against the background of decrease in a mitotic index and apoptosis. At the fifth generation of distinction with control are leveled.

Key words: *chronic radiation, dose, mice of Afline, inheritance, genome*

УДК 635.92-05:631.529(470.13-924.82)

ИНТРОДУКЦИЯ ТРАВЯНИСТЫХ И ДРЕВЕСНЫХ ДЕКОРАТИВНЫХ РАСТЕНИЙ В УСЛОВИЯХ СРЕДНЕЙ ПОДЗОНЫ ТАЙГИ РЕСПУБЛИКИ КОМИ

© 2017 Г.А. Волкова, О.В. Скроцкая

Институт биологии Коми научного центра УрО РАН, г. Сыктывкар

Статья поступила в редакцию 18.05.2017

В статье представлены результаты изучения биоморфологических особенностей растений родовых комплексов *Phlox* L. и *Sorbus* L. Прослежена динамика становления коллекции *Phlox paniculata*. Установлены сроки вступления в фазу цветения разных его сортов в зависимости от погодных условий вегетационного периода. Рассмотрены факторы, влияющие на рост и развитие сортов *Ph. paniculata*, изучены способы их размножения.

Ключевые слова: интродукция, биоморфологические особенности, древесные и травянистые растения, декоративные растения, род *Sorbus*, *Phlox paniculata*, Республика Коми, коллекция

В настоящее время в коллекционном фонде Ботанического сада Института биологии Коми НЦ УрО РАН сохраняются и изучаются более 3000 таксонов, в том числе - древесных растений – 600, декоративных многолетников и однолетников – 1030. Начиная с 1946 г., проводится мобилизация новых видов растений, и изучаются их адаптационные возможности с целью дальнейшего выделения наиболее устойчивых образцов и форм к условиям северного региона. При интродукции растения подвергаются воздействию новых для них факторов окружающей среды – режиму увлажнения, колебаниям температуры, фотопериоду и многим другим. При изучении представителей родовых комплексов уделяется внимание закономерностям онтогенетического и фенологического развития, внутри и межвидовой изменчивости растений и отбору наиболее адаптированных интродуцентов.

Родовые комплексы *Phlox* L. (Флокс) и *Sorbus* L. (Рябина) – одни из тех, что насчитывают наибольшее число таксонов в коллекции Ботанического сада. Растения рода *Sorbus* являются великолепным украшением улиц, парков, садов, они могут солировать в одиночных посадках или отлично сочетаться с другими древесными растениями, а также выступать в качестве фона для травянистых многолетников, в том числе разных сортов *Phlox paniculata* (флокса метельчатого).

Цель работы: изучение биоморфологических особенностей травянистых (сорта *Ph. paniculata*) и древесных (виды р. *Sorbus*) растений для дальнейшего применения наиболее устойчивых из них в ландшафтном дизайне городов и населенных мест Республики Коми.

Исследования проводились в Ботаническом саду Института биологии Коми НЦ УрО РАН, находящемся в восьми километрах к югу от г. Сыктывкара в верхней части пойменной террасы р. Сысола.

Волкова Галина Арсентьевна, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник. E-mail: volkova@ib.komisc.ru

Скроцкая Ольга Валерьевна, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник. E-mail: skrockaja@ib.komisc.ru

Почвы района интродукции старопойменные, слабо- и среднеокультуренные, среднеподзолистые суглинистого механического состава. Продолжительность вегетационного периода растений по среднемноголетним данным 150 дней, сумма суточных температур за этот период – 1800°C. Возможность заморозков сохраняется до второй декады июня, а осенние начинаются в отдельные годы уже в августе. В течение лета могут наблюдаться резкие понижения температуры, обусловленные вторжением холодных масс арктического воздуха, поэтому возможны летние заморозки, что неблагоприятно отражается на росте и развитии растений. В период вегетации на Севере создается мощный фотопериодический фактор (длинный световой день с апреля по июль), влияющий на репродуктивную стратегию растений [3]. В работе использовались общепринятые методики изучения древесных и травянистых растений при интродукции. Полученные данные статистически обработаны.

Род *Phlox* L. - Флокс (семейство синюховые – *Polemoniaceae*) состоит из 50 видов. Все они относятся к двудольным спайнолепестным многолетним растениям. Исключением является однолетний ф. Друммонда (*Ph. drummondii* Hook.). Родиной этих растений считается Северная Америка – большинство видов происходит из восточной части США. На территории России произрастает только один вид – ф. сибирский (*Ph. sibirica* L.). История введения флоксов в культуру далеко не проста и не однозначна – нет точных данных о начале их культивирования. Впервые они появились в садах США в начале XVIII века. В Европу первые флоксы попали через Англию и в середине XIX века распространились по другим странам Европы, а чуть позже - в России. В 1950-1960 гг. была заложена основа современного сортимента *Ph. paniculata* L. В настоящее время насчитывается около 400 сортов этой культуры [7]. Известно, что более полутора сотен сортов созданы П.Г. Гагановым: Андрейка, Девушка Подмосковья, Мичуринец и другие. Интересны сорта селекции Н.С. Красновой (г. Москва), Е.Д. Харченко (Украина), Ю.А. Репрева. Многие сорта этих селекционеров

интродуцированы в Ботанический сад Коми НЦ. Однако, в коллекции преобладают сорта *Ph. paniculata* зарубежной селекции, созданные в Германии: Amarantriese, Dusterlohe, Eva Forster, Fesselballon, Hechgesang, Pastoralle и многие другие [4]. Интродукция растений этого вида в Республику Коми в Ботанический сад Института биологии Коми НЦ начата в 1946 г., когда из Москвы (Главный Ботанический сад АН СССР) был привлечен посадочный материал 20 сортов этой культуры. Оттуда же в 1970 г. в коллекцию поступили еще 84 сорта. Флоксы сразу привлекли внимание своей зимостойкостью, влаголюбивостью, высокой декоративностью пышных красочных соцветий.

Коллекция *Ph. paniculata* периодически пополнялась образцами из различных интродукционных центров: Сигулды (Ботанический сад АН Латвии) в 1976 г. – 5 сортов, Барнаула (НИИ садоводства Сибири им. М.А. Лисавенко) в 1978 и 1980 гг. – 19 сортов, Санкт-Петербурга (Всероссийский институт растениеводства им. Н.И. Вавилова и Ботанический сад Ботанического института им. В. Л. Комарова – БИН) в 1982 и 1990 гг. – 23 сорта, Йошкар-Олы (Ботанический сад ГТУ) в 2001 г. – 8 сортов, Минска (Центральный ботанический сад НАН Беларуси) в 2002 и 2004 гг. – 15 сортов, Перми (Ботанический сад Пермского ГУ) в 2012 г. – 7 сортов, а также от цветоводов г. Москвы – 13 сортов. Всего за период с 1970 по 2013 гг. привлечено 216 образцов *Ph. paniculata*, представленных 163 сортами этой культуры.

Растения разных сортов *Ph. paniculata* часто привозились единичными экземплярами, которые вскоре выпадали или были повторными образцами, поэтому существенного расширения коллекции этой культуры за десятки лет не наблюдалось, а в отдельные годы происходило постепенное уменьшение сортового разнообразия. Так в 1992 г. в коллекции был 91 сорт, 2005 г. – 102, 2006 г. – 95, 2008 г. – 84, 2010 г. – 62, 2012 г. – 59, 2014 г. – 64, 2016 г. – 61 сорт. Как отмечала М. П. Бедингауз [2]: в северных районах флоксам по достоинству должно отводиться одно из первых мест, но иногда из-за застойной влаги от избытка осадков и в малоснежные зимы от вымерзания неоднократно наблюдаются выпадения зимующих в грунте интродуцентов. Однако, следует подчеркнуть, что большая часть изучаемых сортов имеет 100%-ю зимостойкость в условиях культуры в средней подзоне тайги Республики Коми.

Наибольшее внимание уделялось изучению генеративного периода развития растений. В ходе исследований установлено, что сроки зацветания сортов *Ph. paniculata* зависят от погодных условий вегетационного сезона. В годы с началом вегетации в конце апреля и теплым летом большинство сортов начинают цвести в конце первой – второй декадах июля, а самый ранний – Каролина Билл Банкер – во второй декаде июня (табл. 1). Однако при неблагоприятных метеоусловиях (2014 г.), а также после деления растений при пересадке их на новое место, большинство сортов, за редким исключением,

зацветают в августе, а сорт Каролина Билл Банкер – в июле. Ранним началом цветения большинство сортов характеризовалось в 2010 г. при высоком показателе суммы положительных температур и малом количестве осадков за вегетационный период. Наиболее поздний переход в фазу цветения у всех сортов наблюдался в 2014 и 2015 гг., при недостатке тепла и относительно невысоком количестве осадков (хотя эти показатели и несколько превышали среднемноголетние значения). Цветки в соцветии *Ph. paniculata* распускаются не одновременно. По данным В.В. Гайшун [5] в условиях Белоруссии полного развития метелка достигает через 8-12 дней от начала цветения. При интродукции в средней подзоне тайги Республики Коми продолжительность цветения каждого цветка до 7 дней, после чего венчик осыпается.

Установлено, что на рост и развитие флоксов влияют такие природные факторы, как количество выпадающих осадков и температурный режим в течение вегетационного периода. Причиной низкорослости флоксов является недостаток тепла, а также дефицит влаги. Однако одни сорта наибольшей высотой побегов отличаются при обильном выпадении осадков (2012 г.), другие – в годы с высокой суммой активных температур (2010 и 2016 гг.). Каждый вегетационный сезон растения флоксов образуют в 3-4 раза больше побегов, чем в предыдущий. Разрастание кустов идет так быстро, что через 3-4 года их необходимо делить, во избежание одревеснения основания побегов, их ослабления, а также уменьшения размеров цветков. В результате периодического деления кустов *Ph. paniculata* (2001, 2004, 2009, 2013 гг.) установлено, что коэффициент размножения у интродуцированных сортов составляет от 2 до 7 деленок. Поэтому для получения большего объема посадочного материала проводится вегетативное размножение (черенкование) перспективных и устойчивых к условиям Севера сортов этого вида. Следует отметить, что некоторые сорта *Ph. paniculata* в Республике Коми завоевали большую популярность и уже выращиваются, помимо коллекций Ботанического сада, на приусадебных и дачных участках не только в Сыктывкаре, но и в других городах и населенных пунктах республики.

Род *Sorbus* – Рябина (семейство *Rosaceae* Juss.) объединяет около 100 видов и форм, которые произрастают в разнообразных климатических и экологических условиях в умеренном поясе Северного полушария, из них более 30 видов – в пределах бывшего СССР [6]. Коллекция рябины в Ботаническом саду в настоящее время насчитывает 19 видов и более 40 образцов растений пяти – девятилетнего возраста, выращенных из семян, полученных по делектусам из различных ботанических садов России и зарубежья. В том числе в коллекции Ботанического сада сохраняются образцы *S. sambucifolia* (Cham. et Schlecht.) M. Roem. (р. бузинолистная), привлеченные из Хабаровска в 1955 г. и из Владивостока в 1981 г., образец *S.*

sibirica Hedl. (р. сибирская), полученный из Барнаула в 1978 г., более 30 лет произрастает образец неизвестного происхождения *S. americana* Marsh. (р. американская). Также с 1996 г. на участке плодово-ягодных культур, который курирует

ведущий инженер Тимушева О.К., выращиваются девять сортов рябины – Ангри, Сорбинка, Вефед, Невежинская, Десертная, Рубиновая, Алая крупная, Бусинка, Титан.

Таблица 1. Сроки зацветания изучаемых сортов *Ph. Paniculata*

Сорт	Дата зацветания						
	2010 г.	2011 г.	2012 г.	2013 г.	2014 г.	2015 г.	2016 г.
Андрейка	18.07	23.07	22.07	26.07	20.08	18.08	21.07
Африка	01.08	25.07	28.07	30.07	01.08	26.08	18.07
Белоснежка	16.07	22.07	20.07	22.07	30.07	10.08	15.07
Беранже	15.07	20.07	12.07	20.07	10.08	01.08	18.07
Буне	19.07	23.07	20.07	20.07	10.08	05.08	18.07
Восход	17.07	27.07	25.07	20.07	10.08	25.08	13.07
Вюртембергия	15.07	20.07	18.07	24.07	10.08	05.08	12.07
Генри Герц	15.07	25.07	23.07	28.07	12.08	10.08	20.07
Девушка Подмосковья	13.07	20.07	15.07	15.07	05.08	27.07	20.07
Донар	28.07	25.07	н/у	30.07	01.08	05.08	20.07
Дружба	18.07	20.07	20.07	20.07	10.08	01.08	19.07
Дюстерлоэ	10.07	20.07	15.07	12.07	30.07	26.07	12.07
Ева Ферстер	10.07	20.07	18.07	16.07	01.08	15.08	10.07
Закат	15.07	24.07	20.07	20.07	10.08	05.08	18.07
Каролина Билл Банкер	20.06	25.06	30.06	19.06	06.07	30.06	25.06
Кирмеслендер	14.07	22.07	20.07	20.07	30.07	–	15.07
Ландхохцайт	16.07	21.07	23.07	20.07	01.08	01.08	20.07
Лидия Русланова	04.08	25.07	23.07	30.07	05.08	15.08	25.07
Лорд Ролей	28.07	25.07	25.07	25.07	10.08	10.08	20.07
Любаша	13.07	20.07	15.07	20.07	10.08	01.08	12.07
Мари Жакаб	25.07	22.07	23.07	20.07	12.08	–	05.08
Маув	10.07	20.07	18.07	20.07	30.07	05.08	15.07
Милли Хобокен	19.07	26.07	20.07	26.07	10.08	27.07	20.07
М-м Доктор Шарко	16.07	22.07	15.07	15.07	29.07	27.07	12.07
Москвичка	14.07	22.07	30.07	20.07	05.08	27.07	18.07
Наташа	10.07	25.07	18.07	01.08	18.08	20.07	25.07
Невеста	25.07	25.07	30.07	25.07	10.08	10.08	18.07
Николай Щорс	18.07	24.07	22.07	20.07	01.08	15.08	18.07
Оленька	22.07	–	–	–	19.08	25.08	15.07
Памяти Чкалова	10.07	20.07	18.07	12.07	22.07	22.07	12.07
Панама	01.08	25.07	30.07	30.07	15.08	15.08	21.07
Пастораль	28.07	25.07	28.07	22.07	12.08	10.08	18.07
Пирамида Розе	25.07	26.07	22.07	25.07	10.08	01.08	15.07
Розабелла	14.07	20.07	18.07	20.07	30.07	27.07	5.07
Розовый Крупноцветный	29.07	30.07	28.07	15.07	05.08	20.08	01.08
Рубин	15.07	22.07	15.07	20.07	10.08	01.08	05.07
Север	16.07	20.07	20.07	20.07	01.08	02.08	18.07
Сеянец N 9 (ГБС)	15.07	23.07	23.07	21.07	10.08	10.08	18.07
Сеянец светло-розовый	18.07	24.07	20.07	20.07	01.08	–	18.07
Сергей Абросимов	15.07	25.07	–	–	20.07	20.07	12.07
Тенор	10.07	20.07	18.07	15.07	01.08	20.07	10.07
Успех	15.07	25.07	23.07	22.07	10.08	10.08	20.07
Феликс	15.07	24.07	30.07	–	21.08	–	–
Шпеткармин	18.07	23.07	20.07	19.07	12.08	04.08	18.07
Цвет яблони	12.07	20.07	15.07	16.07	30.07	25.07	10.07
Эклер	15.07	20.07	18.07	20.07	10.08	10.08	04.08

Изучение начальных этапов развития видов р. *Sorbus* в условиях Севера показало влияние биологических особенностей, географического происхождения, метеорологических условий вегетационных периодов на прохождение разных фаз развития.

Наиболее продолжительным периодом роста характеризовались виды секций *Lobatae* (*S. austriaca* Hedl., – р. австрийская, *S. mougeottii* Soy.-Willem. Et Codr. – р. Мужо) и *Micromeles* (*S. alnifolia* (Siebold & Zucc.) – р. ольхолистная). Растения видов секции *Sorbus*,

выращенные из семян местной репродукции (*S. hybrida*, *S. sibirica*, *S. sambucifolia*) вступают в разные фазы развития раньше, нежели таковые, полученные по делектусам из других географических точек. Некоторые виды восточноазиатского происхождения в прегенеративном периоде онтогенеза (*S. sambucifolia*, *S. commixta* Hedl. – р. смешанная, *S. tianschanica* Rupr. – р. тяньшанская) отличались более быстрыми темпами роста и проходили фазы развития в несколько более ранние сроки, чем европейско-средиземноморские (*S. x hybrida* L. – р. гибридная, *S. mougeottii*, *S. austriaca*).

Также проведен анализ фенологического развития и выявлены особенности генеративных особей видов рода *Sorbus* (*S. americana*, *S. sibirica*, *S. sambucifolia*, *S. mougeottii*, *S. x hybrida*, *S. austriaca*, *S. aucuparia* L. – р. обыкновенная). Рябины секций *Sorbus* и *Lobatae* различаются в прохождении фаз сезонного роста и развития. Первыми начинают вегетировать (конец третьей декады апреля – вторая декада мая) виды секции *Sorbus*: образцы автохтонного вида рябины – *S. aucuparia*, привлеченные к изучению из мест естественного произрастания четырех районов Республики Коми и восточноазиатские виды рябины (*S. sambucifolia* и др.). При этом сказывается влияние погодных условий. Так, в более прохладные годы, когда в начале вегетации среднесуточная температура воздуха составляет 7,2°C, межфазный период раскрытия почек – появление свободного листа проходит в течение 16 – 18 дней, а при среднесуточной температуре 14,3°C – за 2-3 дня. Большая сумма положительных температур требуется для вступления в определенные фазы развития рябинам секции *Lobatae* (*S. mougeottii*, *S. austriaca*). Например, виды этой секции зацветают в третьей декаде июня, когда среднесуточная температура воздуха повышается до 19,9°C, тогда как рябины секции *Sorbus* – во второй декаде июня при среднесуточной температуре 16°C. Созревание плодов разных видов ежегодно проходит с конца августа до начала сентября. Период вегетации в зависимости от вида, образца, возраста растений и года исследований составляет 135-166 дней и завершается листопадом в последней декаде сентября – третьей декаде октября. Это соответствует климатическим условиям района интродукции.

Декоративные качества изучаемых видов рода *Sorbus*, определяемые размерами и строением листьев, их осенней окраской, архитектурой кроны, величиной соцветий и цветков, размерами плодов и т.д. позволяют использовать их в групповых и в одиночных посадках переднего и дальнего плана. К тому же изучаемые виды обладают устойчивостью к условиям района интродукции – большинство из них имеют высокую зимостойкость, что позволяет сохранять присущую им жизненную форму. По строению листьев выделяют две группы видов рябины: растения с непарноперистыми листьями, образующими ажурную крону, и с простыми цельными или лопастными листьями, имеющими довольно плотную крону. Всем видам рябины со

сложными листьями в исследованиях Р.Г. Абдуллиной и Н.А. Рязановой [1] присвоен максимальный балл декоративности. То же можно отметить и для видов секции *Sorbus* и всех сортов рябины, изучаемых в условиях Республики Коми. Так, например, в условиях интродукции привлекательны весь вегетационный сезон и, особенно, в осенний период *S. sambucifolia*, *S. commixta*, *S. koehneana* Schneid. (р. Кене) и др. Однако не менее декоративны продолговато-овальные, городчато-пильчатые, темно-зеленые (летом) и желтые (осенью) беловойлочные с нижней стороны листья *S. mougeottii* и *S. austriaca*.

У растений некоторых видов рябины проанализирована структура соцветий, дана характеристика морфометрических параметров их плодов в условиях интродукции. Самыми крупными соцветиями (диаметр 12-16 см) отличаются *S. americana* и *S. sibirica*, к тому же в их щитках насчитывается от 130 до 400 шт. плодов. Наибольший диаметр цветков имеют виды секции *Lobatae* (*S. mougeottii* – 1,5-1,8 см, *S. austriaca* и *S. x hybrida* – 1,5 см). Перспективными для дальнейшего отбора декоративных форм и крупноплодных образцов являются *S. sambucifolia* и *S. mougeottii*: длина их плодов – 1,50±0,04 и 1,20±0,04 см и диаметр – 1,30±0,03 и 1,20±0,06 см соответственно.

Изучена возможность вегетативного размножения интродуцируемых видов и сортов, как с применением стимуляторов корнеобразования, так и без них: определен процент укореняемости черенков *S. sambucifolia*, *S. austriaca*, *S. x hybrida*, *S. mougeottii* и сортов – Рубиновая, Ангри, Сорбинка, Алая крупная, Титан и Вефед. Низкий процент укоренения у видов секции *Lobatae* (*S. austriaca*, *S. x hybrida*, *S. mougeottii*) – от 0 (с применением эпина, корневины, рибав-экстра и в контроле) до 20% (при предварительном выдерживании в Гетероауксине). Наибольший процент укоренения установлен для *S. sambucifolia*: 70% с применением хитозана с янтарной кислотой, 57% – рибав - экстра, 53% – гетероауксина, 47% – эпина, 40% – циркона, в отдельные годы исследований даже в контроле достаточно высокий показатель укоренения черенков растений этого вида – 53%. Существенное влияние оказали гетероауксин, эпин и рибав-экстра на образование корней у черенков разных сортов рябины (18-60%). Но наибольшие значения данного показателя отмечены для сортов Сорбинка: 60% при обработке эпином, 27% - гетероауксином и Алая крупная: 40% с использованием обоих стимуляторов.

Выводы:

1. Изучены биоморфологические особенности растений родовых комплексов *Phlox* L. и *Sorbus* L. Подробно прослежена динамика становления коллекции *Ph. paniculata*. В результате многолетних исследований фенологического развития растений этого красивоцветущего вида установлены сроки вступления в фазу цветения разных его сортов в зависимости от метеорологических условий вегетационного периода. Отмечено влияние режимов

температуры и влажности на рост и развитие сортов *Ph. paniculata*.

2. Исследованы начальные этапы развития растений видов и образцов рода *Sorbus* разного географического происхождения в условиях Севера и отмечена зависимость продолжительности периода их роста как от принадлежности к разным секциям, так и от условий вегетационного сезона в районе интродукции. Растения проходят полный цикл сезонного развития, находящиеся в генеративном периоде ежегодно плодоносят. Изучены способы и приемы размножения интродуцируемых растений. Опытами по укоренению полуодревесневших черенков разных видов и сортов рябины показана возможность использования данного способа размножения, однако необходимо продолжить исследование по подбору и сочетанию стимуляторов корнеобразования для повышения выхода укорененных черенков.

3. Большинство изучаемых интродуцентов в новых почвенно-климатических условиях отличаются хорошей зимостойкостью. Это позволяет сохранять им высокие декоративные качества в условиях интродукции в средней подзоне тайги Республики Коми. Дальнейшее изучение биологических особенностей и отбор наиболее продуктивных и

декоративных форм позволит расширить ассортимент древесных и травянистых растений для культивирования их в северном регионе.

Работа выполнена в рамках государственного задания по теме «Некоторые аспекты репродуктивной биологии ресурсных видов растений в культуре на европейском Северо-Востоке России» № 115012860039.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Абдуллина, Р.Г. Методика оценки декоративности видов и сортов рода *Sorbus* L. / Р.Г. Абдуллина, Н.А. Рязанова // Известия Самарского научного центра РАН. 2015. Т. 17, №4. С. 240-244.
2. Бединггауз, М.П. Многолетние флоксы. Монография. - М.: ОГИЗ - Сельхозизд., 1948. 64 с.
3. Ботанический сад Института биологии Коми НЦ УрО РАН. - М., 2002. 96 с.
4. Волкова, Г.А. Перспективные красивоцветущие растения для декоративного садоводства Республики Коми / Г.А. Волкова, Н.А. Моторина // Монография. - Сыктывкар. 2010. 164 с.
5. Гайшун, В.В. Флоксы. Монография. - М.: Издательский дом МСП, 2003. 32 с.
6. Деревья и кустарники СССР. - М., 1954. Т.3. С. 458-483.
7. Константинова, Е.А. Флоксы. Монография. - М.: Издательство ЗАО «Фитон», 2002. 192 с.

INTRODUCTION OF GRASSY AND WOODY ORNAMENTAL PLANTS IN THE CONDITIONS OF MIDDLE TAIGA IN KOMI REPUBLIC

© 2017 G.A. Volkova, O.V. Skrotskaya

Institute of Biology Komi Science Centre UrB RAS, Syktyvkar

Results of studying the biomorphological features of plants of genus complexes *Phlox* L and *Sorbus* L. are presented in article. Dynamics of formation of *Phlox paniculata* collection has been tracked in detail. Periods in a phase of blossoming of its different sorts depending on weather conditions of the vegetative period have been established. The factors influencing growth and development of sorts of *Ph. paniculata* have been examined, ways of their reproduction have been studied.

Key words: *introduction, biomorphological features, woody and grassy plants, ornamental plants, genus Sorbus, Phlox paniculata, Komi Republic, collection*

УДК 631.4 (470.67)

НОВАЯ МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ НАИМЕНЬШЕЙ ВЛАГОЕМКОСТИ ПОЧВЫ В ПОЛЕВЫХ УСЛОВИЯХ

© 2017 Г.Н. Гасанов, К.М. Гаджиев, З.Н. Ахмедова, Н.И. Рамазанова, Р.Р. Баширов,
Т.А. Асварова, Ш.К. Салихов, А.С. Абдулаева

Прикаспийский институт биологических ресурсов ДНЦ РАН

Статья поступила в редакцию 09.05.2017

Предложен метод ускоренного определения наименьшей влагоемкости плохо водопроницаемых и слоистых почв в полевых условиях, позволяющий сократить сроки ее определения до 2-3 дней против 10-15 дней при существующих методиках. Ускорению сроков определения способствуют одновременная подача воды ко всем слоям почвы и увлажнение ее в латеральном направлении под влиянием капиллярных и сорбционных сил. Метод позволяет уменьшить расход воды до 25-30 литров, что составляет 17-20% того количества, которое расходуется при существующем методе определения.

Ключевые слова: *влагоемкость, водопроницаемость, полное насыщение почвы, гравитационная вода, фильтрация, латеральный сток, сорбционные и капиллярные силы*

Одним из факторов, определяющих географическое распространение растений и продуктивность фитоценозов, является почвенная влага. Наименьшая полевая влагоемкость почвы (НВ) – количество воды, фактически удерживаемое почвой в природных условиях в состоянии равновесия, когда устранено испарение и дополнительный приток воды. По показателям НВ определяются запасы влаги в ней, рассчитываются нормы полива сельскохозяйственных культур. Наряду с влажностью завядания по ней высчитывается диапазон влажности для нормального развития растений. Отмечено также, что изменение НВ приводит к снижению содержания в почве аммонийного и нитратного азота [5]. НВ изменяется в различных почвах в довольно широких пределах: от 5 до 10% от массы у легких почв до 55% у некоторых тяжелых почв [9].

Традиционная методика определения НВ, основанная на «методе заливаемых площадок», довольно трудоемка (большой расход воды, которую необходимо перевозить и подавать вручную), продолжительная по времени (до 10-15 суток). Метод определения НВ, который использовали исследователи

[1-4, 7] состоит в следующем: на исследуемом поле выбирают типичный участок размером 1 x 1 м или больше, обваловывают его двумя рядами земляных валов или рамками из дерева или железа высотой 20-25 см., которые вдавливают на несколько сантиметров в почву. Затем площадку заливают водой до полного насыщения почвы и отмечают время, за которое впиталась вся вода; когда вся вода впитается, площадку закрывают полиэтиленовой пленкой, а сверху слоем соломы 20 см. и таким же слоем почвы для защиты от испарения и дополнительного поступления её при выпадении осадков. Площадка находится в таком состоянии до тех пор, пока не стечет содержащаяся в расчетном слое гравитационная вода. После такого насыщения – через 1, 3, 5, 7, 10 суток [3, 4, 7] определяют влажность по слоям, через каждые 10 см, пока ее показатель по результатам 3-х последних определений не приобретет постоянного значения. Это значение влажности принимают за НВ для данного слоя почвы. Такие же принципы заложены в методику определения НВ почвы и в более поздних работах [10, 11]. Одним из основных недостатков указанного метода определения НВ является продолжительный срок определения – всего требуется не менее 10-12 дней [на полное впитывание воды в почву 1-3 суток, на отток гравитационной воды из расчетного слоя 7-10 суток и, хотя бы два дня на трехразовое определение влажности почвы термостатно-весовым способом], надо подождать пока, перераспределится вся гравитационная вода и «установится капиллярное равновесие в промоченной толще» [8]. Кроме того, расходуется большое количество воды на заливку площадки. Так, для насыщения метрового слоя тяжелосуглинистой почвы при НВ 25%, фактической влажности 15% и плотности 1,44 г/см³ на заливку метровой площадки требуется 144 л воды. Это немалое количество, учитывая, что ее надо привозить в емкостях различной вместимости и подавать на площадку вручную. Надо еще учесть, что при наличии уплотненных горизонтов в исследуемом слое почвы

Гасанов Гасан Никуевич, доктор сельскохозяйственных наук, профессор. E-mail: nikuievich@mail.ru

Гаджиев Камиль Магомедович, кандидат сельскохозяйственных наук, научный сотрудник. E-mail: kamil5555372@mail.ru

Ахмедова Заира Нажмутдинова, научный сотрудник. E-mail: zaira-1945@mail.ru

Рамазанова Нуржиган Идрисовна, научный сотрудник. E-mail: nurjagan@yandex.ru

Асварова Татьяна Азимовна, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник. E-mail: tatacvar@mail.ru

Баширов Рашид Радифович, младший научный сотрудник. E-mail: rakduik100@mail.ru

Салихов Шамиль Курамагомедович, научный сотрудник. E-mail: salichov72@mail.ru

Абдулаева Айшат Саидмагомедовна, научный сотрудник. E-mail: aischat55@mail.ru

из-за медленной ее фильтрации большая часть воды теряется на боковой сток. Научные исследования по определению НВ, проведенные в последующие годы, касались лишь усовершенствования приборов или методов ее определения в лабораторных условиях [2, 10].

Цель исследований: разработка такого метода определения НВ почв в полевых условиях, который существенно сократит продолжительность периода определения НВ и расход воды на ее определение.

Методика исследований. Объектом исследований явились: светло-каштановая почва легкосуглинистого гранулометрического состава Кочубейского биосферного стационара ПИБР ДНЦ РАН и горная бурая лесная тяжелосуглинистая почва, экспериментального участка, заложенного на территории ГорБС ДНЦ РАН. Поставленная цель достигается путем сравнения двух методик определения НВ почвы: подачи воды на экспериментальную площадку сверху вниз, из слоя к слою, как это принято по существующей методике, и сбоку, одновременно ко всем слоям из траншеи, которая выкапывается в центре площадки на ту же глубину, на которую определяется НВ (по предлагаемой нами методике).

Для определения НВ на метровую глубину, мы считаем достаточным иметь экспериментальную площадку прямоугольной формы с длинными сторонами по 70 см, короткими – по 50 см. По центру прямоугольной площадки, параллельно длинным ее сторонам, выкапывается траншея, шириной 30 см, длиной 50 см, глубиной 100 см с таким расчетом, чтобы по всем четырем сторонам она окаймлялась полосой почвы, шириной по 10 см.

Для определения НВ траншею заливали до краев рассчитанным количеством воды: 150 литров для объема $0,15 \text{ м}^3$ ($1 \times 0,5 \times 0,3 \text{ м}$) [11]. Затем, с интервалом 5 минут, проводили наблюдения за уровнем воды в канавке путем измерения расстояния от поверхности почвы до верхнего уровня воды в траншее. При этом фиксировали на какое расстояние от стенки траншеи, в латеральном направлении, увлажнится почва. Для этого, по мере снижения уровня воды в траншее, срезали слой увлажненной почвы до границы с сухой почвой, куда эта влага еще не поступила, и фиксировали это расстояние. По истечении 5-10 минут, считая от момента заливки траншеи, интенсивность поглощения воды в почву снижалась значительно. После этого оставляли воду в траншее еще 20-25 минут, чтобы быть уверенными, что в нижележащих слоях она впитается в латеральном направлении на достаточное расстояние, чтобы можно было взять образцы почвы для определения ее влажности. Вопрос о продолжительности содержания воды в траншее зависит от плотности, гранулометрического состава почвы и других показателей.

По истечении 30 мин. после заливки, когда в почву впитается определенная часть воды, оставшееся ее количество удаляли из траншеи. Затем траншею

закрывали деревянной доской, а поверхность экспериментальной площадки вместе с закрытой доской траншеей в радиусе 1,0 м от середины траншеи, закрывали полиэтиленовой пленкой, а сверху еще 20-ти сантиметровыми слоями соломы и почвы, для предотвращения испарения влаги или попадания воды в случае выпадения осадков (как и на контроле). По истечении 1, 2, 3, 4 суток отбирали образцы почвы для определения ее влажности в средней части слоев (см): 0-5; 5-10; 10-20; 20-30; 30-40; 40-50; 50-60; 60-70; 70-80; 80-90; 90-100 в четырехкратной повторности по всем четырем сторонам траншеи, до установления постоянной величины по итогам трех последних определений. Полученный результат принимался за НВ для каждого конкретного слоя почвы [1-4, 7].

Исследования проводились в 4-х кратной повторности: на 4 заливаемых площадки на контроле и столько же – с боковой подачей воды из траншеи ко всем слоям почвы одновременно. Влажность почвы определена термостатно-весовым методом по указанным выше слоям.

Результаты и обсуждение. Эффективность исследуемых методов определения НВ оценивается по продолжительности времени установления постоянной влажности почвы в рассматриваемых слоях по результатам трех последних определений, а также по количеству воды, расходуемой на определение. Результаты проведенных исследований показали возможность определения НВ почвы с использованием методики, рассмотренной выше. О скорости впитывания воды в почву в латеральном направлении от залитой водой траншеи можно судить по динамике уровня воды в этой канавке: чем больше снижается уровень воды в единицу времени, тем на большее расстоянии она просачивается в почву. В наших исследованиях в течение 30 минут после заливки канавки водой уровень ее в светло-каштановой легкосуглинистой снизился до 50 см (табл. 1). Скорость снижения уровня воды в траншее по глубинам почвы имеет разные значения и, как показали наши исследования, зависит от содержания физической глины, плотности и пористости почвы (табл. 2).

Таблица 1. Снижение уровня воды в траншее за 30 минут после заливки ее водой по глубинам светло-каштановой легкосуглинистой почвы

Продолжительность наблюдений, минут	Уровень воды в траншее от поверхности почвы, см		
	M±m	S	V
0-5	15±0,02	0,04	24
5-10	25±0,01	0,03	11
10-15	35±0,01	0,02	6,5
15-20	40±0,03	0,08	17
20-25	45±0,02	0,04	7,3
25-30	50±0,03	0,08	14

Примечание: S – стандартное отклонение, V – коэффициент вариации

Таблица 2. Динамика показателей физических свойств и скорости впитывания воды по слоям светло-каштановой легкосуглинистой почвы

Слой почвы, см	Латеральное просачивание, см	Содержание физической глины, %	Плотность, г/см ³	Пористость, %	Уравнение множественной регрессии
0-10	16,8	26,4	1,05	59,3	$Y = -158,33 - 3,15X_1 - 57,97X_2 + 5,38X_3$
10-20	18,0	28,2	1,13	56,2	$Y = -119,89 - 0,85X_1 - 5,29X_2 + 2,81X_3$
20-30	16,9	29,5	1,28	50,4	$Y = -100,85 + 0,22X_1 - 4,95X_2 + 2,33X_3$
30-40	15,1	30,2	1,30	49,6	$Y = -32,09 - 0,3X_1 + 2,88X_2 + 1,06X_3$
40-50	14,0	32,4	1,35	47,7	$Y = 55,22 - 0,73X_1 + 66,9X_2 - 2,3X_3$
50-60	11,3	33,7	1,38	46,5	$Y = -30,62 + 0,18X_1 - 1,2X_2 + 0,81X_3$
60-70	11,0	33,3	1,4	45,7	$Y = -7,52 + 0,17X_1 + 3,39X_2 + 0,18X_3$
70-80	11,9	34,6	1,45	43,8	$Y = -67,5 + 1,57X_1 - 12,86X_2 + 1X_3$
80-90	12,7	35,8	1,48	46,2	$Y = -20,28 - 0,22X_1 + 5,7X_2 + 0,7X_3$
90-100	13,7	36,6	1,5	45,7	$Y = -27,67 + 0,75X_1 - 3,74X_2 + 0,43X_3$



Рис. 1. Динамика увлажнения по слоям светло-каштановой легкосуглинистой почвы латеральном направлении от залитой водой траншеи в течение 30 минут

Наибольшее просачивание влаги в почву в латеральном направлении наблюдается в самых верхних слоях. По мере углубления в профиль почвы до 70 см оно снижается и становится равным 11 см. В более глубоких слоях отмечено постепенное увеличение бокового промачивания: легкосуглинистой почвы в среднем на 0,9 см на каждые 10 см глубины до 1,0 м (рис. 1). Данный факт мы объясняем тем, что на поступление влаги в почву в указанном направлении, наряду с сорбционными и капиллярными силами, значительное влияние оказывает

также градиент напора воды и, надо полагать, что его величина тем выше, чем глубже слой воды, напиральной на стенки и дно траншеи.

Для определения влажности почвы в 5-6 кратной повторности термостатно-весовым методом берется 20-40 г почвы. Для того, чтобы взять такой образец из десятисантиметровой толщи шириной 30 см (ширина траншеи) или 50 см (длина траншеи), достаточно промочить ее на 5-7 см в сторону от стенки канавки. Приведенные выше данные с достаточной убедительностью показывают, что тех 30 минут, в течение которых вода находилась в канавке, вполне достаточно для промачивания светло-каштановой легкосуглинистой почвы минимум на 11 см. Поэтому нет необходимости в пополнении запаса воды, или в более продолжительном сроке ее поддержания в траншее. Более того, исследования в данной области могут быть продолжены в направлении возможного сокращения времени поддержания воды в траншее. По истечении 30 минут после заливки траншея очищалась от находящейся там воды. К этому времени уровень ее в легкосуглинистой почве установился на отметке 50 см. Стабильная влажность почвы в слое 0-60 см наблюдалась на вторые сутки, метрового слоя – на третьи сутки (табл. 3).

Таблица 3. Динамика влажности светло-каштановой легкосуглинистой почвы Терско-Кумской низменности Дагестана при различных методах определения НВ, %

Слой почвы, см	Контроль (поступление воды в почву сверху вниз, из слоя к слою)				
	сутки после заливки				
	3	5	10	15	20
0-5	33,6±0,1	31,9±0,3	29,2±0,3	28,8±0,4	28,6±0,4
5-10	34,8±0,3	30,8±0,4	27,5±0,4	26,7±0,3	26,6±0,4
10-20	35,6±0,2	28,1±0,3	25,3±0,4	25,0±0,5	25,2±0,3
20-30	36,2±0,4	29,7±0,2	24,2±0,5	24,2±0,4	24,0±0,3
30-40	36,8±0,4	35,7±0,4	21,3±0,4	21,4±0,3	21,5±0,4
40-50	37,4±0,4	36,9±0,3	20,5±0,3	20,4±0,4	20,3±0,3
50-60	37,0±0,5	37,3±0,3	19,8±0,3	20,6±0,3	20,3±0,3

Продолжение таблицы 3

60-70	16,2±0,3	38,2±0,4	32,5±0,3	20,9±0,4	21,0±0,4
70-80	15,8±0,4	37,0±0,3	31,4±0,3	19,2±0,3	19,3±0,5
80-90	16,4±0,5	17,1±0,4	19,0±0,4	18,6±0,5	18,5±0,4
90-100	17,2±0,2	17,5±0,4	18,7±0,5	18,0±0,5	18,2±0,4
Слой почвы, см	Поступление воды в почву в латеральном направлении одновременно ко всем слоям				
	сутки после заливки				
	1	2	3	4	5
0-5	30,3±0,3	28,6±0,3	28,50,2	28,3±0,4	28,4±0,3
5-10	29,4±0,4	26,6±0,2	26,7±0,3	26,8±0,3	26,7±0,4
10-20	27,9±0,4	25,1±0,3	25,2±0,2	25,3±0,2	25,3±0,3
20-30	26,7±0,5	24,0±0,2	24,1±0,2	24,3±0,4	24,0±0,2
30-40	24,8±0,3	21,2±0,2	21,4±0,4	21,4±0,3	21,3±0,3
40-50	25,0±0,2	20,3±0,3	20,2±0,4	20,0±0,2	20,1±0,4
50-60	24,6±0,3	20,1±0,2	20,5±0,2	20,5±0,2	20,5±0,3
60-70	25,5±0,4	22,4±0,3	19,8±0,5	19,7±0,3	19,8±0,3
70-80	24,6±0,4	24,4±0,4	19,1±0,5	19,0±0,4	19,2±0,5
80-90	25,8±0,5	25,3±0,3	18,5±0,2	18,3±0,5	18,4±0,4
90-100	26,3±0,4	25,8±0,4	18,0±0,3	18,1±0,2	18,3±0,3

В тоже время на контроле только на 6 сутки почва увлажняется до 60 см и на 10 сутки – до 100 см, т.е. требуется в 3 раза больше времени, чем по предлагаемому методу. Это первое преимущество предлагаемого нами метода определения НВ. Вторым преимуществом – является экономия 83% воды. Так, для насыщения 1 м² (1 x 1) легкосуглинистой почвы на глубину 1,0 м до НВ при средневзвешенной плотности её в естественном сложении 1,44 г/см³, влажности почв 17,2%, требуется 122 литра. В предлагаемой нами методике для этого требуется всего 30 литров. Аналогичная картина наблюдалась на горной бурой лесной тяжелосуглинистой почве ГорБС ДНЦ РАН (табл. 4). Исследованием установлено, что продолжительность в 30 минут, в течение которых вода находилась в траншее, вполне

достаточна для промачивания почв Среднегорья Дагестана как минимум на 7-13 см, что достаточно для отбора образцов на влажность. Влажность почвы, когда по данным трех определений получены одинаковые результаты, на исследуемой почве установилась на вторые сутки в слое 0-30 см.

Надо учесть, что канавка объемом 0,15 м³ заливается 150 литрами воды, легкосуглинистая почва увлажняется ею в среднем на 14 см по всей глубине и сторонам траншеи. Расход воды для насыщения почвы до НВ составляет всего 25 литров, остальное количество вычерпывается из нее по истечении 30 минут после заполнения траншеи. Следовательно, экономия воды при определении НВ по предлагаемой нами методике составляет 120 литров [6].

Таблица 4. Динамика влажности горной бурой лесной тяжелосуглинистой почвы Среднегорной подпровинции Дагестана при различных методах определения НВ, %

Слой почвы, см	Контроль (поступление воды в почву сверху вниз, из слоя к слою)				
	сутки после заливки				
	3	5	10	15	20
0-5	38,2±0,2	36,3±0,2	35,4±0,2	35,3±0,2	35,2±0,2
5-10	37,8±0,1	35,9±0,1	34,7±0,2	34,8±0,1	34,6±0,2
10-20	36,9±0,2	34,8±0,1	32,5±0,1	32,6±0,3	32,5±0,1
20-30	36,2±0,1	34,9±0,3	30,8±0,2	30,5±0,2	30,3±0,2
30-40	36,2±0,2	32,4±0,2	28,3±0,3	28,1±0,2	27,9±0,2
40-50	36,9±0,1	32,6±0,1	27,7±0,2	27,4±0,2	27,2±0,1
50-60	38,5±0,3	33,3±0,2	27,9±0,1	26,8±0,1	26,7±0,2
60-70	33,6±0,2	32,9±0,2	29,7±0,2	26,3±0,2	26,1±0,2
70-80	27,8±0,2	27,0±0,1	33,8±0,1	31,2±0,2	31,3±0,3
80-90	26,7±0,3	27,9±0,2	29,1±0,2	26,9±0,3	26,7±0,2
90-100	27,0±0,2	27,4±0,2	29,3±0,3	26,1±0,3	26,2±0,3
Слой почвы, см	Поступление воды в почву в латеральном направлении одновременно ко всем слоям				
	сутки после заливки				
	1	2	3	4	5
0-5					
5-10	36,6±0,1	34,9±0,1	34,8±0,1	34,8±0,2	34,6±0,2

Продолжение таблицы 4					
10-20	34,2±0,2	32,2±0,1	31,9±0,2	31,9±0,1	31,7±0,2
20-30	31,7±0,2	31,7±0,2	28,3±0,1	28,3±0,1	28,4±0,1
30-40	29,6±0,1	28,4±0,1	27,7±0,1	27,7±0,1	27,7±0,1
40-50	29,8±0,3	29,2±0,3	28,9±0,1	28,9±0,2	28,8±0,3
50-60	26,5±0,1	25,6±0,2	24,4±0,2	24,4±0,2	24,5±0,2
60-70	27,2±0,2	26,1±0,1	22,3±0,2	22,3±0,3	22,5±0,2
70-80	24,4±0,1	22,6±0,2	21,4±0,3	21,4±0,2	21,6±0,1
80-90	25,1±0,2	23,4±0,3	20,1±0,2	20,1±0,1	20,3±0,2
90-100	26,2±0,2	23,9±0,2	19,7±0,2	19,7±0,3	19,8±0,3

Выводы: разработан новый метод ускоренного определения наименьшей влагоемкости плохих водопроницаемых и слоистых почв в полевых условиях, позволяющий сократить сроки её определения до 2-3 дней против 10-15 дней при существующих методиках. Ускорению сроков определения НВ способствует одновременная подача воды ко всем слоям почвы в латеральном направлении и увлажнение ее под влиянием капиллярных и сорбционных сил. Для определения НВ на глубину 1,0 м выбирается экспериментальная площадка прямоугольной формы длиной 70 см, шириной 50 см. Посередине площадки нарезается траншея такой же глубины, длиной 50 см, шириной 30 см. Размеры траншеи выбираются исходя из удобства копки ее на расчетную глубину. В случае определения НВ почв на большую, чем 1,0 м глубину, длина и ширина траншеи могут быть увеличены до удобных исследователю величин. Предлагаемый метод, наряду с сокращением сроков определения, позволяет уменьшить расход воды до 25-30 литров (в зависимости от гранулометрического состава почвы), а это 20% того количества воды, которое расходуется при существующей методике.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Вадюнина, А.Ф. Методы исследования физических свойств почвы / А.Ф. Вадюнина, З.А. Корчагина. – М.: Агропромиздат, 1986. 345 с.

2. Гилев, В.Ю. Физика почв. Учебно-методические указания по полевой практике. – Пермь, 2012. С. 13-16.
3. Ковриго, В.П. Почвоведение с основами геологии / В.П. Ковриго, И.С. Кауричев, Л.М. Бурлакова. – М.: Колос, 2000. 416 с.
4. Козлова, А.А. Учебная практика по физике почв. – Иркутск, 2009. 81 с.
5. Нестерова, Л.Б. Влияние агротехнических приёмов обработки почвы на физические свойства почв и мобилизацию подвижных форм азота в условиях Алтайского Приобья / Л.Б. Нестерова, А.Е. Кудрявцев, Н.Ф. Кудрявцева // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2009. № 6 (56). С. 13-17.
6. Патент на изобретение № 2546167. Гасанов Г.Н., Ахмедова З.Н., Рамазанова Н.И., Баширов Р.Р., Гаджиев К.М. Ускоренный способ определения наименьшей влагоемкости почвы в полевых условиях. Дата публикации 10.04.2015. Бюл. №10
7. Практикум по почвоведению. Под ред. И.С. Кауричева. – М.: Колос, 1980. 272 с.
8. Ревут, И.Б. Физика почв. – Л.: Колос, 1964. 319 с.
9. Роде, А.А. Избранные труды. Т. 3. Основы учения о почвенной влаге. – М.: Почвенный институт им. В.В. Докучаева Россельхозакадемии, 2008. 664 с.
10. Руцкасас, Ю.Ю. Метод определения полной влагоемкости и общей пористости почв // Почвоведение. 2004. № 2. С. 203-208.
11. Шейн, Е.Ф. Теория и методы физики почв / Е.Ф. Шейн, Л.О. Карпачевский. – М.: «Гриф и К», 2007. 616 с.

THE NEW METHOD OF DEFINITION THE LEAST SOIL WATER CONTENT UNDER THE FIELD CONDITIONS

© 2017 G.N. Gasanov, K.M. Gadzhiev, Z.N. Akhmedova, N.I. Ramazanova, R.R. Bashirov, T.A. Asvarova, Sh.K. Salikhov, A.S. Abdullaeva

Pre-Caspian institute of Biological resources DSC RAS

The method of the accelerated definition of the least moisture capacity in poor permeable and layered soils in field conditions, allowing to reduce terms of its definition to 2-3 days against 10-15 days at the existing methods is offered. Acceleration the time of definition contribute to simultaneous water supply to all layers of soil and its moistening in the lateral direction under the influence of capillary and sorption forces is promoted. The method allows to reduce a water consumption to 25-30 liters that makes 17-20% of that quantity which is spent at the existing definition method.

Key words: least moisture capacity, water penetration, full saturation of the soil, gravitational water, filtration, lateral drain, sorption and capillary forces

Gasan Nikuevich, Doctor of Agriculture, Professor. E-mail: nikuevich@mail.ru; Kamil Gadzhiev, Candidate of Agriculture, Research Fellow. E-mail: kamil555372@mail.ru; Zaira Akhmedova, Research Fellow. E-mail: zaira-1945@mail.ru; Nurzhagan Ramazanova, Research Fellow. E-mail: nurjagan@yandex.ru; Tatiana Asvarova, Candidate of Biology, Senior Research Fellow. E-mail: tatacvvar@mail.ru; Rashid Bashirov, Minor Research Fellow. E-mail: pakduik100@mail.ru; Shamil Salikhov, Research Fellow. E-mail: salichov72@mail.ru; Ayshat Abdullaeva, Research Fellow. E-mail: aischat55@mail.ru

УДК 574.3; 581.8

АНАЛИЗ КАЛЕНДАРНОГО ВОЗРАСТА РАМЕТ ГРУШАНКИ КРУГЛОЛИСТНОЙ (*PYROLA ROTUNDIFOLIA* L.) ПРИ ИНТЕРПРЕТАЦИИ ОНТОГЕНЕТИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ ВИДА

© 2017 С.А. Дубровная, Л.З. Хуснетдинова, Л.У. Мавлюдова, А.Р. Галимова,
З. Ш. Бикмухаметова

Казанский (Приволжский) федеральный университет

Статья поступила в редакцию 28.05.2017

Была изучена онтогенетическая структура ценопопуляций *Pyrola rotundifolia*. Показано, что высокая доля растений виргинильного онтогенетического состояния в структуре ценопопуляции была обусловлена как замедленным развитием растений, так и интенсивными процессами вегетативного размножения, в ходе которого отмечалось систематическое пополнение ценопопуляции молодыми раметами. Календарный возраст растений можно использовать для корректной интерпретации онтогенетической структуры ценопопуляции. Увеличение календарного возраста, сопровождающееся последовательным переходом растений в более взрослое онтогенетическое состояние, может свидетельствовать о нормальном развитии растений. Длительное пребывание рамет в виргинильном онтогенетическом состоянии, соответствие календарного возраста рамет виргинильного и средневозрастного генеративного онтогенетических состояний может быть связано с затруднениями перехода растений к цветению.

Ключевые слова: *Pyrola rotundifolia*, онтогенетическая структура, ценопопуляция, календарный возраст, рамета

Анализ демографических показателей и пространственно-онтогенетической структуры ценопопуляции (ЦП) позволяет определить состояния вида в сообществе, что чрезвычайно важно при изучении популяции ресурсных, редких, исчезающих видов и популяций видов, существующих на границе ареала. Благодаря накоплению данных о структуре популяции травянистых растений различных жизненных форм и эколого-ценотических групп отмечается дальнейшее развитие представлений об пространственно-онтогенетической структуре ЦП как показателя степени устойчивости вида в сообществе [1, 2].

В существующей классификации онтогенетической структуры ЦП заложен принцип развития, а потому данное направление изучения популяций остается весьма актуальным при исследовании онтогенетической структуры ЦП растений, распространение которых ограничено специфическими условиями внешней среды и (или) биологией самого вида. С другой стороны, онтогенетический спектр является важным показателем, отражающим соответствие эколого-ценотический условий местообитания биологическому потенциалу вида. Онтогенетическая структура популяции является видовой адаптацией к среде и, главным образом, к ценотическим отношениям, о чем было показано в работах

Т.А. Работнова [3]. Автором отмечалось, что чем условия ценоза ближе к экологическому оптимуму вида, тем больше в составе популяций плодоносящих и хорошо развитых растений. У многолетних растений это объясняется тем, что с ухудшением условий затормаживается не только накопление биомассы, но и генеративное развитие [4]. Особенности возрастного состава популяции следует рассматривать как общевидовое приспособление к удержанию пространства [5]. Вблизи оптимума растения зацветают быстрее и на фоне ускоренного накопления биомассы, так что «видовая функция» средней особи осуществляется на высоком уровне. Онтогенетический состав популяции и процессы смены поколений чрезвычайно разнообразны и зависят от средней продолжительности жизни особи, от экологических условий и т.п. [4].

Цель исследования: использование календарного возраста растений для интерпретации онтогенетической структуры ЦП грушанки круглолистной *Pyrola rotundifolia* L.

Методика исследования. Объектом исследования были ЦП и надземные раметы *P. rotundifolia* (парциальные побеги или парциальные кусты) различных онтогенетических состояний. Ю.А. Бобров [6] отмечал, что у грушанки круглолистной общая длительность жизни парциального куста составляет 18-23 лет. Для исследования были выбраны ЦП вида в неморальной зоне, подзоне хвойно-широколиственных лесов (в Республике Татарстан). Здесь в условиях долинно-террасных ландшафтов, в сосняке разнотравном, в микропонижении была обнаружена изолированная ЦП вида общей площадью 30 м² - 1 ЦП. Особенность рельефа способствовала тому, что на данном участке совместно произрастали как растения бореальных лесов, так и пойменных лугов. Две другие ЦП были изучены в пределах

Дубровная Светлана Алексеевна, кандидат биологических наук, доцент кафедры ботаники и физиологии растений. E-mail: sdubrovnapaya@inbox.ru

Хуснетдинова Ландыш Завдетовна, кандидат биологических наук, доцент кафедры ботаники и физиологии растений. E-mail: husnetdinova.l@mail.ru

Мавлюдова Ляйля Усмановна, кандидат биологических наук, доцент кафедры ботаники и физиологии растений. E-mail: laila.ma@mail.ru

Галимова Алина Раисовна, студентка

Бикмухаметова Залия Шамилевна, студентка

бореальной лесной зоны в подзоне южной тайги в Республике Мари Эл. Это ЦП в березняке орляковом (2 ЦП) и березняке грушанковом (3 ЦП), расположенном в пойме р. Большая Кокшага. Во всех ЦП исследовались только надземные раметы. Целостность корневищ не нарушалась. Изучение онтогенетической структуры ЦП проводили традиционными методами [7]. Для выявления причин высокой доли участия рамет виргинильного онтогенетического состояния в структуре ЦП изучали процесс вегетативного размножения и анализ календарного возраста рамет. Определение календарного возраста растений проводили на основе анатомических срезов. Срезы изготавливали в основании почвенно-воздушных побегов (рамет). Для грушанки круглолистной показано, что в хорошо развитой ксилеме можно четко выделить участки с крупными сосудами и участки с мелкими сосудами, которые можно сравнить с ранней и поздней древесиной, образующими годичные кольца у древесных форм [8]. В каждой ЦП было проанализировано не менее 30 рамет различных онтогенетических состояний прегенеративного периода, число рамет генеративного периода могло быть 15- 20, что связано с низкой долей цветущих рамет в природных ценопопуляциях. Для оценки интенсивности вегетативного

размножения использовали интегральный показатель – удельную рождаемость ЦП, это отношение числа вновь появившихся растений в сезоне к числу растений, произрастающих на участке [9].

Результаты исследования. Исследования показали, что все ЦП по классификации дельта-омега были молодыми, что связано с высоким участием в онтогенетической структуре особей прегенеративного периода (рис. 1). Доля растений генеративного периода варьировала от 7-18%. Наличие цветущих растений определяло возможность полового процесса. В то же время, единичные проростки были нами обнаружены только в березняке грушанковом, и все растения, изъятые для анализа случайным образом, были вегетативного происхождения. Высокое участие растений прегенеративного периода в структуре ЦП могло быть обусловлено различными причинами. Во-первых, недавним заселением местообитания, что возможно при восстановлении подходящих эколого-ценотических условий, во-вторых, хорошо выраженными процессами вегетативного размножения, в-третьих, медленным развитием растений, что ведет к накоплению в структуре ценопопуляции растений данных возрастных групп [10].

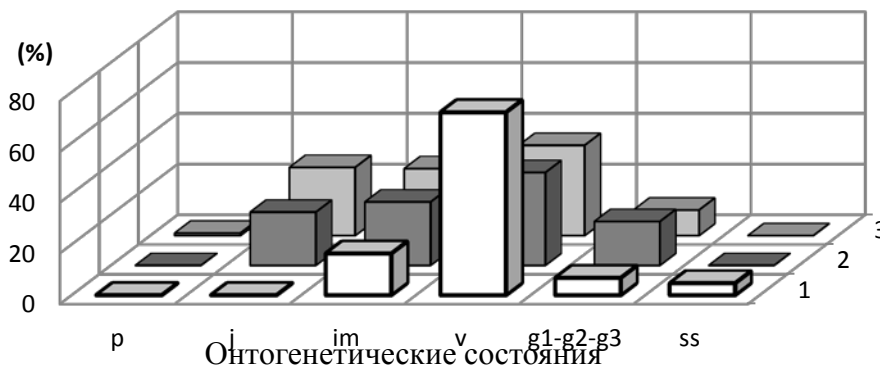


Рис. 1. Онтогенетические спектры ЦП грушанки круглолистной

Основным способом самоподдержания численности всех ЦП было вегетативное размножение. Об интенсивных процессах вегетативного размножения свидетельствует показатель удельной рождаемости (табл. 1). В условиях южной тайги данный показатель варьировал от 0,4 до 0,5. Интенсивность вегетативного размножения в зоне хвойно-широколиственных лесов в сосняке была значительно ниже. В 2017 г. показатель удельной рождаемости был равен нулю.

Анализ спектра календарного возраста показал, что ЦП различаются по преобладающей возрастной группе рамет. В ЦП южной тайги высока доля молодых растений, которые соответствовали имматурному и ювенильному онтогенетическому состоянию, что и определяло высокое участие растений данной онтогенетической группы в спектре (рис. 1, 2). В зоне хвойно-широколиственных лесов

(сосняк разнотравный) отмечалась незначительная доля рамет, чей календарный возраст составил 1-3 года. Даже с учетом возможной погрешности при определении возраста растений непосредственное наблюдение показало, что в сезоне 2017 г. в сосняке раметы не появились вовсе. Учитывая и незначительную долю рамет второго года, можно говорить о затруднениях процесса самоподдержания численности ЦП грушанки в зоне хвойно-широколиственных лесов.

Таким образом, одной из причин высокого участия рамет прегенеративного состояния в онтогенетических спектрах является хорошо выраженный процесс вегетативного размножения. Однако это не объясняет преобладание в онтогенетической структуре ЦП растений виргинильного онтогенетического состояния.

Таблица 1. Изменчивость демографических показателей ценопопуляции *P. Rotundifolia*

Показатели Местообитания	Дельта-Омега	Тип ЦП	g2/v	Удельная рождаемость	Плотность
сосняк разнотравный	0,22-0,39	молодая	0,09	0	8,6
березняк орляковый	0,23-0,45	молодая	0,5	0,4	20
березняк грушанковый	0,21-0,41	молодая	0,3	0,5	33,3

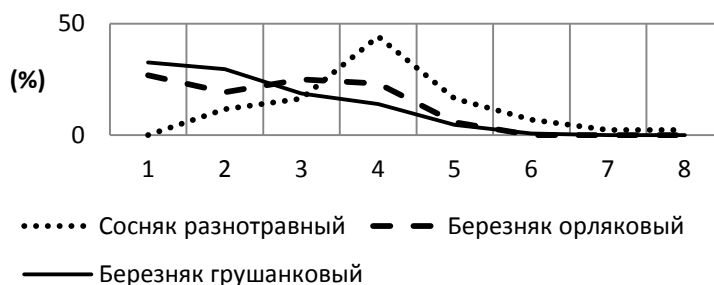


Рис. 2. Соотношение рамет различного календарного возраста в изучаемых ЦП (спектр календарного возраста ЦП)

Анализ календарного возраста рамет виргинильного онтогенетического состояния. Самая многочисленная онтогенетическая группа во всех ЦП – растения виргинильного онтогенетического состояния. Анализ календарного возраста показал, что раметы достигают виргинильного онтогенетического состояния уже на второй год. В условиях светлого березняка грушанкового доля таких

растений составила около 30%, в сосняке разнотравном – немногим более 3%, что говорит о более медленном развитии рамет. Отсутствие двулетних растений виргинильного онтогенетического состояния в березняке орляковом может быть связано как с малым объемом выборки для анализа, так и более медленным развитием растений (рис. 2).



Рис. 3. Соотношение растений виргинильного онтогенетического состояния различного календарного возраста в изучаемых ЦП

В качестве показателя развития растений был проанализирован показатель средний возраст растений виргинильного онтогенетического состояния. Можно отметить, что в березняке грушанковом этот показатель был минимальным (табл. 2) и составил 3 года, в сосняке разнотравном и березняке орляковом средний показатель календарного возраста растений составил 4 года.

Преобладание растений виргинильного

онтогенетического состояния в ЦП связано с длительностью пребывания в данном онтогенетическом состоянии. Максимальное пребывание растений в виргинильном онтогенетическом состоянии отмечалось в сосняке разнотравном – до 7 лет, что может свидетельствовать о затруднении перехода растений в генеративный период (рис. 2). Длительность пребывания рамет в виргинильном онтогенетическом состоянии в березняках

зоны южной тайги не превышала 5 лет. В то же время разница развития растений на границе ареала в условиях сосняка и березняка орлякового зоны южной тайги не выявлена, разница по среднему показателю возраста растений виргинильного онтогенетического состояния между двумя фитоценозами южной тайги была

статистически значима. Это позволяет предположить, что вид в пределах занимаемого ареала приурочен к специфическим местообитаниям, эколого-ценотический условия которых оказывают большее значение на развитие растений и онтогенетическую структуру ЦП.

Таблица 2. Календарный возраст растений виргинильного онтогенетического состояния

Показатели Местообитания	n	Ме- диа- на	Варьи- рование признака (мин-макс)	Доверитель- ный интервал для медианы	p-level парные сравнения
сосняк разнотравный	32	4	2-7	4-5	1/3=0,000002 2/3=0,03
березняк орляковый	29	4	3-5	3-4	
березняк грушанковый	47	3	2-5	2-4	

В условиях березняка грушанкового увеличение календарного возраста сопровождалось последовательным переходом растений в более взрослое онтогенетическое состояние. Разница между календарным возрастом растений различных онтогенетических состояний статистически значима (табл. 3). В то же время, в условиях сосняка разнотравного, разница между календарным возрастом растений виргинильного и средневозрастного онтогенетических

состояний выявлена не была, растения виргинильного и средневозрастного генеративного состояния имели один и тот же календарный возраст. Это позволяет предположить, что условия низкой освещенности лимитируют нормальное развитие растений, а увеличение календарного возраста не способствует к переходу растений в иное онтогенетическое состояние.

Таблица 3. Календарный возраст растений различных онтогенетических состояний в березняке-грушанковом

Показатели Онто- генетические группы	Медиана	Изменчи- вость признака (мин-макс)	Довери- тельный интервал для меди- аны	p-level
j	1	1-2	1-1	(1/2)=0,00014; (2/3)=0,00005; (3/4)=0,00014
im	2	1-5	2-2	
v	3	2-5	2-4	
g2	4	2-6	4-5	

Выводы:

1. Высокая доля растений виргинильного онтогенетического состояния в структуре ЦП может быть обусловлена как интенсивными процессами вегетативного размножения, так и замедленным развитием рамет. Так, в сосняке разнотравном преобладание растений виргинильного онтогенетического состояния связано с замедленным развитием, в березняке орляковом и березняке грушанковом – интенсивными процессами вегетативного размножения, быстрым переходом в виргинильное онтогенетическое состояние.

2. При отсутствии стационарных наблюдений за развитием маркированных растений, определение календарного возраста растений различных онтогенетических состояний может способствовать корректной интерпретации онтогенетической структуры ЦП.

3. В ЦП *P. rotundifolia*, существующей на границе ареала, наблюдаются затруднения поддержания численности на основе процессов полового и

вегетативного размножения, а потому неконтролируемый сбор растительного сырья может привести к исчезновению ЦП.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Олейникова, Е.М. Стержнекорневые травы юго-востока средней России: автореф. дис... д.б.н. – Воронеж, 2015. 43 с.
2. Фардеева, М.Б. Экологические и биоморфологические закономерности пространственно-онтогенетической структуры популяций растений, динамика и мониторинг: автореф. дис... д.б.н. – Казань, 2014. 48 с.
3. Работнов, Т.А. Вопросы изучения состава популяций для целей фитоценологии // Проблемы ботаники. 1950. Вып. 1. С. 465-483.
4. Завадский, К.М. Вид и видообразование. - Л.: Наука, 1968. 396 с.
5. Уранов, А.А. Жизненное состояние вида в растительном сообществе // Бюл. МОИП. Отд. биол. 1960. Т. 65. Вып. 3. С. 77-92.
6. Бобров, Ю.А. Грушанковые России. Монография. – Киров: ВятГУ, 2009. 137 с.

7. Животовский, Л.А. Онтогенетические состояния, эффективная плотность и классификация популяций растений // Экология. 2001. № 1. С. 3-7.
8. Современные подходы к описанию структуры растении / Под ред. Н.П. Савиных, Ю.А. Боброва. Монография. – Киров: ООО «Лобань», 2008. 355 с.
9. Гиляров, А.М. Популяционная экология. Учеб. пособие. - М.: Изд-во МГУ, 1990. 191 с.
10. Дубровная, С.А. Жизненный цикл и регенерационные ниши травянистых растений в лесных сообществах // Сибирский лесной журнал. 2016. № 3. С. 24-33.

ANALYSIS OF THE CALENDAR AGE OF (*PYROLA ROTUNDIFOLIA* L.) RAMETS AT INTERPRETATION OF ONTOGENETIC STRUCTURE SPECIES

© 2017 S.A. Dubrovная, L.Z. Husnetdinova, L.U. Mavlyudov, A.R. Galimova,
Z.Sh. Bikmukhametova

Kazan (Volga) Federal University

The ontogenetic structure of pricing of *Pyrola rotundifolia* had been studied. It is shown that a high proportion of plants of the virginal ontogenetic state in the structure of the coenopopulation can be caused both by delayed development of plants and by intensive vegetative propagation processes, during which a systematic replenishment of the cenopopulation with young ramets is noted. The chronological age of plants can be used to correctly interpret the ontogenetic structure of the coenopopulation. An increase in the chronological age, accompanied by a gradual transition of plants to a more adult ontogenetic state, may indicate normal plant development. The increase in the length of the stay of the ramet in the virginal ontogenetic state, the correspondence of the chronological age of the plants of the virgin and mid-generation generative state is associated with difficulties in the transition of plants to flowering.

Key words: *Pyrola rotundifolia*, ontogenetic structure, coenopopulation, chronological age, ramet

Svetlana Dubrovная, Candidate of Biology, Associate
Professor at the Department of Botany and Plants
Physiology. E-mail: sdubrovная@inbox.ru

Landysh Khusnetdinova, Candidate of Biology, Associate
Professor at the Department of Botany and Plants
Physiology. E-mail: husnetdinova.l@mail.ru

Lyayla Mavlyudova, Candidate of Biology, Associate
Professor at the Department of Botany and Plants
Physiology. E-mail: laila.ma@mail.ru

Alina Galimova, Student

Zaliya Bikmukhamedova, Student

УДК 582.736+574.24/58.056(517.56-13) + 543.544.943.3

ЭКОЛОГО-БИОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ РАСТЕНИЙ РОДА *TRIFOLIUM* L., ПРОИЗРАСТАЮЩИХ В ЮЖНОЙ ЯКУТИИ (НА ПРИМЕРЕ Г. НЕРЮНГРИ)

© 2017 Н.В. Зайцева, И.А. Погуляева

Северо-Восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова, г. Якутск

Статья поступила в редакцию 27.04.2017

Химический состав *T. pratense* в условиях г. Нерюнгри довольно беден. Вещества не обладают достаточно выраженной оптической активностью. В основном это соединения начальной стадии синтеза флавоноидов – оксикоричные кислоты и кумарины. В составе экстрактов *T. hybridum* определяются оксикоричные кислоты, флавоноиды (5 пятен), сапонины (5 пятен), гликозиды, иридоиды, производные катехина, поли- и монофенолы. Из 4-х видов клевера, растущих в г. Нерюнгри и в Нерюнгринском районе, наиболее адаптирован к условиям Южной Якутии клевер ползучий, который находится в состоянии активной экспансии. Примерная последовательность видов от более устойчивого к менее устойчивому в условиях г. Нерюнгри: *T. repens* – *T. lupinaster* – *T. hybridum* – *T. pratense*.

Ключевые слова: Южная Якутия, клевер луговой, клевер гибридный, клевер люпиновый, клевер ползучий, химический состав, тонкослойная хроматография

Цель исследования: оценить адаптационные возможности растений рода *Trifolium* к условиям Южной Якутии по особенностям химического состава представителей этой группы, произрастающих в г. Нерюнгри, в связи с возможностью их применения для создания искусственных ландшафтов в данном регионе. В отношении растений, произрастающих в Нерюнгринском районе такие исследования проведены впервые.

Метод исследования – анализ экстрактов посредством тонкослойной хроматографии.

Объекты исследования. Объектом исследования являются представители городских популяций 4-х видов клевера: клевер луговой *Trifolium pratense* L.; к. ползучий *T. repens* L. (syn.: *Amoria repens* (L.) C. Presl); к. люпиновидный *T. lupinaster* L. (syn.: *Lupinaster pentaphyllus* Moench.); к. гибридный *T. hybridum* L. (syn.: *Amoria hybrida* (L.) C. Presl).

Растения рода Клевер (*Trifolium* L.) семейства Бобовых (*Fabaceae* Lindl.) представляют особый интерес для практической деятельности в связи с той ролью, которую они могут играть в искусственно создаваемых травянистых сообществах [10, 12, 25]. Именно растения рода Клевер, в первую очередь, применяют для восстановления плодородия пашен, рекультивации техногенных экотопов, при создании газонов, кормовых угодий [3, 4, 8, 18, 21, 26, 35, 39]. Кроме того, клевера – ценные кормовые и медоносные растения, обладают декоративными качествами, а также могут быть использованы в лечебных целях [24, 25, 27].

Южная Якутия (ЮЯ), расположенная в пределах Алданского нагорья, характеризуется резко континентальным холодным климатом, коротким и дождливым летом, кислыми маломощными

почвами [30]. Как указывают классические источники [15], основу растительного покрова в регионе составляют лиственничные и сосновые леса, а также еловые долинские формации. Тем не менее, особенности географического расположения Нерюнгринского района (одного из административных районов, отнесенных к ЮЯ), горный характер местности, густая гидрологическая сеть предопределили наличие здесь большого количества микроландшафтов и соответствующих им растительных сообществ. Свой вклад в формирование растительного покрова ЮЯ в Нерюнгринском районе вносит деятельность по индустриальному освоению данного региона. Создание промышленных объектов (это, в основном, горнодобывающие предприятия) и строительство сопутствующих им населенных пунктов привели к возникновению антропогенных ландшафтов, заселение которых растениями происходит практически заново, за счет семян, привнесенных извне. Источником антропогенной растительности в г. Нерюнгри также являются деятельность по благоустройству придомовых территорий, создание защитных полос вдоль автомобильных трасс и кормовых угодий возле животноводческих комплексов.

В настоящий момент на селитебных территориях ЮЯ наблюдается процесс формирования растительности, представляющей собой конгломерат видов местной и инорайонной, рудеральной и культурной флор. Следствием создания искусственных ценозов также стало присутствие в антропогенных растительных сообществах ЮЯ представителей рода *Trifolium*, которые находятся в разной степени адаптированности к климату и почвам региона. В пределах г. Нерюнгри, Нерюнгринского и Алданского районов нами встречены 4 вида рода *Trifolium*: *T. pratense* L., *T. repens* L. (syn.: *Amoria repens* (L.) C. Presl); *T. hybridum* L. (syn.: *Amoria hybrida* (L.) C. Presl); *T. lupinaster* L. (syn.: *Lupinaster pentaphyllus* Moench.).

Зайцева Наталья Владимировна, кандидат сельскохозяйственных наук, заведующая отделом природной флоры Ботанического сада. E-mail: nz_detetra@mail.ru
Погуляева Ирина Александровна, кандидат биологических наук, доцент кафедры общеобразовательных дисциплин. E-mail: irawalker@rambler.ru

Методы исследования и характеристика района исследования.

Климат и почвы Южной Якутии. ЮЯ – географическая зона, которая расположена между 56-й и 63-й параллелями северной широты в пределах Республики Саха (Якутия) [5, 30]. Занимает Алданское нагорье и северные отроги Станового хребта в пределах региона. Ее климат характеризуется как резко континентальный, холодный и влажный. Среднегодовая температура воздуха ... -7°C, размах температур по сезонам: от -45°C зимой до +35°C летом [1, 5, 28]. Вегетационный период здесь длится от 80 до 100 дней (с середины мая по середину сентября), причем в течение всего этого времени возможно вторжение арктических воздушных масс, влекущих за собой понижение температуры воздуха, в т. ч. заморозки и осадки в виде града и снега. Снежный покров держится 223 дня в году [28]. Низкие зимние температуры и длительный морозный период являются важнейшими лимитирующими факторами для выращивания тех или иных видов культурных многолетних растений. Также к особенностям климата ЮЯ можно отнести умеренно теплое (средние температуры июля: +15...+16 °C), пасмурное и дождливое лето. Максимум осадков в Нерюнгринском районе приходится на июль-август (до 350 мм за сезон) [28]. Количество дождливых дней за летний период составляет не менее 50. Как правило, дожди носят морозящий характер, а это формирует высокую влажность воздуха и почвы.

Горный характер ландшафта, наличие мерзлоты и высокая степень влажности климата ($KV > 1,5$) обуславливают специфику почвообразовательных процессов: основная масса почв ЮЯ характеризуется малой мощностью, грубым разложением органической массы, кислой реакцией почвенной среды, низким содержанием питательных веществ [32]. Для региона характерно широкое распространение почв подзолистого типа, подбуров и болотных торфяников [1]. Город Нерюнгри – административный центр одного из трех районов, отнесенных к Южной Якутии. Его географические координаты: 56°66' с.ш., 124°71' в.д.; высота над уровнем моря – 847 м [22].

Методы сбора и фиксации растительного материала. Растительный материал для исследований (верхушки побегов) собирали на земельном участке Технического института (филиала) Северо-Восточного федерального университета в г. Нерюнгри во время цветения, в солнечную погоду, перебирали, измельчали, раскладывали тонким слоем на жаровочных листах. Выдерживали в течение 30 мин. при 80 °C в сушильном шкафу, после чего досушивали при комнатной температуре в проветриваемом помещении.

Подготовка проб к анализу, приготовление экстрактов. Перед проведением исследований растительный материал растирали в ступке и просеивали через сито с диаметром отверстий 1 мм. Аналитические пробы выделяли методом квартования

согласно ГОСТ 24027.0-80 [11]. Перед началом исследования пробы досушивали до абсолютно сухого состояния, при 60°C. Из подготовленной пробы на аналитических весах отвешивали навеску в 5 г с точностью до 0,01 г, которую помещали в стеклянный бюкс. К пробе добавляли 50 мл 70% спирта и оставляли на сутки (24 часа) для экстракции. Периодически экстракты взбалтывали. Через 24 часа содержимое бюксов сливали через фильтры в чистые емкости. Из отфильтрованных экстрактов отбирали пробы в 10 мл, которые затем упаривали при медленном нагревании на электрической плитке до объема в 1 мл. Такие концентрированные экстракты использовали для дальнейших исследований.

Технология проведения анализа химического состава экстрактов растений методом тонкослойной хроматографии. В качестве носителя использовали пластины для тонкослойной хроматографии «Sorbfil» (ПТСХ-АФ-А-УФ). Пятна («в полоску») исследуемых экстрактов наносили на линию старта посредством капилляров. В качестве растворителя использовали смесь: н-бутанол, уксусная кислота и дистиллированная вода (БУВ) в соотношении 4:1:5. Хроматографирование проводили в восходящем токе растворителя при комнатной температуре. После того как пластинку извлекали из хроматографической камеры, ее подсушивали в течение 20 мин в сушильном шкафу при $t=105^{\circ}\text{C}$. Затем хроматограмму обрабатывали одним из следующих детекторов: а) 1%-ный раствор ванилина в концентрированной серной кислоте (ванилин-серный реактив, VSR); б) 5%-ный раствор хлорида алюминия ($\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) в этаноле; в) 5% раствор гидроксида калия (KOH) в этаноле; г) 1 %-ный водный раствор сульфата железа (II) (FeSO_4). Готовые хроматограммы просматривали в видимом и ультрафиолетовом свете при длинах волн 254 и 356 нм. Идентификацию веществ проводили в соответствии со сведениями, представленными в изданиях [7, 19, 37, 40].

Результаты и обсуждение.

Оценка состояния растений клевера (популяции в г. Нерюнгри, Нерюнгринском районе).

Клевер луговой (*T. pratense* L.). В г. Нерюнгри распространение этого растения ограничено газонами, лугами на месте бывших поселков. Экспансии не проявляет, но и из посевов не выпадает. Ведет себя как многолетняя культура. Состояние после зимовки удовлетворительное. Весной ботва отрастает долго, вид болезненный. Переход к активной вегетации наблюдается с середины июня. Фаза цветения у этого вида начинается позже по сравнению с другими видами клевера, примерно с середины июля, и длится до первых заморозков в конце августа – первой декаде сентября (табл. 1, 2). Массовое цветение растений наблюдается после 20-х чисел июля. Переход к состоянию зимовки в начале сентября после первых заморозков. Семенное возобновление затруднено в связи с поздним цветением.

Таблица 1. Сроки цветения клеверов в г. Нерюнгри (2013-2016 гг.)

Вид	Наступление фазы цветения								
	2013 г.			2015 г.			2016 г.		
	нач.	масс.	конец	нач.	масс.	конец	нач.	масс.	конец
<i>T. hybridum</i>	26.06	01.07	15.08	02.07	05.07	11.08	04.07	09.07	17.08
<i>T. lupinaster</i>	01.07	10.07	17.08	03.07	07.07	07.08	07.07	13.07	15.08
<i>T. pratense</i>	05.07	12.07	24.08	03.07	09.07	19.09	07.07	13.07	10.09
<i>T. repens</i>	11.06	13.06	25.08	13.06	21.06	17.08	17.06	03.07	27.08

Таблица 2. Продолжительность фенофаз у клеверов в г. Нерюнгри (2013-2016 гг.)

Вид	Продолжительность периода, дни							
	«начало вегетации – начало цветения»				«начало цветения – окончание цветения»			
	2013 г.	2015 г.	2016 г.	среднее	2013 г.	2015 г.	2016 г.	среднее
<i>T. hybridum</i>	30	32	34	32,0±1,15	44	40	44	42,7±1,33
<i>T. lupinaster</i>	33	33	35	33,7±0,67	38	35	39	37,3±1,20
<i>T. pratense</i>	37	34	40	36,7±2,33	50	78	65	64,3±8,09
<i>T. repens</i>	16	18	21	18,3±1,45	70	65	71	68,7±1,85

Клевер ползучий (*T. repens*, *Amoria repens*). Присутствие этого вида на территории г. Нерюнгри и в его окрестностях мы объясняем применением газонных травосмесей (семян) для озеленения. В настоящее время вид хорошо адаптирован к условиям ЮЯ, находится в состоянии экспансии. Встречается как на газонах, так и на пустырях, галечниках, на опушках сосновых лесов. В засушливых условиях (например, летом 2015 г.) выходит в доминирующее состояние, особенно в нарушенных или неоптимально организованных лугоподобных сообществах. В этом случае дает значительную вегетативную массу в виде обширных пятен и обильное цветение. Состояние массового цветения – со второй половины июня (табл. 1, 2). Цветет до наступления заморозков. Новые территории захватывает как путем распространения семян, так и за счет роста и укоренения побегов. Сорничает на клумбах.

Клевер гибридный (*T. hybridum*, *Amoria hybrida*) посеян нами при закладке площадки по изучению восстановления почвенного плодородия биологическими методами. Встречен только в г. Нерюнгри, на земельном участке возле филиала СВФУ. Экспансии не проявляет. Вегетирует относительно обильно, цветет с начала июля. В лугоподобных сообществах постепенно вытесняется дерновинными злаками, но дает обильную массу на незаселенных растениями местах, например, вдоль обочин тротуаров, между плитами в покрытии дорожек, в трещинах асфальта. Семена вызывают только в условиях теплового солнечного лета.

Клевер люпиновидный (*T. lupinaster*, *Lupinaster pentaphyllus*). Отмечается как дикорастущий вид для Сибири, Дальнего Востока, Китая, Японии. Обитает в суходольных, долинных, лесных лугах, в луговых степях, разреженных лесах, на опушках, по берегам рек, залежам [2, 34]. В г. Нерюнгри встречен на лугах и газонах, созданных способом покрытия дернинами, снятыми с лугов возле птицефабрики. Происхождение, скорее всего, искусственное, но посеян на территории района довольно давно и в настоящий момент «сбежал» в одичалые растительные сообщества на месте быв-

ших поселков и заброшенных техногенных экотопов. Находится в состоянии биологического равновесия, возобновляется, но активной экспансии не проявляет. Встречается единично на газонах, относительно обильно – на заброшенных территориях бывших поселков, по обочинам дороги М-56 «Лена» (на участке «Томмот – Большой Нимныр»). Период массового цветения – с середины июля до середины августа (табл. 1). Особенность данного вида клевера – относительно короткий период цветения (табл. 2), весенне-летнезеленый феноритмотип, что позволяет этому виду «вписаться» при прохождении жизненного цикла в особенности сезонов ЮЯ [13, 17, 29]. Краткое по срокам, дружное цветение характеризует виды северной флоры, следовательно, *T. lupinaster* является видом, в высокой степени адаптированным для регионов с коротким вегетационным периодом.

Таким образом, из 4-х видов клевера, представленных в г. Нерюнгри и в Нерюнгринском районе, наиболее адаптирован к условиям ЮЯ клевер ползучий, который находится в состоянии активной экспансии, чему также способствуют современные изменения в климате региона. Наименее устойчив клевер луговой, популяции которого создаются здесь искусственно. Примерная последовательность видов от более устойчивого к менее устойчивому в условиях г. Нерюнгри: *T. repens* – *T. lupinaster* – *T. hybridum* – *T. pratense*.

Особенности химического состава клеверов, произрастающих в г. Нерюнгри.

Анализ источников информации показывает, что наиболее детально изучен химический состав *T. pratense*. В стеблях и листьях этого растения содержатся [16, 20, 33, 38]: эфирное и жирное масла, дубильные вещества, гликозиды трифолин и изотрифолин, органические кислоты (п-кумаровая, салициловая, кетоглутаровая), ситостеролы, изофлавоны, смолы, витамины (аскорбиновая кислота, рутин, тиамин, рибофлавин, фолиевая кислота, каротин, токоферол), белок, жиры, свободные аминокислоты, клетчатка, безазотистые экстрактивные вещества, соли кальция и фосфора. В цветках най-

дены флавоны и флавонолы (кемпферол, кверцетин, пратолетин, изорамнетин и др.), флавоноиды (гиперозид, гомопизатин, изокверцитрин, лютеолин, маакиаин и др.), изофлавоны (генистеин, формонетин и др.), бензойный альдегид, кумарин, формонетин, октакозанол, триакантанол, лотаустралин, линамарин, пинен, пинитол, куместрол, меллиссая кислота, гесперидин, дафноретин, гистамин, трифолиоил, гераниол, бикумол, ситостерол, медикагол, умбеллиферон, аденин, ксантин и

гипоксантин, линалоол, тритерпеновые сапонины, фенолы (гвайакол, генол). Выявлено более 60 компонентов, а вместе с их производными – более 160 видов веществ (табл. 3). К сожалению, химический состав остальных изучаемых нами видов клеверов известен в меньшей степени. Особенно мало сведений о химическом составе *T. lupinaster*. Так, в клевере люпиновом по сведениям [31, 9] содержится только 6 химических компонентов.

Таблица 3. Химический состав представителей рода клевер [31, 9, 14, 23]:

Группы веществ	Количество видов веществ по группам в растительном сырье			
	<i>T. pratense</i>	<i>T. repens</i>	<i>T. hybridum</i>	<i>T. lupinaster</i>
терпеноиды	9	22	3	-
каротиноиды	2	-	-	-
бензол и его производные	5	5	4	-
фенолы и их производные	7	7	7	-
фенолкарбоновые кислоты и их производные	7	4	1	1
кумарины	2	4	-	-
куместаны	1	2	-	-
флавоноиды и их производные	61	21	13	5
птерокарпаны	3	1	-	-
алифатические спирты, альдегиды, кетоны	42	25	25	-
производные фурана	1	1	1	-
органические кислоты	16	9	-	-
азотсодержащие соединения	4	4	4	-
цианогенные гликозиды	---	2	2	-
Всего:	160	107	60	6

Результаты нашего исследования показывают, что растения клевера лугового не отличаются разнообразием в своем химическом составе. Всего на хроматограммах нами выявлено 8-9 неясно выраженных пятен, дающих при УФ₃₂₅ освещении слабую голубую флуоресценцию, что позволяет отнести их к группе веществ «кумарины, оксикоричные кислоты» (рис. 1). Наиболее крупными и ярко выраженными пятнами являются пятно № 5 ($R_f = 0,58-0,73$) и пятно № 9 на уровне фронта растворителя. Флуоресцирующие пятна усиливают свое свечение при обработке хроматограмм растворами щелочи и хлорида алюминия (признак кумаринов и оксикоричных кислот). Некоторые из пятен ($R_f = 0,58-0,72; 0,82$) под воздействием этих реактивов изменили цвет флуоресценции на желто-зеленый, что позволяет отнести вещества к группе флавоноидов.

На хроматографической дорожке, обработанной ванилин-серным реактивом (VSR), имеется два пятна сине-зеленого цвета (пятна № 2 и 3), что говорит о присутствии в экстрактах таких веществ, как сапонины или стероидные гликозиды. Это подтверждается пробами на пенообразование. Высота устойчивой пены при взбалтывании экстракта *T. pratense* составляла 15 мм. Три пятна в средней части дорожки окрашены в желто-коричневые тона, очень светлые (флавоноиды). В самой верхней части хроматограммы обнаружено неширокое яркое

сиренево-фиолетовое пятно (соответствует веществам монофенольной природы).

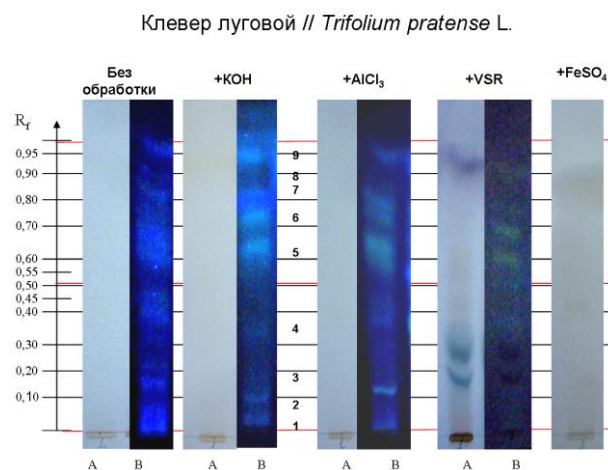


Рис. 1. Фотоизображения хроматограмм экстрактов *T. pratense*, собранного в г. Нерюнгри: А) в дневном свете; В) в УФ лучах с длиной волны 325 нм

Таким образом, химический состав клевера лугового в условиях г. Нерюнгри довольно беден. Вещества не обладают достаточно выраженной оптической активностью. В основном это соединения начальной стадии синтеза флавоноидов – оксикоричные кислоты и кумарины. Состав флавоноидов

минимален (3-4 пятна). Установлено присутствие сапонинов (поверхностно активных веществ), но их количество также невелико по сравнению с химическим составом других видов клевера, изученных в данной работе. Следовательно, относительно небольшое количество выявленных веществ не обеспечивает растениям эффективную адаптацию к условиям ЮЯ и, прежде всего, к факторам высокогорья. Либо условия высокогорья, супрессируя растения *T. pratense*, не позволяют им в достаточной степени реализовать свой биосинтетический потенциал.

На хроматограммах клевера гибридного выявлено до 14 пятен оптически активных веществ (рис. 2). В УФ₃₂₅ свете они флуоресцируют бледно-голубым, ярко-голубым или зеленым цветом. Яркая бело-голубая флуоресценция характерна для пятен № 10 ($R_f=0,55-0,61$ – кумарин) и № 13 ($R_f=0,96$ – кофейная кислота). Пятно № 8 ($R_f=0,33-0,44$) – крупное протяженное, хорошо определяемое после обработки хроматограммы раствором хлорида алюминия по яркой зелено-голубой флуоресценции – скорее всего, гликозид лютеолина. Рядом с ним, чуть ниже (пятно № 7) – рутин. Очень яркую голубую флуоресценцию после обработки раствором КОН приобретает пятно № 2 с $R_f = 0,09-0,11$, - признак вещества группы кумаринов. В нижней части трека, обработанного VSR, можно видеть сиреневое и сине-фиолетовое пятна (иридоиды), 5-6 пятен зеленого цвета (сапонины), 4 пятна светло-коричневого цвета (флавоноиды), красно-коричневое пятно с $R_f = 0,83$ (производное катехинов) и сиренево-фиолетовое узкое пятно в районе фронта растворителя (монофенолы). Присутствие сапонинов подтверждается образованием устойчивой пены при взбалтывании экстракта *T. hybridum*, высота которой составляла 15 мм.

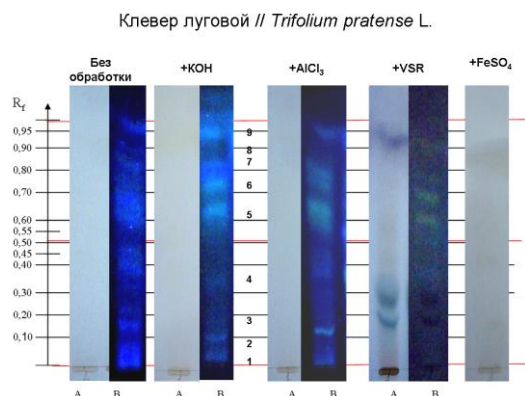


Рис. 2. Фотоизображения хроматограмм экстрактов *T. hybridum*, собранного в г. Нерюнгри: А) в дневном свете; В) в УФ лучах с длиной волны 325 нм

Клевер люпиновый (*T. lupinaster*). О его высокой биосинтетической активности можно судить по результатам хроматографического анализа - на хроматограммах экстракта этого растения в УФ₃₂₅ визуализируется до 15 слабофлуоресцирующих пятен (рис. 3), причем есть пятна, флуоресцирующие темно-синим цветом (феруловая кислота,

кумарины). Обработка хроматограммы КОН усилила свечение пятен в нижней части трека. Особенно ярким желто-зеленым свечением выделяется пятно № 7 ($R_f=0,19-0,35$), соответствующее гликозиду лютеолина. Пятна № 6 и 8 имеют черно-синюю флуоресценцию. Эти же пятна хорошо просматриваются на дорожке в видимом свете благодаря желто-коричневому окрашиванию (кумарины). На хроматограмме, обработанной спиртовым раствором хлорида алюминия, 5 пятен приобрели желто-зеленое свечение: пятно № 7 ($R_f=0,19-0,35$), № 9 ($R_f=0,45$), № 10 ($R_f=0,57$), № 13 ($R_f=0,72$), № 14 ($R_f=0,81$), что свидетельствует об их флавоноидной природе. Наиболее вероятно, что этим пятнам соответствуют следующие вещества: лютеолин-гликозид, гиперозид, кверцитин, астрагалин и кемпферол. Пятна № 5 и 6 имеют темно-оливковое свечение (соответствуют кумаринам на треке, обработанном КОН). Много флуоресцирующих веществ в нижней части трека (голубая и бело-голубая флуоресценция) – гликозиды фенолкарбоновых кислот, кумаринов, флавоноидов. На хроматограмме, обработанной VSR, в нижней части трека фиксируется узкое сине-зеленое пятно с $R_f=0,13$ (иридоид) и 8 пятен, окрашенных в коричневые цвета (флавоноиды).

Следовательно, растения *T. lupinaster* в условиях г. Нерюнгри находятся в активном биосинтетическом состоянии. В составе его экстрактов выявлено более 15 оптически активных веществ, в том числе 6 веществ группы флавоноидов. Особенно noteworthy «химического портрета» этого растения является наличие крупного пятна с яркой желто-зеленой флуоресценцией с $R_f=0,23-0,36$, присутствие иридоидов и отсутствие сапонинов.

Клевер люпиновидный // *Trifolium lupinaster* L.

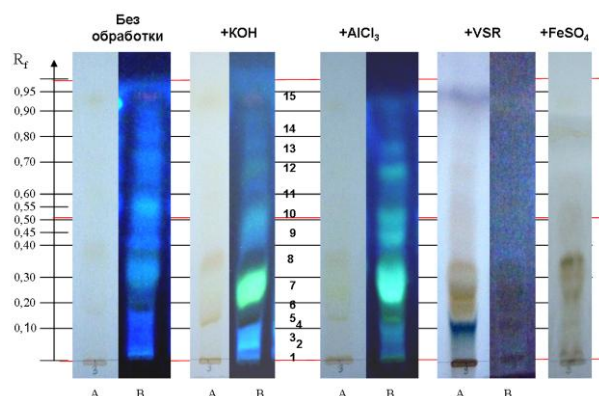


Рис. 3. Фотоизображения хроматограмм экстрактов *T. lupinaster*, собранного в г. Нерюнгри: А) в дневном свете; В) в УФ лучах с длиной волны 325 нм

Клевер ползучий. Хроматограмма экстракта в УФ свете представляет собой дорожку, слабо флуоресцирующую голубым цветом. Самыми яркими являются пятна с $R_f = 0,58$ и 1,00. Всего визуализируются 11 бледно-голубых пятен (рис. 4). Наибольшее количество пятен (18) отмечено на хроматограмме, обработанной КОН. Пятна имеют голубую

(оксикоричные кислоты), синюю и черно-синюю (кумарины), желто-зеленую (флавоноиды) флюоресценцию. После обработки хроматограмм раствором хлорида алюминия 6 пятен изменили цвет флюоресценции на желто-зеленый (флавоноиды). VSR способствовал окрашиванию трека в разноцветные пятна. Пятно № 4 – ярко-синее, узкое, неровное (иридоид). Пятна № 5, 6, 7 – сине-зеленого цвета (сапонины). Четыре пятна в средней и верхней части трека – желто-коричневого цвета (флавоноиды). Пятно на фронте растворителя – серо-сиреневое (монофенолы).

Таким образом, экстракт клевера ползучего является наиболее насыщенным веществами (более 18 пятен), но большинство из них, также как у клевера лугового, представляют собой начальные этапы синтеза флавоноидов. Результаты наших исследований можно свести в таблицу (табл. 4).

Таблица 4. Химический состав представителей рода клевер, произрастающих в г. Нерюнгри

Группы веществ	Количество видов веществ по группам в растительном сырье			
	<i>T. pratense</i>	<i>T. repens</i>	<i>T. hybridum</i>	<i>T. lupinaster</i>
кумарины	1	4	2	2
оксикоричные кислоты	3	5	2-3	3-6
флавоноиды	4	6	5	8
монофенолы	1	1	1	1
сапонины	2	3	5	-
иридоиды	-	1	1	1
катехины / антоцианидины	-	-	1	-
Всего:	12	19	17-18	15-18

Выводы: 4 вида клевера, произрастающих в г. Нерюнгри, находятся в разной степени адаптации к условиям ЮЯ, что можно оценить как по состоянию их витальности и активности в фитоценозах, так и по результатам синтетической деятельности растений [6, 36]. «Биохимический портрет» растения вполне адекватно отражает состояние растения в конкретных экологических условиях и может служить ценной информацией о возможностях его адаптации как в настоящий момент, так и в будущем. На основании этой информации можно устанавливать закономерности взаимодействия растений с окружающей средой, делать отбор видов для различных практических целей.

В условиях ЮЯ для рекультивации, улучшения почвенных условий, создания газонов, озеленения придомовых территорий предпочтение следует отдавать клеверам видов *T. repens*, *T. lupinaster*, *T. hybridum*. *T. lupinaster* может служить сырьем для получения лекарственных препаратов. С этой точки зрения данный вид заслуживает более пристального внимания исследователей-биохимиков. *T. pratense* хоть и обладает декоративной привлекательностью, но в г. Нерюнгри находится в ослабленном состоянии и потребует дополнительных усилий для своего возделывания. Его ценность в качестве лекарственного сырья также довольно низка.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Атлас сельского хозяйства Якутской АССР. – М.: ГУТК СССР, 1989. 116 с.

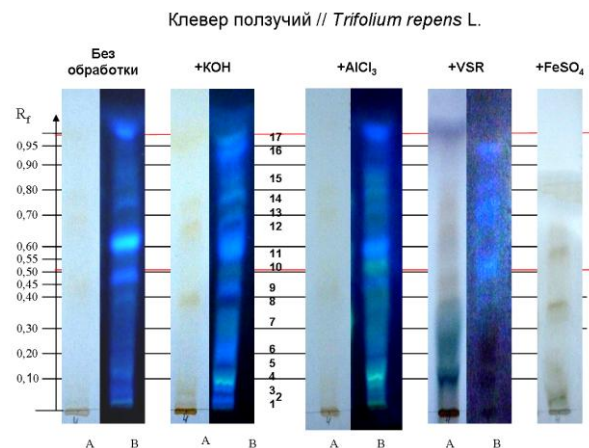


Рис. 4. Фотоизображения хроматограмм экстрактов *T. repens*, собранного в г. Нерюнгри: А) в дневном свете; В) в УФ лучах с длиной волны 325 нм

2. Афонин, А.Н. Агроэкологический атлас России и сопредельных стран: экономически значимые растения, их вредители, болезни и сорные растения / А.Н. Афонин, С.Л. Грин, Н.И. Дзюбенко, А.Н. Фролов // [DVD-версия]. 2008. – URL: <http://www.agroatlas.ru> (дата обращения: 04.04.2017)

3. Богданов, В.Л., Шмелева, И.В., Мухина, Л.Б., Дмитриева, Е.Ю. Ускоренное восстановление растительности на загрязненных нефтепродуктами дерново-подзолистых почвах (на примере Ленинградской области) // Региональная экология. 2004. № 3-4. С. 136-144.

4. Борисова, Е.Е. Роль клевера лугового в экологизации и биологизации земледелия // «Символ науки». 2016. №4. С. 56-61.

5. Быкадорова, Т.К. Физико-географический обзор Южной Якутии // Нерюнгринский район: история, культура, фольклор. – Якутск: Биичик, 2007. С. 14-22.

6. Высочина, Г.И. Биохимические подходы к познанию биоразнообразия растительного мира // Сибирский экологический журнал. 1999. Т. 3. С. 207-211.

7. Георгиевский, В.П. Биологически активные вещества лекарственных растений / В.П. Георгиевский, Н.Ф. Комисаренко, С.Е. Дмитрук. – Новосибирск: Наука СО, 1990. 337 с.

8. Голованов, А.И. Рекультивация нарушенных земель: учебник. – Лань, 2015. 336 с.

9. Головкин, Б.Н. Биологически активные вещества растительного происхождения / Б.Н. Головкин, Р.Н. Руденская, И.А. Трофимова, А.И. Шретер // В 3-х т. – М.: Наука, 2001. 1014 с.

10. Горбкова, Е.В. Клевер с древнейших времен и до наших дней // Научная мысль. 2016. №2. С. 19-21.

11. ГОСТ 24027.0-80 «Сырье лекарственное растительное. Правила приемки и методы отбора проб»

12. Гринась, М.Н. Основные методы и результаты адаптивной селекции клевера лугового (*Trifolium pratense* L.) в условиях Северо-Востока Нечерноземной зоны России: Дис. ... канд. с.-х. наук. – Киров, 2003. 211 с.
13. Данилова, Н.С. Сезонное развитие видов рода *Trifolium* s.l. при интродукции в Центральной Якутии / Н.С. Данилова, П.А. Павлова // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2013. №5 (103). С. 92-95.
14. Дренин, А.А. Флавоноиды и изофлавоноиды трех видов растений рода *Trifolium* L. и *Vicia* L.: автореф. дис. ... канд. хим. наук. – Сургут, 2008. 24 с.
15. Жизнь растений. Том 1 / под ред. Н.А. Красильникова и А.А. Уранова. – М.: Просвещение, 1974. С. 5-15.
16. Казаринова, Н.В. Лекарственные растения Сибири для лечения сердечно-сосудистых заболеваний / Н.В. Казаринова, М.Н. Ломоносова, В.М. Триль и др. – Новосибирск: Наука СО РАН, 2001. 240 с.
17. Калинин, В.А. Становление жизненной формы *Trifolium lupinaster* L. в онтоморфогенезе // Вестник КрасГАУ. 2011. №1 С. 49-53.
18. Капустин, Н.И. Почвоулучшающее и продукционное значение клевера лугового северо-западном регионе / Н.И. Капустин, Н.А. Медведева, М.Л. Прозорова // Молочнохозяйственный вестник. 2015. №2(18). С. 20-28.
19. Корулькин, Д.Ю. Природные флавоноиды / Д.Ю. Корулькин, Ж.А. Абилов, Р.А. Музычкина, Г.А. Толстиков. – Новосибирск: академич. издание «ГЕО», 2007. 232 с.
20. Минаева, В.Г. Лекарственные растения Сибири. – Новосибирск: Наука СО, 1991. 431 с.
21. Мухаярова, Е.И. Подбор и использование травосмесей оптимального состава для проведения биологической рекультивации на территории СЗФО // Наука и технологии трубопроводного транспорта нефти и нефтепродуктов. 2014. № 4 (16). С. 98-103.
22. Нерюнгринский район / Карты Яндекс - URL: <https://yandex.ru/maps/?source=morda&ll=125.176302%2C57.542379&z=12> (дата обращения: 04.04.2017).
23. Новиков, О.О. Изучение флавоноидного состава цветков клевера лугового / О.О. Новиков, Д.И. Писарев, В.Н. Сорокопудов и др. // Научные ведомости БелГУ. Серия Естественные науки. 2010. № 21 (92). Выпуск 13. С. 113-117.
24. Новоселов, М.Ю. Клевер луговой (*Trifolium pratense* L.) // Основные виды и сорта кормовых культур. Итоги научной деятельности Центрального селекционного центра «Клевер». – М., 2015. С. 22-73..
25. Новоселова, А.С. Клевер в России / А.С. Новоселова, М.Ю. Новоселов, Н.И. Переправо и др. – Воронеж, 2002. 297 с.
26. Османьян, Р.Г. Биологическая рекультивация земель на Крайнем Севере [залужение многолетними травами] // Экологическая безопасность в АПК. Реферативный журнал. 2008. № 4. С. 888.
27. Панина, О.С. Клевер белый – уникальная сельскохозяйственная культура // Актуальные вопросы современной науки и практики: сб. матер. конф. 2016. С. 88-97.
28. Погода и климат. – URL: <http://www.pogoda.ru.net/> (дата обращения: 04.04.2017).
29. Покровская, Т.М. Жизненная форма люпиновидного клевера - *Trifolium lupinaster* L. по ареалу и ее внутривидовые варианты // Биоморфологические исследования в современной ботанике: Матер. междунар. конф. – Владивосток: БСИ ДВО РАН, 2007. С. 362-363.
30. Пособие по географии Якутии. – Якутск: Бичик, 1993. 80 с.
31. Растительные ресурсы России: Дикорастущие цветковые растения, их компонентный состав и биологическая активность. Т. 3. Семейства *Fabaceae* – *Ariaceae* / Под ред. А.Л. Буданцева. – СПб., М., 2010. 601 с.
32. Саввинов, Д.Д. Почвы Якутии: Проблемы рационального использования почвенных ресурсов, их мелиорация и охрана. – Якутск: Кн. изд-во, 1989. 152 с.
33. Телятьев, В.В. Целебные клады. – Иркутск: Восточно-Сибирское книжное изд-во, 1991. С. 162-163.
34. Флора Сибири. Т.9. *Fabaceae* (*Leguminosae*) / Под ред. А.В. Положий, Л.И. Малышева. – Новосибирск: Наука, 1994. 280 с.
35. Холзаков, В.М. Клевер луговой в адаптивно-ландшафтном земледелии // Аграрная наука - состояние и проблемы: труды регион. научно-практ. конф. 2002. С. 122-126.
36. Чадин, И. Хемосистематика – основа изучения биохимического разнообразия растений. - <http://ib.komisc.ru/add/old/t/ru/ir/vt/01-46/07.html> (дата обращения: 04.04.2017)
37. Шупарев С.М. Практикум по биохимии растений / С.М. Шупарев, С.С. Медведев, Е.И. Шарова, О.В. Танкелюн. – СПб.: СПбГУ, 1996. 200 с.
38. Энциклопедический словарь лекарственных растений и продуктов животного происхождения: учеб. пособие / Под ред. Г.П. Яковлева и К.Ф. Блиновой. – СПб.: Специальная литература, 1999. 407 с.
39. Юркевич, М.Г. Клевер луговой - компонент городского озеленения // Лекарственные растения: фундаментальные и прикладные проблемы: мат-лы I междунар. науч. конф. 2013. С. 465-466.
40. Wanger, H. Plant Drug Analysis: A Thin Chromatography Atlas. 2-nd edition / H. Wanger, S. Blatt. – Springer, 2001. 385 p.

ECOLOGICAL AND BIOCHEMICAL FEATURES OF GENUS TRIFOLIUM L. PLANTS, GROWING IN SOUTH YAKUTIA (ON THE EXAMPLE OF NERYUNGRY CITY)

© 2017 N.V. Zaytseva, I.A. Pogulyaeva

Northeast Federal University named after M.K. Ammosov, Yakutsk

The chemical composition of *T. pratense* in the conditions of Neryungri is quite poor. Substances have no rather expressed optical activity. Generally there are the compositions of initial stage of flavonoids synthesis – oxycinnamonic acids and benzopyrones. As a part of *T. hybridum* there extracts oxycinnamonic acids, flavonoids (5 spots), saponins (5 spots), glycosides, iridoids, derivatives of catechin, poly- and monophenols are defined. From 4 types of a clover, growing in Neryungri and in Neryungri district the clover creeping which is in the condition of active expansion is most adapted to conditions of South Yakutia. The approximate sequence of types from steadier to less steady in the conditions of Neryungri: *T. repens* – *T. lupinaster* – *T. hybridum* – *T. pratense*.

Key words: South Yakutia, *Trifolium pratense*, *T. hybridum*, *T. repens*, *T. lupinaster*, chemical composition, thin layer chromatography

Natalia Zaytseva, Candidate of Agriculture, Head of the Natural Flora Department at Botanical Garden. E-mail: nz_demetra@mail.ru; Irina Pogulyaeva, Candidate of Biology, Associate Professor at the Department of General Education Disciplines. E-mail: irawalker@rambler.ru

УДК 58.006:502.75

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ОХРАНЫ БИОРАЗНООБРАЗИЯ ФЛОРЫ ЯКУТИИ

© 2017 Н.С. Иванова

Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова, г. Якутск

Статья поступила в редакцию 22.05.2017

Сокращение биоразнообразия растений происходит в силу различных причин. Особого внимания заслуживают экосистемы Севера, восстановления которых имеет замедленные темпы. Главным условием сохранения биоразнообразия Якутии является оптимизация ее хозяйственного освоения, приведение его в соответствие с экологической емкостью экосистем, введение природосберегающих технологий. Сейчас к изданию готовится третий выпуск Красной книги Республики, в который войдет 266 видов высших сосудистых растений, 71 споровых и грибов. Якутия имеет большие преимущества по сохранению видов в природных ценозах. Общая площадь особо охраняемых природных территорий составляет 30% территории республики. Активно реализуется охрана растений в искусственных условиях – ботанических садах. Интродукционная изученность редких видов региона составляет 32%. Большинство из них высокоустойчивы и устойчивы в культуре. Создаются резервные и страховые фонды этих видов. Разрабатываются методологические аспекты реинтродукции, частные методы переноса растений в естественные местопроизрастания, проведены первые работы по восстановлению численности. Важным моментом являются мероприятия по экологическому образованию и просвещению. Эффективное решение вопросов сохранения биоразнообразия возможно при комплексном и системном подходе.

Ключевые слова: *биологическое разнообразие, редкие и исчезающие виды, растение, Красная книга, ботанический сад, интродукция, устойчивость, реинтродукция, просвещение*

Биологическое разнообразие - основа для поддержания экологических условий существования и экономического развития человеческого общества, следовательно, оно является всемирным достоянием. Необходимость разработки и реализации эффективных мероприятий по сохранению мирового растительного биоразнообразия очевидна [1, 2]. Фундаментальность и большое практическое значение этой проблемы требуют исследования на всех уровнях организации живого и в разных методологических и методических аспектах [3]. Степень стабильности флоры полностью зависит от факторов, нарушающих естественный ход флорогенеза, - из этого процесса выпадают виды, не обладающие устойчивостью к действию различных деструктивных факторов. К их числу могут быть отнесены искусственные (антропогенные) и естественные, влияние которых испытывают как отдельные растения, так и их популяции и сообщества [4]. Антропогенное влияние очень разнообразно и не всегда имеет целенаправленное действие, часто оно является лишь косвенным, но от этого не менее вредным [5-7 и др.].

Сокращение численности отдельных видов может происходить и в силу исторических причин. В ходе эволюции одни виды всегда сменялись другими. Анализ флоры конкретных территорий может дать много дополнительного материала для того, чтобы понять какие изменения происходят в тех или иных условиях, какие меры нужно предпринимать для увеличения биоразнообразия, улучшения или поддержки популяций растений в регионе [8-10].

Иванова Наталья Сергеевна, кандидат биологических наук, заместитель директора Ботанического сада. E-mail: botsad_nefu@mail.ru

Природа Якутии своеобразна и очень ранима и нарушение равновесия между ее компонентами может привести к катастрофическим явлениям, а естественная обстановка восстанавливается очень медленно. Многие виды животных и растений на территории Якутии обитают на краю своего ареала и имеют низкую численность [11], жизненный цикл растений растянут и формирование растительного покрова имеет замедленный темп [12]. Поэтому главным условием сохранения биоразнообразия в республике является оптимизация ее хозяйственного освоения, приведение его в соответствие с экологической емкостью экосистем, введение природосберегающих технологий в промышленности и сельском хозяйстве [11].

Цель работы: анализ современного состояния вопроса охраны биоразнообразия флоры Республики Саха (Якутия), подходов к его сохранению.

Материал и методика. Объектами анализа послужили редкие и исчезающие виды флоры Якутии. На основании собственных исследований, имеющегося литературного материала проведен обзор реализуемых направлений сохранения растительного биоразнообразия Якутии, охваченность растений мерами охраны, основные результаты предпринимаемых действий.

Результаты исследования и их обсуждение. В Якутии первое издание Красной книги вышло в 1987 г. [13], в нее был включен 331 вид высших сосудистых растений, второе издание - в 2000 г. [14], спустя 13 лет. Она насчитывала 337 видов высших сосудистых растений, а также 13 видов мохообразных, 7 - лишайников и 10 - грибов. Сейчас к изданию готовится третий выпуск. Согласно Постановлению Правительства Республики Саха (Якутия)

№ 136 от 28 апреля 2017 года в него войдет 266 видов высших сосудистых растений (19 видов подлежат федеральной охране), 71 вид споровых растений и грибов. На основе предыдущих изданий красной книги, новых исследований, литературного анализа, экспедиционных исследований, систематических уточнений проанализирован весь состав флоры высших растений Якутии.

Анализ результатов флористических исследований показал, что многие виды из прежнего списка могут быть исключены из Красной книги по ряду причин (выявление новых точек местопроизрастаний, слабое обособление от близкородственных видов, ошибочное указание для флоры Якутии, неподтвержденные старые единичные находки, заносные и адвентивные виды). Всего из списка охраняемых видов Якутии исключено 118 видов. Из них 65 видов вошли в состав Перечня видов, нуждающихся в особом внимании к их состоянию в природе и мониторинге. Общее количество видов Перечня составило 83; 18 видов – это виды, не включенные ранее в списки нуждающихся в охране, но, состояние которых вызывает некоторые опасения. Из числа охраняемых полностью исключены 53 вида.

На основании новых сведений в третье издание Красной книги включены 47 новых видов. Это новые для науки и флоры Якутии виды, а также виды, состояние популяций которых за последнее время значительно ухудшилось. В результате пересмотра состояния видов, исключенных из первого издания Красной книги [13], восстановлены в статусе краснокнижных 25 видов. В основном это эндемики и субэндемики, сокращающие численность популяций. Если сравнить процентное соотношение числа редких и исчезающих видов растений Якутии к общему числу сосудистых видов, то их соотношение составляет 13,4%. По данным С.М. Уолтерса [15] для всей планеты этот показатель составляет 5-10%. Высокие показатели, главным образом, обусловлены большим количеством видов, для которых в Якутии проходит граница ареала, редких только на территории республики.

В отличие от высокоурбанизированных регионов европейской части России и зарубежных стран Якутия имеет большие преимущества по сохранению видов в природных ценозах – *in situ*. Но вместе с тем было бы неоправданным отказываться и от второго пути – *ex situ* – сохранения растений в ботанических садах. При гармоничном сочетании этих двух направлений можно добиться действенных результатов сохранения и воспроизводства биоразнообразия.

Формирование республиканской системы особо охраняемых природных территорий (ООПТ) – Ытык Кэрэ Сирдэр (Прекрасных Священных Земель) было начато 16 августа 1994 г. Республиканская система ООПТ объединяет в единую сеть территории федерального (заповедники, Ботанический сад

Института биологических проблем криолитозоны (ИПБК) СО РАН) и республиканского (природные парки, заказники, ресурсные резерваты, охраняемые ландшафты, уникальные озера, памятники природы) уровней, целый ряд ООПТ местного значения. Роль ООПТ многообразна. Прежде всего, они должны обеспечить сохранение эталонов природной среды, т.е. типичных и уникальных ландшафтов, особо ценных в научном отношении и могущих служить базами, или полигонами, для всесторонних научных исследований природных комплексов. Они выполняют важнейшие природоохранные функции, сохраняя генофонд растений и животных, а также, поддерживая экологическое равновесие не только на своей, но и на окружающей территории; они способствуют воспроизводству природных ресурсов, особенно биологических, улучшают качество среды обитания человека. Сеть ООПТ служит каркасом для организации экологического мониторинга и контроля за изменением природной среды под влиянием хозяйственной деятельности [16]. Следует отметить, что большинство ООПТ Якутии созданы для охраны животного мира.

В Якутии функционируют два государственных природных заповедника: Олекминский (847,1 тыс. га) и Усть-Ленский (1433,0 тыс. га), 6 природных парков – Ленские Столбы, Сиинэ, Усть-Вилуйский, Момский, Колыма, Живые алмазы Якутии общей площадью более 7800 тыс. км², 13 государственных природных заказников (более 9000 тыс. км²), 62 ресурсных резервата (более 46000 тыс. км²). Общая площадь охраняемых территорий составляет около 30% территории республики. На этих территориях проводится флористические исследования [17-21 и мн. др.], начаты мониторинговые наблюдения за ценопопуляциями редких видов [22-25].

Изучение ценопопуляций редких видов на территориях, находящихся под влиянием сильного антропогенного воздействия (долина Средней Лены) показало, что они находятся в критическом состоянии [23-28 и др.]. Начиная со второй половины 20 века, здесь происходит интенсивное промышленное и сельскохозяйственное освоение территорий, строительство, выпас скота, загрязнение природных местообитаний охраняемых растений. Многие виды резко сократили свою численность, многие ценопопуляции полностью исчезли. Активно действует второе направление – охрана растений в искусственных условиях – ботанических садах. Начало мобилизации редких и исчезающих растений Якутии в культуру было положено еще в 60-е годы прошлого столетия [29, 30]. В настоящее время в Республике Саха (Якутия) действуют 2 ботанических сада – Якутский ботанический сад ИБПК СО РАН и Ботанический сад Северо-Восточного федерального университета (СВФУ). В коллекциях этих садов интродукционному испытанию подверглось 85 редких

и исчезающих видов Якутии и Сибири. Интродукционная изученность редких видов составляет 32 %.

В условиях интродукции появляется возможность изучения внутривидовой изменчивости, выяснение закономерностей адаптации растений. Это особенно ценно в отношении редких видов, обитающих в труднодоступных районах в целях создания научных основ организации охраны природных популяций, что уменьшит их дальнейшее истощение.

В коллекции редких и исчезающих растений Ботанического сада СВФУ насчитывается 36 видов. Имеются такие уникальные виды как *Krascheninikovia lenensis* (Kumin.) Tzvel., *Redowskia sophiifolia* Cham. et Schlecht., *Sorbocotoneaster pozdnjakovii* Pojark., *Thermopsis lanceolata* subsp. *jacutica* (Czefr.) Schreter и др. Большинство (47,0% видов высокоустойчивы в культуре, устойчивыми являются 21,7% видов, доля слабо- и неустойчивых видов составляет 31,3%.

Одно из основных направлений работ с редкими видами - разработка путей размножения и воспроизводства. Разработаны методы семенного размножения и созданы страховые фонды *Adonis apennina* L., *Aquilegia sibirica* Lam., *Delphinium grandiflorum* L., *Hemerocallis minor* Miller, *Paeonia anomala* L., *Pulsatilla turczaninowii* Kryl. et Serg., *Redowskia sophiifolia*, *Sorbocotoneaster pozdnjakovii*, *Viola dactyloides* Schult. [22, 31-33 и др.].

Перспективным направлением сохранения биоразнообразия является реинтродукция – восстановление численности ценопопуляций отдельных видов и создание искусственных популяций в природных местообитаниях, где данный вид произрастал в прошлом. В рамках этого направления на основе интродукционные возможностей редких растений, интродукционных популяций, мониторинговых наблюдений за состоянием природных ценопопуляций, изучения спектра экологических и фитоценологических условий местообитаний подбираются оптимальные сообщества для создания реинтродукционных популяций, определяется целесообразность восстановительных мероприятий.

Нами разрабатываются методологические аспекты реинтродукции растений [27, 34-35]. Объектами реинтродукционных работ стали нарушенные ценопопуляции 5 видов, сокращающих численность популяции (*Iris laevigata* Fisch. et Mey., *Lilium pensylvanicum* Ker-Gawl., *Delphinium grandiflorum*, *Adonis sibirica* L., *Gagea pauciflora* Turcz. ex Ledeb.). На основании комплексного исследования и анализа интродукционных и ценопопуляционных данных видов разработаны частные методы переноса в естественные местообитания, проведены первые работы по восстановлению численности. Предварительные данные, полученные в результате последующих мониторинговых наблюдений, дают возможность оценить перспективы решения проблемы. Во всех реинтродукционных популяциях

сеянцы и пересаженные растения успешно прижились и вошли в состав природных сообществ. Сравнительное испытание способов переноса растительного материала в условиях культуры (семенами, живыми растениями) позволило создать в рамках интродукционных популяций резервный фонд растений нужного возраста для высадки в нарушенные природные ценозы.

Как показали исследования, надежность сохранения редких и исчезающих видов возрастает в тех случаях, когда они не только воспроизводятся в коллекционных фондах, но и внедряются в практику в качестве полезных для народного хозяйства растений. Ботаническим садом СВФУ уже в течение нескольких лет широко размножаются и передаются в озеленение охраняемые декоративные виды *Lilium pensylvanicum*, *Paeonia anomala*, *Adonis sibirica*, *Hemerocallis minor* и др.

Одной из главных задач охраны биоразнообразия Якутии является экологическое образование и просвещение населения, в том числе подрастающего поколения. В Ботаническом саду СВФУ большое внимание уделяется просветительской работе как средству формирования у людей экологического сознания и поведения, которая базируется на коллекциях живых растений. Направления экологического образования различны: организация и проведение экскурсий, чтение лекций, консультации, семинары. Сотрудники являются руководителями научно-исследовательской деятельности школьников и студентов. Специалистами регулярно издаются практические рекомендации, рассчитанные на широкий круг читателей, ведется активная работа со средствами массовой информации.

Выводы: методы сохранения биоразнообразия растительного мира *ex situ* должны дополнять методы сохранения *in situ*, причем оптимальным является интегрированный подход, объединяющий возможности этих способов сохранения биологического разнообразия, т.е. предпочтительнее разумное сочетание обоих подходов [36], при активной поддержке правительственных организаций и населения. Только в этом случае можно эффективно решить проблему охраны биоразнообразия.

Работа выполнена в рамках РФФИ, проект 15-44-05102\17 р_восток_a.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Андреев, Л.Н. Роль ботанических садов России в сохранении биологического разнообразия растений / Л.Н. Андреев, Ю.Н. Горбунов // Биологическое разнообразие. Интродукция растений. – СПб., 2003. С. 5-7.
2. Растения Красной книги России в коллекциях ботанических садов и дендрариев. – М.: ГБС РАН; Тула: ИПП «Гриф и К^о», 2005. 144 с.
3. Буданцев, Л.Ю. Биологическое разнообразие растительного мира, разные аспекты – одна задача // Биологическое разнообразие. Интродукция растений. СПб., БИН РАН, 1999. С. 12-14.

4. Кузьмин, З.Е. Сохранение биоразнообразия растений *ex situ* / З.Е. Кузьмин, Ю.Н. Горбунов // Бюлл. ГБС. 2003. Вып. 185. С. 168-173.
5. Гроздинский, А.М. Ценоотические исследования в ботанических садах и их значение в решении задач охраны растительного мира // Бюлл. ГБС. 1975. Вып. 95. С. 23-28.
6. Цицин, Н.В. Роль ботанических садов в охране растительного мира // Бюлл. ГБС. 1976. Вып. 100. С. 6-13.
7. Методические подходы к анализу биоразнообразия редких видов (на примере Хабаровского края) / ред. Б.А. Воронов. – Владивосток-Хабаровск: Дальнаука, 1996. 80 с.
8. Культисасов, М.В. Эколого-исторический метод в интродукции растений // Бюлл. ГБС. 1953. Вып. 15. С. 24-39.
9. Культисасов, М.В. Эколого-исторический метод и его значение в теории и практике интродукции растений // Известия Академии наук СССР. 1963. Вып. 3. С. 257-269.
10. Соболевская, К.А. Экспериментальное обоснование эколого-исторического метода интродукции растений природной флоры // Бюлл. ГБС. 1971. Вып. 81. С. 54-59.
11. Соломонов, Н.Г. Проблемы сохранения биоразнообразия в Республике Саха (Якутия) // Наука и образование. Якутск, 2000. №1. С. 135-139.
12. Андреев, В.Н. Природа и человек // Берегите растительные богатства Якутии. – Якутск: Книж. издат., 1975. С. 3-7.
13. Красная книга Якутской АССР: Редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды животных. – Новосибирск: Наука, 1987. 99 с.
14. Красная книга Республики Саха (Якутия). Т. 1: Редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды растений и грибов. – Якутск: Сахаполиграфиздат, 2000. 256 с.
15. Уолтерс, С.М. Роль ботанических садов в сохранении редких и исчезающих видов растений // Бюлл. ГБС. 1976. Вып. 100. С. 24-26.
16. Лебедь, О.С. Современное состояние, проблемы и перспективы развития сети Особо охраняемых природных территорий на Северо-Западе России / О.С. Лебедь, В.М. Тарбаева, Е.А. Лукина, С.П. Нагаева // Биологическое разнообразие. Интродукция растений. – СПб., 2003. С. 19-21.
17. Биоразнообразие ландшафтов Токинской котловины и хребта Токинский Становик. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2010. 284 с.
18. Флора Якутии: Географический и экологический аспекты. – Новосибирск: Наука, 2010. 192 с.
19. Николин, Е.Г. Конспект флоры Верхоянского хребта. – Новосибирск: Наука, 2013. 248 с.
20. Егорова, А.А. Сосудистые растения Юго-Западной Якутии. – Новосибирск: Наука, 2013. 203 с.
21. Егорова, А.А. Конспект флоры Арктической Якутии. – Новосибирск: Наука, 2016. 188 с.
22. Данилова, Н.С. Биология охраняемых растений Центральной Якутии / Н.С. Данилова, С.З. Борисова, Н.С. Иванова. – Якутск: Изд-во ЯНЦ СО РАН, 2005. 112 с.
23. Афанасьева, Е.А. Состояние ценопопуляций *Supripedium guttatum* (Orchidaceae) на охраняемых и неохраняемых территориях Якутии / Е.А. Афанасьева, Н.С. Иванова, Н.С. Данилова, О.Ю. Рожкова // Растительные ресурсы. 2010. Т. 46, Вып. 1. С. 27-38.
24. Иванова, Н.С. Стратегия охраны *Adonis sibirica* / Н.С. Иванова, Н.С. Данилова, С.З. Борисова // Вестник Якутского государственного университета. 2005. Т. 2, № 2. С. 43-47.
25. Иванова, Н.С. Охрана некоторых редких и исчезающих видов растений в Центральной Якутии. – Автореф. дис. ... к.б.н. – Якутск, 2006. 23 с.
26. Данилова, Н.С. Инвентаризация ценопопуляций некоторых редких растений окрестностей г. Якутска / Н.С. Данилова, Н.С. Иванова, С.З. Борисова // Вестник Якутского государственного университета. 2009. Т. 6, № 4. С. 5-9.
27. Данилова, Н.С. Реинтродукция *Iris laevigata* Fisch. et Meu. в окрестностях г. Якутска / Н.С. Данилова, Н.С. Иванова, Е.А. Афанасьева, С.З. Борисова // Наука и образование. № 4 (60), 2010. С. 88-92.
28. Данилова, Н.С. Редкие растения окрестностей города Якутска / Н.С. Данилова, С.З. Борисова, Н.С. Иванова, Е.А. Афанасьева. – Новосибирск: Наука, 2012. 103 с.
29. Кротова, З.Е. Местные дикорастущие декоративные растения в Якутском ботаническом саду / З.Е. Кротова, Т.П. Говорина // Растения природной флоры Сибири для зеленого строительства. – Новосибирск: Наука, 1972. С. 58-64.
30. Дикорастущие травы Якутии в культуре. – Новосибирск: Наука, 1981. 238 с.
31. Петрова, А.Е. Интродукция деревьев и кустарников в Центральной Якутии / А.Е. Петрова, А.Ю. Романова, Е.И. Назарова. – Якутск: Изд-во ЯНЦ СО РАН, 2000. 269 с.
32. Данилова, Н.С. Интродукция многолетних травянистых растений Якутии. – Якутск: ЯНЦ СО РАН, 1993. 164 с.
33. Данилова, Н.С. Луковичные геофиты в культуре. – Якутск: Изд-во ЯГУ, 1999. 118 с.
34. Данилова, Н.С. Реинтродукция *Delphinium grandiflorum* L. / Н.С. Данилова, С.З. Борисова, Н.С. Иванова, Е.А. Афанасьева // Ботанические сады в современном мире: теоретические и прикладные исследования. Мат. Всеросс. науч. конф. с междунар. участием, посвященной 80-летию со дня рождения акад. Л.Н. Андреева. 5-7 июля 2011 г., Москва. – М.: Товарищество научных изданий КМК, 2011. С. 158-160.
35. Данилова, Н.С. Предварительные материалы по реинтродукции *Lilium pensylvanicum* в окрестностях г. Якутска / Н.С. Данилова, Н.С. Иванова, С.З. Борисова, Е.А. Афанасьева // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия естественные науки. 2011. № 3 (98). Вып. 14/1. С. 115-121.
36. Иванова, Н.С. Способы восстановления ценопопуляций некоторых редких и исчезающих видов флоры Якутии / Н.С. Иванова, Н.С. Данилова, С.З. Борисова // Ботанические сады – центры изучения и сохранения биоразнообразия. – Якутск: ООО «Смик-Мастер. Полиграфия», 2011. Вып. 6. С. 81-85.
37. Стратегия Ботанических садов России по сохранению биоразнообразия растений. – М.: Красная звезда, 2003. 32 с.

THE MODERN STATE OF FLORA BIODIVERSITY PROTECTION IN YAKUTIA

© 2017 N.S. Ivanova

North-Eastern Federal University named after M.K. Ammosov, Yakutsk

The reduction of plant biodiversity occurs for various reasons. Special attention is needed to the ecosystems of the North, the restoration of which has a slow pace. The main condition for the preservation of Yakutia biodiversity is the optimization of economic development, use in accordance with the ecological capacity of ecosystems, and environmental technologies. Now the third issue of the Red Book of the Republic is being prepared for publication, which will include 266 species of higher vascular plants, 71 spore plants and fungi. Yakutia has great advantages in preserving species in natural cenoses. The total area of specially protected natural areas is 30% of the territory of the republic. Actively implemented the protection of plants in artificial conditions - botanical gardens. Introductory study of rare species of the region is 32%. Most of them are highly stable and stable in culture. Reserve and insurance funds of these types are created. Methodological aspects of reintroduction, specific methods of transferring plants to natural sites, methodologies for restoration of numbers are being developed. An important aspect is the activities on environmental education and education. Effective solutions to biodiversity conservation issues are possible with an integrated and systemic approach.

Key words: biological diversity, rare and endangered species, plant, Red Book, Botanical Garden, introduction, reintroduction, education

УДК 598.2:338.48 (282.256.63)

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ОРНИТОЛОГИЧЕСКОГО ТУРИЗМА НА СРЕДНЕЙ ЛЕНЕ

© 2017 А.П. Исаев^{1,2}, Н.Г. Соломонов^{1,2}, В.П. Ноговицын², Н.И. Гермогенов^{1,2},
К.С. Соломонов^{1,2}, Е.В. Шемякин^{1,2}, Р.А. Кириллин^{1,2}, М.В. Владимирцева¹,
В.Ю. Габышев²

¹ Институт биологических проблем криолитозоны СО РАН, г. Якутск

² Северо-восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова, г. Якутск

Статья поступила в редакцию 19.05.2017

В работе приводятся сведения о перспективных орнитологических маршрутах и птицах, которые имеют определенный интерес для организации таких туров. Особое внимание уделено организации зимних орнитологических туров и наблюдениям за редкими видами птиц.

Ключевые слова: *редкие птицы, Якутия, особо охраняемые природные территории, экологический туризм, орнитологический туризм, экологическое просвещение*

Из всех форм экологического туризма самым распространенным и весьма доходным видом туристической деятельности является орнитологический. Только в странах Северной Америки (США, Канада, Мексика) им ежегодно занимаются 20-30 млн. человек, которые приносят доход в 20 млрд. долларов. Первые шаги по организации орнитологических туров по Якутии относятся к 1989-90 гг. Заведующий лаборатории орнитологии Якутского института биологии СО АН СССР (ныне ИБПК СО РАН) Ю.В. Лабутин вместе с американскими коллегами проводил тур по ознакомлению американских и якутских туристов с птицами Средней Лены во время круиза на теплоходе «Якутск-Витим» с заездом в г. Мирный. В июне 1989 г. Институт биологии СО АН СССР принимал известного американского ученого, директора института информатики США Т.Кросса и оказал ему содействие при его поездке вместе с профессором из Магаданского Института биологических проблем Севера А.В. Андреевым в Нижнеколымский район для наблюдений и фотографирования птиц якутской тундры. В том же 1989 г. Н.Г. Соломонов встречался в г. Новосибирске с делегацией департамента Службы рыбы и дичи США во главе с заместителем директора этого

департамента Р.Смитом для обсуждения совместных работ по изучению птиц и млекопитающих Арктики. Эти переговоры были продолжены в следующем году во время поездки группы директоров сибирских биологических институтов в США. По принятому тогда плану более 25 лет продолжают совместные российско-американские связи по изучению птиц и млекопитающих приарктических районов Якутии. В ходе реализации этого плана научные туристы орнитологи и их добровольные помощники – любители природы – волонтеры из США, Японии, Швеции, Германии, Тайваня, Кореи, Китая, Малайзии Финляндии побывали в арктических и центральных районах Якутии. Все они попутно знакомились с работой особо охраняемых природных территорий (ООПТ), школ, культурой местного населения, в первую очередь, представителей малочисленных народов Севера. В связи с тем, что участниками этой формы туризма были зоологи и любители природы, то не было проблем с жильем и обустройством, поскольку иностранцы жили вместе с якутскими биологами на полевых базах ИБПК СО РАН и других научных учреждений нашей страны.

На сегодня на Средней Лене развитие орнитологического туризма имеет большие перспективы. Это наиболее изученный в орнитологическом плане и доступный регион Якутии, характеризующийся высоким биологическим разнообразием во всех ее проявлениях. Первые сведения по орнитофауне региона были получены в конце XIX и начале XX веков. В дальнейшем орнитокомплексы Средней Лены рассматривались как в обобщающих сводках по значительной части Центральной Якутии [9] и Якутии в целом [5], так и в отдельных работах, посвященных фауне и населению позвоночных животных рассматриваемой части долины Лены [21 и др.]. Птицам долины Средней Лены и сопредельных территорий посвящен ряд более поздних фундаментальных трудов [2, 7, 15].

В настоящее время фауна птиц долины Средней Лены насчитывает 202 вида. Преобладают широко распространенные сибирские формы и виды. Европейский тип фауны представлен 7 видами,

Исаев Аркадий Петрович, доктор биологических наук, заведующий лабораторией экосистемных исследований холодных регионов. E-mail: isaev_ark@mail.ru

Соломонов Никита Гаврилович, член-корреспондент РАН, доктор биологических наук, профессор

Ноговицын Виктор Петрович, кандидат педагогических наук, заведующий лабораторией экологии и устойчивости Северных экосистем. E-mail: nvp11_52@mail.ru

Гермогенов Николай Иванович, доктор биологических наук, заведующий лабораторией зоологических исследований. E-mail: sterkh-yruc@mail.ru

Соломонов Константин Сергеевич, инженер

Шемякин Евгений Владимирович, младший научный сотрудник. E-mail: shemyakine@mail.ru

Кириллин Руслан Анатольевич, инженер

Владимирцева Мария Всеволодовна, старший научный сотрудник. E-mail: sib-ykt@mail.ru

Габышев Вячеслав Юрьевич, магистрант

китайский – 6, монгольский – 1 видом. На различных участках Средней Лены от Ленска на юге (60° с.ш.) до устья Вилюя на севере (64° с.ш.) гнездится от 128 до 133 видов птиц из 13-14 отрядов [2, 17]. В целом состав гнездовой фауны слагают 154 вида. Из числа гнездящихся, пролетных и залетных 34 вида занесены в Красную книгу Якутии [13] и 11 – в Красную книгу России [14]. Многие из них охраняются на международном уровне: Красный список МСОП – 6 видов, Приложение к Конвенции СИТЕС – 8, межправительственные Конвенции и Соглашения СССР/России с рядом стран об охране перелетных птиц и среды их обитания – 18 видов. Из числа редких птиц 5 видов (серая цапля, вальдшнеп, сойка, оляпка, оливковый дрозд) находятся на северном пределе распространения [2], 2 вида (филин, воробьиный сыч) в пределах Северо-Восточной Сибири характеризуются как малочисленные, спорадично распространенные, жёлтобровая овсянка – неопределенный по характеру распространения и состоянию популяции вид, сапсан – уязвимый, исчезающий или исчезнувший во многих областях распространения видам и т.д.

Долина р. Лены представляет собой миграционный коридор, по которому массово пролетают большое количество разнообразных птиц весной на север, осенью – на юг. Весенний пролет птиц начинается в начале апреля и продолжается до первой декады июня, в среднем продолжительность этого периода составляет около 70 дней. Первыми появляются в начале апреля пуночки, заканчивают весеннюю миграцию в первой декаде июня многие виды водно-болотного комплекса и некоторые представители воробьиных птиц. Осенний пролет начинается с конца августа – начала сентября и продолжается 40-50 дней. Наибольшая интенсивность пролета отмечена в середине миграционного периода у значительной части пролетных птиц.

На Средней Лене расположен ряд ООПТ разного уровня. Наиболее перспективным для развития орнитологического туризма представляется Природный парк «Ленские Столбы», занесенный по решению ЮНЕСКО в «Список Всемирного природного наследия» (Решение 36-й сессии Комитета Всемирного наследия ЮНЕСКО от 2 июля 2012 г.), который характеризуется целым рядом уникальных природных особенностей.

Орнитологические туры можно разделить на два типа: изучение общей фауны птиц и наблюдение за какими-либо определенными видами птиц в их естественной среде обитания. Кроме наблюдений за птицами можно проводить фото- и видеосъемки красивых и интересных участков. Заинтересованным туристам можно предложить рыбалку и наблюдения за млекопитающими (изюбрями, косулями и др.). Также в целях привлечения туристов можно комбинировать орнитологический и экстремальный туризм. Такой отдых будет интересным и для якутян. Местный бёрдвотчинг в настоящее время начал развиваться во многих регионах России и странах ближнего зарубежья [10, 12]. Для развития местного туризма можно использовать орнитологические

даты – «День осенних наблюдений за птицами», «Всемирный День мигрирующих птиц», «День птиц», «День журавля», а также такие российские и международные программы, как Всероссийские рождественские учеты зимующих птиц «Parus», Международный проект по весеннему пролету птиц «Spring Alive» и т.д.

Главным инструментом ознакомления туристов с орнитофауной являются экскурсии по специально разработанным маршрутам. Неправильно составленные и непроработанные маршруты приводят к тому, что туристы не могут встретить желаемые для наблюдения виды. Поэтому необходимо подготовить маршруты с учетом международного опыта по обеспечению демонстрации птиц в природных условиях. Для разработки этих маршрутов необходимо составить карту маршрутов, обустроить маршруты (установка смотровых площадок, мест отдыха). Среди лучших мест для такого вида туризма возможны маршруты в долине Эркээни, по реке Буотама, вдоль скальных берегов р. Лены и ряд других участков. Маршруты эти осуществляются для небольших групп (обычно 5-7 человек), имеющих, как правило, некоторую подготовку в области орнитологии.

Ниже приводятся предложения по нескольким перспективным маршрутам, проложенным в окрестностях Якутска в прилегающих к нему районах (с базированием туристов в г. Якутск и с выездами в села Октемцы, Тумул (Хангаласский район), Тастах (Намский) и др.):

Маршрут 1. «Птицы Средней Лены». Сроки: гнездовой период (май-июнь). Ежедневные пешие и водные маршруты в долине р. Лены. Этот маршрут будет иметь насыщенную программу и интересен тем, что кроме изучения фауны птиц, дает возможность наблюдений за изменениями его богатства и обилия в разных местообитаниях. К тому же, для бёрдвотчеров долина этой реки – настоящая находка, т.к. здесь обитают много видов птиц, которые не встречаются в других регионах, эндемиков Восточной Сибири и Дальнего Востока (каменный глухарь, рыжая и желтобровая овсянка и др.) Маршрут дает возможность встретить не только массовых и обычных видов птиц, но и редких.

Содержание тура: Состав, распределение и численность птиц в многообразии доминирующих типов ландшафтов и местообитаний в период гнездования. Общая характеристика фауны птиц с выделением редких и исчезающих видов и эндемиков Восточной Сибири и Дальнего Востока. Изменения в богатстве и обилии населения птиц по профилю: водоем – луг – кустарник – лес.

Маршрут 2. «Хищные птицы». Сроки: гнездовой период (июнь-август). Ежедневные пешие и водные маршруты вдоль столбов по берегу р. Лена и её притоков, долины Эркээни, Энгсели и Туймаада. Туристы смогут не только полюбоваться птицами, но и изучить их образ жизни и проводить фотографирование. Интересными будут туры по гнездовьям сапсана, беркута, тетерева, бородачатой неясыти и других хищных птиц.

Маршрут 3. «Зимующие птицы». Сроки: март-апрель. Ежедневные пешие и автомобильные маршруты. Несомненный интерес у многих бѣдво-черов вызовет изучение зимующих птиц. При доста-точной разработанности этот маршрут имеет большие перспективы.

Содержание тура: Знакомство с характерны-ми оседлыми и рано прилетающими птицами. Со-став, распределение и численность птиц в зимний период. Зимний орнитокомплекс Средней Лены включает более 20 видов [11, 19] и дает возможность встретить тетеревятника, белую куропатку, тетерева, рябчика, каменного глухаря, бородастую неясыть, ястребиную сову, мохноногого сыча, трехпалого и пестрого дятлов, желну, ворона, кукушку, буроголовых и сероголовых гаичек, обыкновенного поползня, свистителя, чечеток, филина и т.д.

Особенности маршрута: Выбор маршрута за-висит от погодных условий, состояния лесных дорог, согласия туристов на ночевку в зимовьях.

Маршрут 4: «Зимнее гнездование птиц». Сроки: конец марта-апрель. Объекты наблюдений – рано гнездящиеся виды: ворон, кукушка, бородастая неясыть, клесты (белокрылый и обыкновенный).

Наблюдения за гнездованием ворона. Это обычная оседлая птица. Пара имеет постоянный участок обитания и в его пределах строят гнездо. Места обитания различны и держатся в большинст-ве случаев, где леса чередуются с открытыми участ-ками. Кладка в третьей декаде марта - начале апрел-я. Гнездо строят на высоких деревьях или на скалах. Сооружают из веток, с подстилкой из шерсти, перь-ев, мхов и травы. В большинстве случаев гнездо труднодоступно. Длительность насиживания – 20–22 суток, начинается оно с откладки 2-го или 3-го яйца. Птицы у гнезда довольно осторожны. Вылуп-ляются птенцы ранней весной, самка первые 1–2 недели непрерывно их согревает, а самец носит корм, затем кормят оба родителя.

Наблюдения за гнездованием кукушки. Оседлая, совершает в зимнее время лишь относительно не-большие кочевки в поисках пищи. Населяет обычно высокоствольные леса. Гнездо на кустарниковых ивах и доминирующих породах деревьев, обычно на высоте 2-4 м, которое строится обоими родителями. Гнездо из сухих веточек, утепленная ветошью трав, лишайниками, шерстью, перьями и т. п. Гнездится кукушка в конце марта-апреле. Первые птенцы – в середине апреля. Это обычно заметная и шумная птица в гнездовой период становится скрытой и молчаливой. Насиживание начинается с первого яйца. Продолжительность насиживания 16-17 суток. Самец кормит насиживающую самку. После вылуп-ления до вылета птенцов (23-24 суток) выкармли-вают оба родителя.

Помимо любительского туризма необходимо развивать научный орнитологический туризм, где туристы могут участвовать в различных исследова-ниях и проводить полевые наблюдения. В таких турах основными организаторами выступают со-трудники ИБПК СО РАН, СВФУ, Министерство ох-раны природы РС(Я), ООПТ, когда орнитологи

любители и профессионалы участвуют в тех или иных научных программах без извлечения тури-стом материальной выгоды. Научный туризм – это экспедиции учёных, летние полевые практики сту-дентов, иные путешествия, включающие сбор науч-ной информации. Многие из туристов с удовольст-вием будут совмещать отдых на природе с такими занятиями, как например, учёт численности птиц.

Наиболее интересны исследования хищных птиц, занесенных в Красный список МСОП. В по-следние десятилетия территория Средней Лены Якутии подвергается интенсивной трансформации природных сообществ, на которую наиболее остро реагируют хищные птицы, поскольку именно они стоят на вершине пирамиды и замыкают сложные, нестабильные во времени и пространстве трофиче-ские цепочки. Наиболее «уязвимыми» из этих птиц являются объекты международной охраны, зане-сенные в Красные страницы МСОП (сапсан, беркут, орлан-белохвост и филин), которые отличаются известной атропобностью и изменению и сокра-щению среды обитания. малоисследованного в этом отношении региона. Сокращение численности хищ-ных птиц, начавшиеся в 60-е годы XX в. [22] в по-следнее время усугубляется усилением антропоген-ного воздействия. Это обстоятельство подвигает на проведение здесь широких мониторингово-кадаст-ровых исследований, позволяющих выявить не только особенности распространения, характера пребывания и экологии этих птиц, но и оценить современное состояние, разработать рекомендации по оптимизации мер их охраны.

Подвидовая систематика, в частности сапса-на, до сих пор не выяснена. В долине Лены этот сокол в недавнем историческом времени был весь-ма обычен. В 20-х годах XX в. на скалистых берегах Лены сапсан был многочисленным видом [9]. По наблюдениям О.В. Егорова [8] в 1953-1955 гг. в до-лине среднего течения р. Лены в районе известко-вых скал от устья р. Нуртуку до п. Покровск (протя-женность 180 км) численность этих птиц составляла 2-2,5 пары на 10 км береговой линии. Обычен сап-сан был также на склонах левого коренного берега реки в окрестностях г. Якутска и вблизи крупных озер правого берега [16]. В целом, судя по нашим исследованиям 2014-2016 гг. на скальных берегах р. Лены на участке от с. Кытыл-Джура до с. Булгуньях-тах обитает 1,5 пары на 10 км береговой линии.

К слабым сторонам развития орнитологиче-ского туризма в Средней Лене являются: труднодо-ступность территорий, неразвитая туристская ин-фраструктура, низкое качество обслуживания, не-хватка подготовленных кадров, невысокая продол-жительность сезона для наблюдения птиц, отсутст-вие маркетинговых исследований и нормально обо-рудованных турбаз в соответствии с требованиями, которые предъявляют западные туристы. Преодо-леть все это необходимо совместными усилиями туроператоров, органов государственного управле-ния туризмом и профессиональных орнитологов, заинтересованных в развитии этого интереснейше-го направления экотуризма.

В целях развития орнитологического туризма в Средней Лене необходимо разработать комплекс маршрутов для различных категорий посетителей, обеспечить их обустройство, создать справочно-информационную систему. Необходимо приобрести и использовать готовый литературно-иллюстративный материал:

1. Полевой справочник «Птицы Якутии» [17].
2. Позвоночные животные Якутии: словарь-каталог [7].
3. Справочник-определитель «Знаете ли Вы птиц Якутии?» [20].
4. Другие определители птиц [1, 18]

Кроме этого следует подготовить иллюстративный определитель птиц Средней Лены, с описанием местообитаний и биологии видов.

Следует отметить, что профессиональных гидов орнитологов нельзя подготовить в течение короткого срока, т.к. только они могут узнать птиц по голосам, по манере поведения и т.п., найти места их обитаний, гнездовой и показать, рассказать туристам. К сожалению, таких орнитологов в Якутии не много. Поэтому в будущем силами профессиональных орнитологов необходимо провести подготовительные курсы будущих гидов-орнитологов из числа студентов магистрантов и аспирантов.

Выводы: орнитологический туризм в Средней Лене имеет большие перспективы не только привлечения туристов извне, но и может стать важным элементом экологического просвещения, воспитания и природоохранной пропаганды, формирования поддержки ООПТ со стороны широких слоев местного населения. Развитие этого вида туризма будет содействовать налаживанию партнерских связей с другими национальными и природными парками России и зарубежных стран и экотуристическими компаниями и организациями, заинтересованными в развитии познавательного туризма.

Работа выполнена в рамках программы ИБПК СО РАН №0376-2016-0002 «Структура и динамика популяций и сообществ животных холодного региона Северо-Востока России в современных условиях глобального изменения климата и антропогенной трансформации северных экосистем: факторы, механизмы, адаптации, сохранение» и СВФУ им. М.К. Аммосова «Разработка научных основ развития научно-образовательных экспедиций школьников, студентов и научной молодежи и туристической деятельности в бассейне р.Лена и арктических районах Якутии (на примере Аллаиховского и Верхоянского улусов)».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бёме, Р.Л. Птицы. Энциклопедия природы России. Изд. 2-е / Р.Л. Бёме, В.Л. Динец, В.Е. Флинт, А.Е. Черенков – М., 1998. 432 с.
2. Борисов, З.З. Птицы долины средней Лены. – Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1987. 120 с.
3. Борисов, Б.З. Виды наземных позвоночных животных Красной книги на территории Природного парка «Ленские столбы» (Якутия) / Б.З. Борисов, З.З. Борисов, Н.Г. Соломонов // Проблемы изучения и охраны животного мира на севере. – Сыктывкар, 2013. С. 35-37.
4. Борисов, З.З. Анализ качественного и количественного состава орнитофауны ПП «Ленские столбы» / З.З. Борисов, А.П. Исаев, Б.З. Борисов // Природный парк «Ленские Столбы»: прошлое, настоящее и будущее. – Якутск: Изд-во ЯНЦ СО РАН. 2007. С. 199-214.
5. Воробьев, К.А. Птицы Якутии – М., 1963. 336 с.
6. Гермогенов, Н.И. Разнообразие птиц и млекопитающих долины Средней и Нижней Лены / Н.И. Гермогенов, Н.Г. Соломонов, Б.З. Борисов и др. // Разнообразие почв и биоты Северной и Центральной Азии. Мат-лы II междунар. науч. конф., Улан-Удэ (Россия), 20-25 июня 2011 г. в 3 т. Т.2. – Улан-Удэ: Изд-во Бурятского научного центра СО РАН, 2011. С. 52-54.
7. Дегтярев, А.Г. Позвоночные животные Якутии: словарь-каталог. – Якутск: Сахаполиграфиздат, 2000. 72 с.
8. Егоров, О.В. Материалы по экологии якутского сапсана // Зоол. журнал. 1959. Т. 38, вып. 1. С. 112-122.
9. Иванов, А.И. Птицы Якутского округа. – Л.: Изд-во АН СССР, 1929. 206 с.
10. Исабекова, А.А. Появление местного бёрдвотчинга в Казахстане // XIV Междунар. орнитолог. конф. Северной Евразии. 1. Тезисы. – Алматы, 2015. С. 219-220.
11. Исаев, А.П. Зимняя орнитофауна устья р. Буотама / А.П. Исаев, З.З. Борисов // Национальный природный парк «Ленские столбы»: геология, почвы, растительность, животный мир, охрана и использование: Сб. науч. трудов. – Якутск: Изд-во Якутского ун-та, 2001. С. 217-223.
12. Кашкаров, О.В. Инициативы по развитию бёрдвотчинга в Узбекистане: предпосылки, проблемы, перспективы // XIV Междунар. орнитолог. конф. Северной Евразии. 1. Тезисы. – Алматы, 2015. С. 231-232.
13. Красная книга Республики Саха (Якутия): редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды животных. – Якутск: ГУП НИПК «Сахаполиграфиздат», 2003. 207 с.
14. Красная книга Российской Федерации. – М.: АСТ Астрель, 2001. 868 с.
15. Ларионов, Г.П. Птицы Лено-Амгинского междуречья / Г.П. Ларионов, В.Г. Дегтярев, А.Г. Ларионов. – Новосибирск: Наука, Сиб. отд-ние, 1991. 189 с.
16. Ларионов, П.Д. Материалы по питанию и размножению восточно-сибирского перепелятника (*Accipiter nisus nisosimilis* Tiskell) и якутского сокола (*Falco peregrinus Kleinschmidti* Dem.) // Учен. записки Якутск. гос. ун-та. 1957. Вып. 1. С. 120-132.
17. Находкин, Н.А. Птицы Якутии (полевой справочник) / Н.А. Находкин, Н.И. Гермогенов, Б.И. Сидоров. – Якутск: Октоэдр, 2008. 384 с.
18. Рябицев, В.К. Птицы Урала, Приуралья и Западной Сибири: Справочник-определитель. – Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2008. 634 с.
19. Сидоров, Б.И. Зимующие птицы средней Лены // Автореф. дис. ... к.б.н. - Свердловск, 1981. 23 с.
20. Сидоров, Б.И. Знаете ли Вы птиц Якутии?: Справочник-определитель. 2-е изд. – Якутск: Бичик, 2005. – 90 с.
21. Соломонов, Н.Г. Материалы по орнитофауне хищных птиц Центральной Якутии / Н.Г. Соломонов, Г.П. Ларионов, А.Е. Пшенников // Проблемы зоологических исследований Сибири. Тез. II совещания зоологов Сибири – Горно-Алтайск, 1962. С.221-222.
22. Соломонов, Н.Г. Экология некоторых хищных птиц Центральной Якутии / Н.Г. Соломонов, А.Е. Пшенников, Г.П. Ларионов // Университеты – сельскому хозяйству: Тез. докл. – Л., 1963. С. 410-411.

**PERSPECTIVES OF THE ORNITHOLOGICAL TOURISM DEVELOPMENT
IN THE MIDDLE LENA**

© 2017 A.P. Isaev^{1,2}, N.G. Solomonov^{1,2}, V.P. Nogovitsyn², N.I. Germogenov², K.S. Solomonov^{1,2},
E.V. Shemyakin^{1,2}, R.A. Kirillin^{1,2}, M.V. Vladimirtseva¹, V.Yu. Gabyshev²

¹Institute for Biological Problems of Cryolithozone SB RAS, Yakutsk

²North-East Federal University named after M.K. Ammosov, Yakutsk

The work provides information about perspective ornithological routes and birds that have particular interest for the organization of such tours. Special attention is paid to the organization of ornithological tours for the observation of endangered bird species.

Key words: *endangered birds of Yakutia, specially protected natural territories, ecological tourism, ornithological tourism, ecological education*

Arkadiy Isaev, Doctor of Biology, Chief of the Laboratory of Ecosystems Researches of Cold Regions. E-mail: isaev_ark@mail.ru

Nikita Solomonov, Corresponding Member of RAS, Doctor of Biology, Professor

Viktor Nogovitsyn, Candidate of Pedagogy, Chief of the Laboratory of North Ecosystems Ecology and Sustainability. E-mail: nvp11_52@mail.ru

Nikolay Germogenov, Doctor of Biology, Chief of the Zoology Researches Laboratory. E-mail: sterkh-yruc@mail.ru

Konstantin Solomonov, Engineer

Evgeniy Shemyakin, Minor Research Fellow. E-mail: shemyakine@mail.ru

Ruslan Kirillin, Engineer

Maria Vladimirtseva, Senior Research Fellow. E-mail: sib-ykt@mail.ru

Vyacheslav Gabyshev, Undergraduate Student

УДК [550.46+556.51]: 004.94

ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ ГИДРОХИМИЧЕСКОГО СТОКА ГОРНЫХ РЕК К ФАКТОРАМ СРЕДЫ

© 2017 Ю.Б. Кирста^{1,2}, А.В. Пузанов¹

¹ Институт водных и экологических проблем СО РАН, г. Барнаул

² Алтайский государственный технический университет

Статья поступила в редакцию 16.05.2017

На примере 34 малых и средних рек Алтае-Саянской горной страны с помощью системно-аналитического моделирования разработаны адекватные балансовые модели для 7 компонент гидрохимического стока: трех форм минерального азота (NO_2^- , NO_3^- , NH_4^+), фосфатов (PO_4^{3-}), ионов, общего растворенного железа и взвешенного вещества. Расчет сезонной и многолетней динамики гидрохимического стока ведется по 4 выделенным гидрологическим периодам года. Оценена чувствительность моделей к вариациям их входных факторов. Чувствительность выражается как вклад отдельного фактора в дисперсию значений гидрохимического стока. Получена количественная оценка чувствительности гидрохимического стока по каждой из рассмотренных 7 компонент для следующих факторов: ландшафтной структуры речных бассейнов, крутизны склонов бассейнов, осадков, пахотных площадей.

Ключевые слова: системно-аналитическое моделирование, горная река, гидрохимический сток, чувствительность моделей, Алтай, Саяны

Задачи управления водными ресурсами в условиях современного меняющегося климата приобретают все большее значение [1]. Их успешное решение зависит от создания адекватных математических моделей, дающих количественную оценку гидрологических и гидрохимических процессов в речных бассейнах. Модели должны отражать влияние на эти процессы природных и антропогенных факторов, как во времени, так и в пространстве [2, 3]. Сложная орографическая структура горных территорий и пространственно-временная пестрота климатических полей [4], очевидно, значительно усложняют указанные задачи.

Гидрохимический сток представляет особый интерес в управлении качеством водных ресурсов. При его оценке обычно учитываются морфометрические и гидрографические особенности водосборных бассейнов [5–7]. Применение ГИС-технологий дает возможность в большей или меньшей степени автоматизировать необходимые вычисления. Например, ГИС-технологии используются для расчета пространственного распределения таких факторов как осадков, температуры, влажности воздуха и др., которые важны для оценки гидрохимического стока, но наблюдаются только на отдельных участках территории. В случае гор именно расчет пространственного распределения метеорологических показателей дает основной вклад в погрешность расчетов по любым моделям водного и гидрохимического стоков.

Для построения адекватных математических моделей гидрохимических процессов нами используется системно-аналитическое моделирование (САМ). Последнее базируется на системном подходе к анализу сложноорганизованных природных

систем и решении обратной математической задачи для уравнений модели с целью определения как форм связей между переменными, так и значений параметров [8, 9]. С помощью САМ построены балансовые модели водного и гидрохимического стоков [10–13], высокое качество/адекватность которых обусловлено полученным для них показателем $\text{RSR} < 0,60$, определяемым как отношение среднеквадратической ошибки расчетов переменной к стандартному отклонению ее наблюдаемых значений [14, 15], и критерием Нэша–Сатклиффа $\text{NSE} = (1 - \text{RSR}^2) > 0,65$ [15].

При моделировании и управлении на этой основе гидрохимическим стоком большое значение придается его чувствительности к вариациям влияющих на него факторов. Обзоры различных методов оценки чувствительности можно найти, например, в публикациях [16–18]. В предлагаемой работе оценена чувствительность стоков минеральных соединений азота (NO_2^- , NO_3^- , NH_4^+), фосфатов (PO_4^{3-}), ионов, общего растворенного железа и взвешенного вещества по разработанным для рек Алтае-Саянской горной страны адекватным балансовым моделям. Для этого разработан простой метод количественной оценки чувствительности к естественным вариациям факторов среды [11].

Исходные материалы. Для исследований нами выбрана Алтае-Саянская горная страна ($50\text{--}56^\circ$ с.ш. и $83\text{--}100^\circ$ в.д.). На ее территорию легко проникают атлантические циклоны. Климат здесь резко континентален, с холодными зимами и холодным летом [4]. Согласно наблюдениям редких метеостанций годовое количество осадков значительно варьирует от 2500 мм за год на северных склонах при высоте более 3000 м до 200 мм у их подножия. Страна представляет интерес для анализа условий формирования гидрохимического стока из-за наблюдаемой дестабилизации климата с возрастанием числа критических гидрометеорологических явлений. Дестабилизация подтверждена

Кирста Юрий Богданович, доктор биологических наук, главный научный сотрудник. E-mail: kirsta@iwep.ru

Пузанов Александр Васильевич, доктор биологических наук, директор. E-mail: puzanov@iwep.ru

выполненной кластеризацией континентальных метеорологических полей [19]. Анализ межгодовой динамики температур воздуха и осадков позволил выделить области, имеющие наибольшие отклонения от эволюционно выработанных статистических закономерностей данной динамики. В Евразии были обнаружены 2 типа пространственных кластеров – с относительно стабильным и стабильным климатом, соответственно (рис. 1). Первый тип

сформирован в результате стабилизирующего влияния природной растительности, а второй – воздействия антропогенной деятельности. Рассматриваемая Алтае-Саянская горная страна попадает в зону климатической дестабилизации Евразии, что требует построения высокоадекватных моделей водного и гидрохимического стоков, которые смогли бы обеспечить эффективное управление водными ресурсами этой территории.

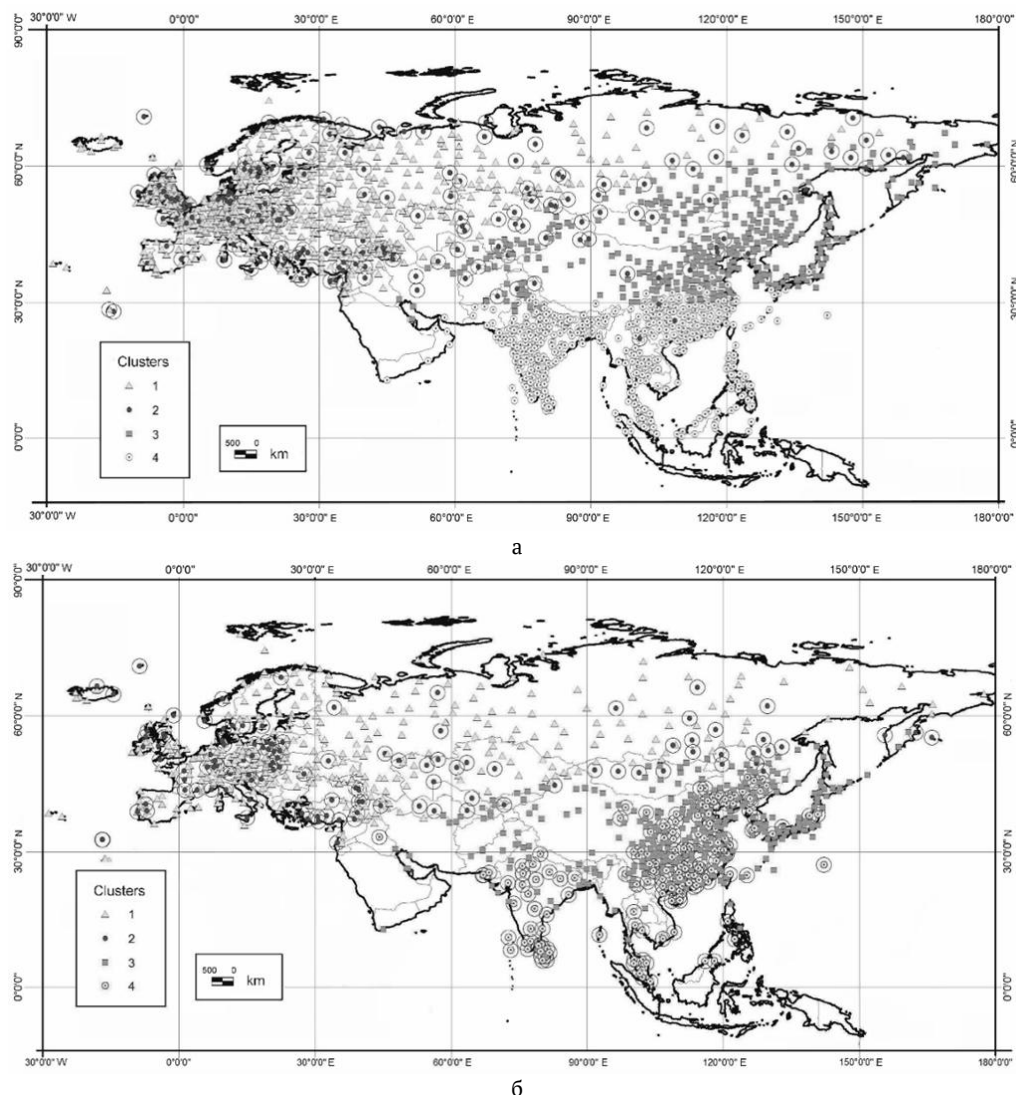


Рис. 1. Территории дестабилизованного климата Евразии (см. метеостанции, отмеченные большой окружностью), выделенные путем пространственной кластеризации наблюдаемых осадков (а) и температур воздуха (б) [19].

В ходе САМ гидрохимического стока использованы около 20000 тысяч наблюдений за сезонной и многолетней динамикой его компонентов (трех форм минерального азота NO_2^- , NO_3^- , NH_4^+ , фосфатов PO_4^{3-} , ионов, общего растворенного железа и взвешенного вещества) по 34 речным бассейнам Алтае-Саянской горной страны в 1951–2003 гг. Используются также значения месячных осадков и среднемесячных температур воздуха по территории за указанный период, данные о ландшафтной структуре бассейнов, площади и высоты расположения ландшафтов (13 групп геосистем), площади пашни и другие показатели [12]. Все картографические

характеристики рассчитывались в программной среде ArcGIS 9.2. Морфометрия ландшафтов определялась по TIN-моделям, построенных с помощью 3D Analyst extension of ArcGIS. В целом площади анализируемых водосборных бассейнов составляли от 177 до 21000 км², что позволяет отнести тестируемые модели к универсальным.

С учетом внутригодовых особенностей речного стока на рассматриваемой территории выделены 4 гидрологических периода/сезона: первый (зимняя межень, XII–III месяцы), второй (весенне-летнее половодье, IV–VI), третий (летняя межень, VII–VIII), четвертый (осенняя межень с возможными

паводками при сильных дождях, IX-XI). Наблюдения за гидрохимическим стоком были нерегулярны, и их данных усреднялись по сезону каждого года для каждого речного бассейна.

Тестируемые модели гидрохимического стока. Тестируемые в настоящей работе модели гидрохимического стока характеризуют последний как функцию следующих факторов: осадков и температур воздуха (влияющих на расчет водного стока [10]), ландшафтной структуры территории, крутизны склонов речных бассейнов, имеющих

$$H(X1, X2, Y1, Y2, Z1, Z2, X) = \begin{cases} Y1 + Z1(X - X1), & \text{если } X < X1 \\ \frac{Y2-Y1}{X2-X1}(X - X1) + Y1, & \text{если } X1 \leq X < X2 \\ Y2 + Z2(X - X2), & \text{если } X \geq X2 \end{cases}, \quad (1)$$

где $X1, X2, Y1, Y2, Z1, Z2$ – параметры, определяемые в ходе САМ путем решения обратной задачи; X – какая-либо переменная моделей.

Расчет каждого из 7 рассмотренных компонентов гидрохимического стока осуществляется по уравнениям [12]:

$$\begin{aligned} \text{Сток} = \\ = \sum_k \{ a_k Q_k^i H(c_1, c_1, 1, 1, c_2, c_3, P) H(c_4, c_4, 1, 1, c_5, c_6, K^i) \} + \\ + b q^i + d S^i Q^i, \end{aligned} \quad (2a)$$

для второго, третьего и четвертого гидрологических сезонов

$$\begin{aligned} \text{Сток} = \\ \sum_k \{ a_k Q_k^i H(c_1, c_1, 1, 1, c_2, c_3, P) H(c_4, c_4, 1, 1, c_5, c_6, K^i) \} + \\ + b q^i + d \sqrt{S^i} Q^i, \end{aligned} \quad (2b)$$

где P – обобщенные по всей территории нормированные осадки [10] за IX-XI месяцы предшествующего года для 1-го сезона или за IV-VI, VII-VIII, IX-XI месяцы для 2, 3, 4-го сезонов соответственно; a_k – параметры, отвечающие постоянной среднесезонной концентрации вещества в расчетном водном стоке Q_k^i , формируемом k -й группой геосистем за счет осадков P , $k=1-13$; b – параметр, сопоставляемый с постоянной среднесезонной концентрацией вещества в расчетном приходящем (или уходящем) среднесезонном подземном водном стоке q^i , который формируется в бассейне i почвенно-грунтовыми водами и водами зон трещиноватых пород; K^i – средний поперечный уклон (крутизна склонов) бассейна i , рассчитываемый по картографическим данным как тангенс угла наклона склонов относительно горизонтали [12]; H – кусочно-линейная функция (1); c_1, c_2, \dots, c_6 – параметры, отражающие влияние на гидрохимический сток осадков P и уклона K^i ; d – параметр, характеризующий добавку к концентрации вещества от каждого процента площади S^i в расчетном водном стоке Q^i ; S^i – относительная площадь пахотных земель (в процентах от площади бассейна i).

Все параметры уравнений (1) и (2) определены в ходе САМ через решение обратной задачи по ежегодно наблюдаемым среднесезонным стокам 7 рассмотренных компонентов, найденным как $Q^i C^i$. Величина Q^i характеризует среднесезонный водный сток для замыкающего створа бассейна с номером $i=1 \div 34$ в текущем году и рассчитывается по

площадям пашни. При этом осадки и температуры выражаются в процентах/долях от их среднесезонных значений за определенные месяцы, что позволило исключить их зависимость от высоты и обобщить/усреднить по всей территории Алтае-Саянской горной страны [20]. Для описания зависимости гидрохимических процессов от факторов среды в САМ используется кусочно-линейная функция H , состоящая из трех линейных фрагментов:

подмодели водного стока [10], а C^i представляет собой наблюдаемые концентрации вещества в речном стоке.

Оценка чувствительности моделей к факторам среды. Оценка чувствительности разработанных моделей основывается на предложенном универсальном критерии, характеризующим степень адекватности расчетных методов и моделей [11, 20]:

$$A = S_{\text{разн}} / \sqrt{2} S_{\text{набл}}, \quad (3)$$

где A – критерий адекватности; $S_{\text{разн}}$ – стандартное (среднеквадратичное) отклонение для разности сравниваемых расчетного и наблюдаемого рядов моделируемой характеристики, $S_{\text{набл}}$ – стандартное отклонение для наблюдаемого ряда, $1/\sqrt{2}$ – множитель.

Согласно (3) критерий A представляет собой погрешность модели, нормированную на стандартное отклонение данных наблюдений. Интервал значений $A=0 \div 0.71$ характеризует различную степень адекватности/идентичности расчетных и наблюдаемых значений переменной с их наилучшим совпадением при $A=0$. Критерий A подобен показателю качества моделей RSR и критерию Нэша–Сатклиффа NSE, с которыми связан зависимостями $RSR=A\sqrt{2}$, $NSE=1-RSR^2=1-2A^2$.

Чувствительность FS рассчитывается на основе A по формуле [11]:

$$\begin{aligned} FS = (A')^2 - (A)^2 = \frac{(S'_{\text{разн}})^2 - (S_{\text{разн}})^2}{2(S_{\text{набл}})^2} = \\ = \frac{2(S_{\text{факт}})^2}{2(S_{\text{набл}})^2} = \frac{(S_{\text{факт}})^2}{(S_{\text{набл}})^2}, \end{aligned} \quad (4)$$

где FS – чувствительность модели к естественным вариациям какого-либо входного фактора модели; A – критерий (3); A' – значение A , получаемое при подстановке перепутанных случайным образом наблюдаемых значений выбранного входного фактора (имеющих, очевидно, прежнее статистическое распределение и дисперсию); $(S_{\text{разн}})^2$ – дисперсия для разности расчетного и наблюдаемого значений выходной переменной (гидрохимического стока),

рассчитываемая по уравнениям (2) с использованием в них наблюдаемых значений фактора; $(S'_{\text{разн}})^2$ – эта же дисперсия при подстановке в (2) случайно перепутанных значений фактора; $(S_{\text{факт}})^2$ – вклад естественных вариаций входного фактора в дисперсию выходной переменной (рассчитываемого стока); $(S_{\text{набл}})^2$ – дисперсия наблюдаемых значений выходной переменной, используемая для нормировки FS .

В уравнении (4) дисперсия, обусловленная ошибками наблюдений за входным фактором, будет присутствовать и в $(S'_{\text{разн}})^2$, и в $(S_{\text{разн}})^2$. Поэтому она не будет влиять на значение FS из-за ее взаимного вычитания в числителе выражения (4)

[11]. Тем самым FS оценивает чувствительность модели непосредственно к естественным вариациям входного фактора, исключая ошибки его наблюдений.

Учитывая высокое качество/адекватность разработанных моделей с показателем $RSR < 0.60$ и критерием Нэша–Сатклиффа $NSE > 0.65$ [14, 15], чувствительность FS характеризует также **реальную значимость факторов среды** для рассмотренных компонентов гидрохимического стока. Поскольку чувствительность FS согласно (4) выражается в долях от $(S_{\text{набл}})^2$, то ее можно выражать в процентах, умножая на 100. Выполненные для нее оценки приведены в табл. 1.

Таблица 1. Чувствительность моделей гидрохимического стока к вариациям факторов среды

Фактор среды	Чувствительность FS компонентов гидрохимического стока для 1/ 2/ 3/ 4-го гидрологических сезонов, % ¹						
	NO_2^-	NO_3^-	NH_4^+	PO_4^{3-}	Ионы	Fe	Взвешенное вещество
ландшафтная структура речных бассейнов ²	52	22	41	>100	8	12	98
	9	19	3	52	4	33	13
	88	46	55	55	7	64	21
	19	31	9	48	6	69	12
крутизна склонов бассейнов	6	14	9	15	18	10	5
	5	9	2	14	5	4	3
	2	0.5	9	5	7	6	0.8
	10	15	19	7	2	9	2
осадки	5	1	3	9	2	11	5
	0.3	1	2	0	1	0	2
	3	0.4	6	5	6	6	2
	5	1	11	16	6	8	5
площадь пахотных земель ³	4	2	0.1	4	12	0	1
	5	0	5	16	33	21	20
	0.3	0	0	16	7	0	9
	3	0	0	16	9	0	4

Примечание: ¹ - оценивается по уравнению (4) и выражается в процентах от дисперсии $(S_{\text{набл}})^2$ у наблюдаемых значений соответствующего компонента гидрохимического стока; ² - значения площадей ландшафтов перепутывались согласно (4) случайным образом в каждом из 34 речных бассейнов; ³ - значения площадей пахотных земель перепутывались согласно (4) случайным образом по всем бассейнам.

Из значений чувствительности моделей к факторам среды в табл. 1 видно, что основное влияние на гидрохимический сток оказывает ландшафтная структура речных бассейнов, в соответствии с которой формируются водные стоки Q_k с отдельных ландшафтов. Меньшую роль играет крутизна склонов бассейнов. Согласно табл. 1 гидрохимический сток зависит от осадков в достаточно слабой степени. Влияние осадков непосредственно на вынос растворимых минеральных соединений азота учитывается в уравнениях (2) через ландшафтные водные стоки Q_k , к которым модели чувствительны в наибольшей степени. Собственно чувствительность FS к осадками в табл. 1 характеризует, видимо, влияние уже содержащихся в них соответствующих минеральных соединений [21]. Низкая чувствительность к площадям пашни объясняется незначительностью таких площадей в рассмотренных речных бассейнах Алтае-Саянской горной страны.

Выводы: предложен достаточно простой метод для оценки чувствительности математических моделей природных процессов к естественным вариациям факторов среды. Он основан на статистически случайном перепутывании данных в рядах наблюдений за конкретным входным фактором и последующей подстановкой в модель его перепутанных значений. Метод не требует каких-либо специальных математических процедур и может быть применен к любым математическим моделям, построение которых основано на рядах наблюдений за исследуемым процессом. Метод позволил охарактеризовать чувствительность стока трех форм минерального азота (NO_2^- , NO_3^- , NH_4^+), фосфатов (PO_4^{3-}), ионов, общего растворенного железа и взвешенного вещества для рек Алтае-Саянской горной страны. Он обеспечивает эффективное применение разработанных моделей для управления качеством водных ресурсов страны. При дополнительной идентификации (уточнении значений параметров) моделей они могут использоваться для других горных территорий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. *Deng, X.* Water use efficiency and integrated water resource management for river basin / *X. Deng, R.B. Singh, J. Liu, B. Güneralp* // *Phys. Chem. Earth, Parts A/B/C.* 2015. No 89-90. P. 1-2.
2. *Loucks, D.P.* Water Resources Systems. Planning and Management. An Introduction to Methods, Models and Applications / *D.P. Loucks, E. van Beek* with contributions from *J.R. Stedinger, J.P.M. Dijkman, M.T. Villars.* – Paris: UNESCO Publishing, 2005. 680 p.
3. *Singh, M.* Landscape Ecology and Water Management / *M. Singh, R.B. Singh, M.I. Hasan* // *Proceedings of IGU Rohtak Conference, Vol. 2.* – Tokyo: Springer, 2014. P. 43-50.
4. *Севастьянов, В.В.* Климат высокогорных районов Алтая и Саян. – Томск: изд-во Томского университета, 1998. 201 с.
5. *Jarrett, R.D.* Hydrologic and hydraulic research in mountain rivers // *Water Resour. Bull.* 1990. V. 26. P. 419-429.
6. *Koren, V.* Hydrology laboratory research modeling system (HL-RMS) of the US National Weather Service / *V. Koren, S. Reed, M. Smith* et al. // *J. Hydrol.* 2004. V. 291. P. 297-318.
7. *Sene, K.* Flood Warning, Forecasting and Emergency Response. – Berlin, London: Springer, 2008. 303p.
8. *Kirsta, Yu.B.* System-analytical modeling –Part I: General principles and theoretically best accuracies of ecological models. Soil-moisture exchange in agroecosystems // *Ecol. Modelling.* 2006. Vol. 191. P. 315-330.
9. *Кирста, Ю.Б.* Информационно-физический закон построения эволюционных систем. Системно-аналитическое моделирование экосистем / *Ю.Б. Кирста, Б.Ю. Кирста.* – Барнаул: изд-во Алт. гос. ун-та, 2014. 283 с.
10. *Кирста, Ю.Б.* Имитационная математическая модель стока средних и малых рек для горных территорий / *Ю.Б. Кирста, А.В. Пузанов, О.В. Ловцкая* и др. // *Известия Самарского научного центра РАН.* 2012. Т. 14. №1(9). С. 2334-2342.
11. *Кирста, Ю.Б.* Чувствительность моделей речного стока к факторам среды и ее количественная оценка // *Известия Самарского научного центра РАН.* 2015. Т. 17. №6. С. 97-103.
12. *Кирста, Ю.Б.* Моделирование гидрохимического стока горных рек: 1. Сток минеральных соединений азота / *Ю.Б. Кирста, А.В. Пузанов* // *Известия Самарского научного центра РАН.* 2016. Т.18. №2(1). С. 96-100.
13. *Kirsta, Yu.B.* System-analytical modeling of water quality for mountain river runoff / *Yu.B. Kirsta, A.V. Puzanov* // *Водный форум БРИКС: Междунар. науч.-практ. конф.* – М., 29-30 сент. 2016 г. – http://bricswater.org/data/2016/10/20/1107835601/%D0%A1%D0%B5%D0%BA%D1%86%D0%B8%D1%8F%20_%20%D0%A6%D0%B5%D0%BB%D1%8B%D0%B9.pdf
14. *Moriasi, D.N.* Model evaluation guidelines for systematic quantification of accuracy in watershed simulation / *D.N. Moriasi, J.G. Arnold, M.W. Van Liew* et al. // *Transactions of the ASABE.* 2007. V. 50(3). P. 885-900.
15. *Koch, M.* SWAT-modeling of the impact of future climate change on the hydrology and the water resources in the upper blue Nile river basin, Ethiopia / *M. Koch, N. Cherie* // *Proceedings of the 6-th Intern. Conf. on Water Resources and Environment Research, ICWRER 2013.* – Koblenz, Germany, June 3-7, 2013. P. 428-523.
16. *Skahill, B.E.* Practice driven and state-of-the-art methods to quantify hydrologic model uncertainty. ERDC/CHL CHETN-IV-87. – Vicksburg, MS, U.S.: Army Engineer Research and Development Center, 2013. 19 p.
17. *Iooss, B.* A review on global sensitivity analysis methods / *B. Iooss, P. Lemaitre* // In: *Uncertainty management in Simulation-Optimization of Complex Systems: Algorithms and Applications*, C. Meloni and G. Dellino (Eds.). – Springer US, 2015. 264 p.
18. *Song, X.* Global sensitivity analysis in hydrological modeling: Review of concepts, methods, theoretical framework, and applications / *X. Song, J. Zhang, C. Zhan* et al. // *Journal of Hydrology.* 2015. V. 523. P. 739-757.
19. *Кирста, Ю.Б.* Декомпозиция метеорологических полей Северного полушария Земли: 2. Выделение зон наибольшей дестабилизации климата / *Ю.Б. Кирста, Н.Ю. Курепина, О.В. Ловцкая* // *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований.* 2014. № 5-1. С. 63-68.
20. *Кирста, Ю.Б.* Пространственное обобщение климатических характеристик для горных территорий // *Мир науки, культуры, образования.* 2011. №3(28). С. 330-337.
21. *Савичев, О.Г.* Атмосферные выпадения в бассейне Средней Оби и их влияние на гидрохимический сток рек / *О.Г. Савичев, А.О. Иванов* // *Известия РАН. Сер. геогр.* 2010. №1. С. 63-70.

THE SENSITIVITY OF HYDROCHEMICAL RUNOFF OF MOUNTAIN RIVERS TO ENVIRONMENTAL FACTORS

© 2017 Yu.B. Kirsta^{1,2}, A.V. Puzanov¹

¹Institute for Water and Ecological Problems SB RAS, Barnaul

²Altai State Technical University

The method of system-analytical modeling of complex natural systems is proposed to construct the simulation balance models for hydrochemical runoff of mountain rivers. Basing on the example of 34 mid-size and small rivers of the Altai-Sayan mountain country as a regional case study, we developed the balance models of 7 hydrochemical runoff components: three nitrogen mineral forms (NO_2^- , NO_3^- , NH_4^+), phosphates (PO_4^{3-}), ions, total dissolved iron, and suspended matter. To calculate the seasonal and long-term hydrochemical runoff, four hydrological periods/seasons were specified. The sensitivity of models to variations of their input factors was evaluated. The sensitivity is expressed as a contribution of a particular factor to the variance of hydrochemical runoff values. A quantitative assessment of the hydrochemical runoff sensitivity (for each of 7 components) was obtained for the following factors: landscape structure of river basins, basin lateral slope, precipitation, arable land area.

Key words: *system-analytical modeling, mountain river, hydrochemical runoff, model sensitivity, Altai, Sayan*

УДК 581.5:[541.144:543.42]

ИНТЕГРАЛЬНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ СПЕКТРОВ ПОГЛОЩЕНИЯ ЭКСТРАКТОВ ИЗ ЗЕЛЕННЫХ ЛИСТЬЕВ

© 2017 В.М. Колдаев

Федеральный научный центр биоразнообразия наземной биоты
Восточной Азии ДВО РАН, г. Владивосток

Статья поступила в редакцию 29.03.2017

Интегральные показатели интенсивности поглощения (ПИП) для экстрактов из зеленых листьев определяли методом спектрофотометрии как площадь под контуром полосы в пределах абсцисс точек перегиба абсорбционного спектра, используя формулу Симпсона. Показано, что в процессе вегетации значения ПИП сначала возрастают, достигают максимальных значений в фазах цветения и плодоношения, а затем резко снижаются при диссеминации. Выявлена наиболее сильная корреляционная связь ПИП с фазами вегетации и менее сильная с температурой воздуха и продолжительностью светового дня. Самые значительные ПИП имеют экстракты из листьев растений с наиболее высокими максимумами в диапазоне 430–450 нм. Полученные ПИП характеризуют высокочувствительные к внешним воздействиям фотосинтетические процессы и могут использоваться в качестве простых и достаточно точных тестов для экспресс-анализа, контроля и мониторинга состояния растительных ресурсов.

Ключевые слова: фотосинтез, пигмент, интенсивность поглощения, спектрофотометрия, мониторинг

Важнейшими показателями состояния растений служат фотосинтетические процессы [1]. Фоторецепторная система зеленого листа включает каротино-хлорофилловый комплекс (КХК) химически разнообразных соединений с максимумами поглощения в видимой части фотосинтетически активной солнечной радиации [2]. В поглощении света участвуют и имеющиеся в составе листьев другие пигменты (ДП) антоцианы, флавоноиды с хромофорными группами, поглощающими обычно в ультрафиолетовом диапазоне. Соотношения поглощений молекулами КХК и ДП зеленого листа дают представления об утилизации световой энергии и могут использоваться для характеристики фотосинтетических процессов. Сравнительно простым и достаточно точным методом определения указанных соотношений служит молекулярная спектрофотометрия извлечений из зеленого листа [3]. Как ранее нами было показано [4], растения по абсорбционным показателям спиртовых экстрактов подразделяются на три спектрофотометрических группы в зависимости от длины волны наиболее высокого максимума (НВМ) поглощения. В спектрах поглощения (СП) экстрактов растений одной группы НВМ находятся в диапазоне 250–300, 2-й группы – от 310 до 360 и 3-й – от 410 до 450 нм, соответственно, и коэффициенты относительной фотоабсорбции распределены по группам в возрастающей последовательности [5, 6]. Безусловно, заслуживает внимания сопоставление поглощательных свойств различных хромофоров листа, показателем чего служит интегральная интенсивность поглощения, что имеет практическое значение, например, при оценке влияния среды на состояние растительных ресурсов. Однако относительная интенсивность

поглощения хромофоров из листьев растений Приморья изучена недостаточно полно.

Цель работы: спектрофотометрические исследования интегральной интенсивности поглощения экстрактов из листьев растений Приморья в зависимости от фаз вегетации, факторов среды и принадлежности растений к спектрофотометрическим группам.

Материалом исследований служили листья черной (*Ribes nigrum* L.) сорта «Чемпион Приморья» и красной (*Ribes rubrum* L.) сорта «Ранняя сладкая» смородины, боярышника перистонадрезанного (*Crataegus pinnatifida* Bunge.), мааки амурской (*Maackia amurensis* Rupr.), калужницы болотной (*Caltha palustris* L.), а также 22 растений (табл. 2) из разных спектрофотометрических групп, произрастающих на территории юга Приморского края. Наблюдения проводили с апреля по сентябрь. Для исследований от каждого вида растений брали по 5 независимых проб в 14–16 час в сухую солнечную погоду. Для сезонных исследований пробы брали по 20-м числам каждого месяца.

В одну пробу включали 8–10 неповрежденных листьев от 3–5 визуально здоровых растений одного вида, затем методом случайных чисел отбирали три листа. Дальнейшие манипуляции выполняли в затененном помещении. Из отобранных листьев немедленно на специальном планшете керамическим ножом вырезали в средней трети симметрично центральной жилке по два фрагмента 1×1 см, которые тотчас тщательно растирали в фарфоровой ступке с кварцевым песком, небольшой добавкой углекислого магния и 10 мл 95%-го этанола. После 2–3-х минутного настаивания экстракты фильтровали через бумажный фильтр во флаконы темного стекла. Спектры поглощения регистрировали на цифровом спектрофотометре UV-2501PC (Shimadzu, Япония) в диапазоне 220–710 нм с шагом 1 нм не позднее, чем

Колдаев Владимир Михайлович, доктор биологических наук, профессор, ведущий научный сотрудник лаборатории лекарственных растений. E-mail: kolvm42@rambler.ru

через 18-24 часа после приготовления экстрактов. Обработку и нормировку спектров, определение точек перегиба, температуры воздуха (ТВ) и продолжительности светового дня (ПСД), а также обозначение фаз вегетации (ФВ) производили по описанной ранее методике [5, 7].

Интегральную интенсивность поглощения, численно равную площади между осью абсцисс и контуром полосы [8], вычисляли по квадратурной формуле Симпсона, использующейся обычно при численном интегрировании сложных кривых в заданных пределах [9]. В качестве пределов интегрирования брали точки перегиба контура полосы поглощения. Например, в СП экстракта из листьев маакии амурской (рис. 1) участок между точками перегиба 1 и 2 соответствует поглощению ДП листа. Площадь $S_{ДП}$ (горизонтальная штриховка) под контуром полосы в пределах абсцисс точек перегиба от λ_1 до λ_2 брали как численно равную их интегральной интенсивности поглощения в условных единицах (у.е.).

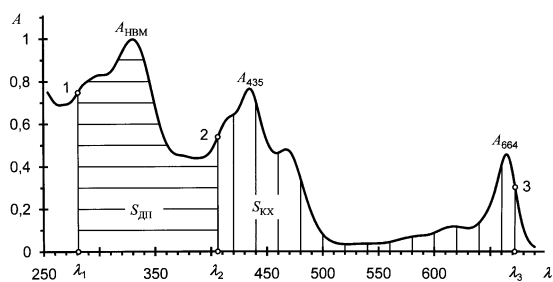


Рис. 1. Нормированный СП экстракта в 95%-м этаноле из листьев маакии амурской:

1, 2 и 3 – точки перегиба контура полосы, $A_{НВМ}$ – ордината наиболее высокого максимума, A_{435} и A_{664} – экстинкции каротиноидов и хлорофилла. Пояснения в тексте. По горизонтали – длина волны λ в нм, по вертикали – экстинкция A в отн. ед.

Аналогично участок между точками перегиба 2 и 3 соответствует поглощению КХК (A_{435} и A_{664}), а площадь $S_{КХ}$ (вертикальная штриховка) под контуром полосы брали как интегральную интенсивность его поглощения в пределах абсцисс точек перегиба от λ_2 до λ_3 . Общую интегральную интенсивность поглощения ($S_{общ}$), или площадь под контуром полосы между точками перегибов 1 и 3 в пределах абсцисс от λ_1 до λ_3 определяли как сумму:

$$S_{общ} = S_{ДП} + S_{КХ}.$$

Показателями интенсивности поглощения (ПИП) служили доля (F , в %) поглощения КХК в общем поглощении:

$$F = 100S_{КХ}/S_{общ},$$

и коэффициент $K_{отн}$, относительного поглощения КХК по сравнению с ДП:

$$K_{отн} = S_{КХ}/S_{ДП}.$$

Экспериментальные данные обрабатывали статистически методами малой выборки и линейной парной корреляции [10].

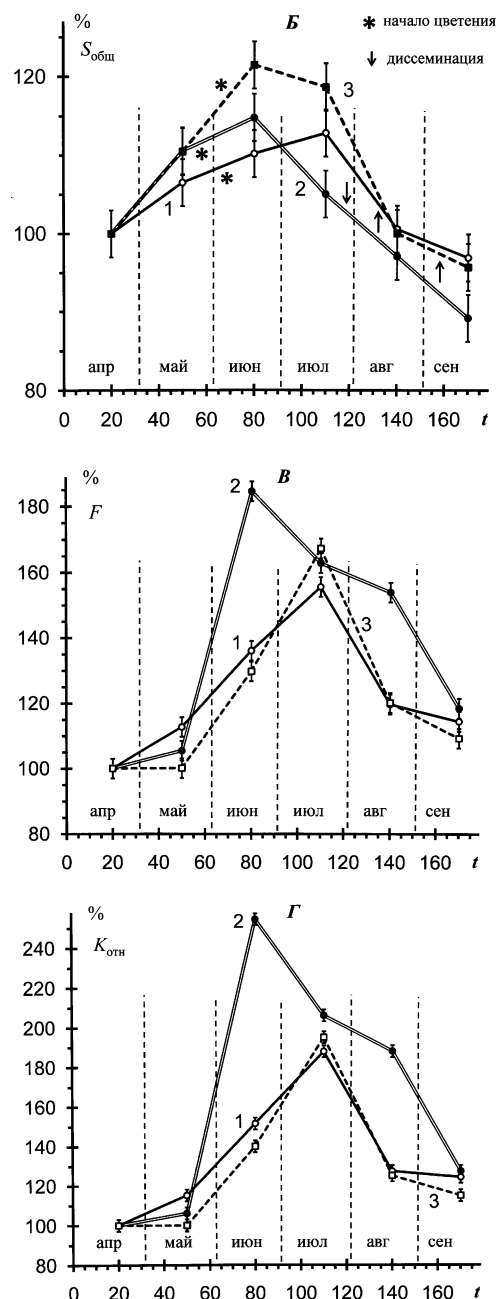


Рис. 2. Сезонные изменения (в %) спектрофотометрических показателей поглощения спиртовых экстрактов из листьев боярышника (1), красной (2) и черной (3) смородины. Пояснения в тексте

Полученные результаты показывают (рис. 2), что $S_{общ}$ для СП экстрактов листьев красной смородины, зацветающей во второй половине мая, возрастает, достигая максимума в фазе плодоношения в июне, а затем в конце июля – начале августа, в периоде диссеминации, снижается. Похожая динамика $S_{общ}$ наблюдается и для СП экстрактов из листьев других исследованных растений, но ее максимумы и спады наблюдаются несколько позже, в связи с более поздними сроками цветения и диссеминации черной смородины и особенно боярышника (рис. 2Б). Аналогично изменяются и ПИП (F и $K_{отн}$): показатели нарастают по мере развития растений в

начале вегетации, достигая максимальных значений во время цветения и начала плодоношения, а затем в период диссеминации резко снижаются (рис. 2В и 2Г). В фазах цветения – начала плодоношения отмечается наибольшее возрастание показателя $K_{отн}$, в 1,89-2,52, показатель F увеличивается в средней степени в 1,55-1,85 и наименьший прирост имеет $S_{общ}$, всего в 1,11-1,19 раза по сравнению с «апрельскими» величинами. Значительные приросты

доли КХК в общем поглощении и относительного поглощения его молекул по сравнению с другими хромофорами свидетельствует о существенной активации фотосинтетических процессов в периоды плодоношения, что согласуется с положениями общей теорией физиологии растений [2]. Таким образом, ПИП $K_{отн}$ и F дают представления о напряженности фотосинтетических и, по-видимому, могут служить для их характеристики.

Таблица 1. Коэффициенты корреляции (R) показателей интегральной интенсивности поглощения СП экстрактов из листьев растений с фазами вегетации (ФВ), температурой воздуха (ТВ) и продолжительностью светового дня (ПСД)

Показатель	Фактор	Растения				Среднее
		калужница	смородина черная	смородина красная	боярышник	
		R				
$S_{общ}$	ФВ	0,97	0,93	0,97	0,63	0,87±0,08*
	ТВ	0,04	0,70	0,33	0,68	0,44±0,16
	ПСД	0,60	0,91	0,89	0,93	0,83±0,08*
F	ФВ	0,72	0,95	0,59	0,91	0,79±0,08*
	ТВ	0,61	0,94	0,87	0,85	0,82±0,07*
	ПСД	0,11	0,66	0,69	0,58	0,51±0,13
$K_{отн}$	ФВ	0,69	0,92	0,62	0,89	0,78±0,06*
	ТВ	0,67	0,92	0,62	0,84	0,76±0,07
	ПСД	0,17	0,61	0,72	0,56	0,51±0,12

Примечания: * – достоверно при $p < 0,05$

Таблица 2. Показатели интегральной интенсивности поглощения абсорбционных спектров экстрактов из листьев растений по спектрофотометрическим группам (Γ [4]) и длина волны (λ) наиболее высоких максимумов

Γ	Наименование растений	λ (нм)	Показатели ИИП		
			$S_{общ}$ (y.e)	F (%)	$K_{отн}$
250 – 300 нм	Аконит Кузнецова, <i>Aconitum kusnezoffii</i> Rchb.	268	135,6±11,2	31,59±1,41	0,46±0,03
	Актинидия аргута, <i>Actinidia arguta</i> (Siebold et Zucc.) Planch ex Miq.	280	111,8±10,6	25,09±1,11	0,33±0,02
	Береза плосколистная, <i>Betula platyphylla</i> Sukacz.	266	134,3±11,3	28,29±1,14	0,39±0,03
	Венерин башмачок обыкновенный, <i>Cypripedium calceolus</i> L.	268	88,5±7,56	22,90±1,12	0,30±0,02
	Вероника длиннолистная, <i>Veronica longifolia</i> L.	280	79,7±5,64	19,65±0,92	0,24±0,01
	Лиственница сибирская, <i>Larix sibirica</i> Ledeb.	271	79,3±5,78	22,63±1,12	0,29±0,02
	Малина обыкновенная, <i>Rubus idaeus</i> L.	257	117,1±10,2	28,84±1,16	0,41±0,03
	среднее значение		106,8±9,6	24,68±1,12	0,33±0,02
310 – 360 нм	Амброзия, <i>Ambrosia artemisiifolia</i> L.	331	132,8±11,4	36,68±1,18	0,58±0,04
	Вейгела ранняя, <i>Weigela praecox</i> (Lemoine) Bailey	331	136,3±11,6	38,22±2,11	0,62±0,05
	Виноград амурский, <i>Vitis amurensis</i> Rupr.	335	158,1±12,3	36,12±2,01	0,57±0,05
	Гореч почечуйный, <i>Polygonum persicaria</i> L.	333	168,8±12,8	31,14±1,19	0,45±0,03
	Горчица сарептская, <i>Brassica juncea</i> (L.) Czern.	341	128,8±10,2	43,08±3,12	0,76±0,06
	Иссоп лекарственный, <i>Hyssopus officinalis</i> L., Sp., Pl.	327	152,6±12,6	33,48±2,16	0,50±0,03
	Лапчатка гусиная, <i>Potentilla anserina</i> L.	329	182,0±16,4	31,57±2,13	0,46±0,02
	Одуванчик лекарственный, <i>Taraxacum officinale</i> Wigg.	333	135,7±11,1	36,45±2,17	0,57±0,03
	Среднее значение		149,4±12,1	35,84±1,89	0,56±0,03

		Продолжение таблицы 2			
410 – 450 нм	Галинзога мелкоцветковая, <i>Galinsoga parviflora</i> Cav.	434	167,8±14,2	53,59±3,14	1,15±0,09
	Гулявник лекарственный, <i>Sisymbrium officinale</i> (L.) Scop.	434	173,8±14,7	48,21±2,16	0,93±0,08
	Кабачок, 'Суша', <i>Cucurbita pepo</i> ssp. <i>pepo</i>	433	167,7±14,6	51,56±4,12	1,06±0,09
	Настурция большая, <i>Tropaeolum majus</i> L.	434	205,6±18,3	41,88±3,15	0,72±0,05
	Пырей ползучий, <i>Elytrigia repens</i> (L.) Desv. Ex Nevsk	434	199,7±17,8	42,41±2,98	0,74±0,05
	Хоста подорожниковая, <i>Hosta plantaginea</i> (Lam.) Asch.	434	184,4±15,6	46,31±2,78	0,86±0,05
	Чемерица даурская, <i>Veratrum dahuricum</i> (Turcz.) Loes.	434	166,8±14,5	50,01±4,11	1,00±0,09
Среднее значение			180,8±15,2	47,71±3,64	0,92±0,08

Связь полученных показателей с факторами среды и фазами вегетации проявляется в разной мере. Для всех показателей выявлена высокая положительная достоверная корреляция с фазами вегетации (табл. 1). С факторами среды достоверные значения коэффициентов корреляции обнаружены только для показателя $S_{\text{общ}}$ с ПСД и для показателя F с ТВ. Связи других показателей с исследованными факторами малозначимы и недостоверны. Приведенные корреляционные взаимоотношения подтверждают ведущую роль ФВ в сезонной изменчивости фотосинтетических процессов. Приведенные результаты не противоречат литературным данным [10, 11], полученным при изучении структурно-функциональных сдвигов фотосинтетического аппарата, ультраструктуры клеток мезофилла и пигментного комплекса хлоропластов на примере лиственницы сибирской.

Представляло интерес определение значений ПИП для СП экстрактов из листьев растений, принадлежащих к выявленным нами ранее спектрофотометрическим группам [4, 5] в зависимости от положения НВМ в оптическом диапазоне. Интегральные показатели интенсивности поглощения определяли на их максимуме, в фазах цветения – начала плодоношения (табл. 2). Следует заметить, что значения показателей разного рода отличаются в несколько раз. Например, для СП экстракта из листьев аконита Кузнецова $S_{\text{общ}}$ и F различаются в 3,7, а $S_{\text{общ}}$ и $K_{\text{отн}}$ в 294,8 раза. В связи с этим для наглядности и удобства значения ПИП в группах целесообразно было для сопоставления выразить в процентах относительно первой спектрофотометрической группы (рис.3).

В первой группе растений с НВМ в СП экстрактов из листьев в коротковолновой части ультрафиолетового диапазона 250-300 нм выявлены наиболее низкие значения ПИП. В третьей группе, с НВМ в видимом (синем) диапазоне 410-450 нм, $S_{\text{общ}}$ в 1,69, F в 1,93 и $K_{\text{отн}}$ в 2,78 раза больше по сравнению с аналогичными показателями растений 1-й группы. Во второй группе ПИП имеют промежуточные значения между показателями первой третьей групп (рис. 3).

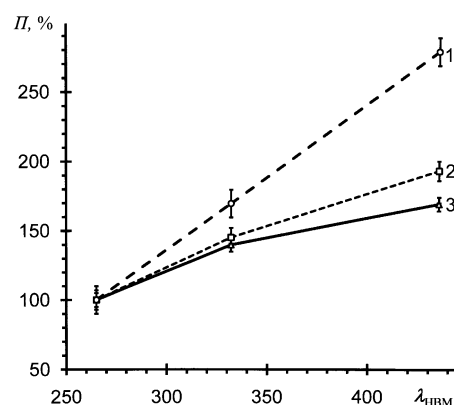


Рис. 3. Зависимость коэффициента относительного поглощения (1), доли поглощения (2) и общего поглощения (3) от длины волны наиболее высокого максимума. По вертикали – показатели в %, по горизонтали – длина волны НВМ в нм

Выводы: результаты работы дополняют представления о вариабельности фотосинтетических процессов на различных этапах вегетации и могут служить основой при разработке методов оценки устойчивости растений в условиях изменяющейся среды обитания. Полученные значения интегральных ПИП отображают напряженность фотосинтетических процессов. Ведущими факторами в сезонной изменчивости ПИП экстрактов из листьев являются ФВ и ПСД. Описанная методика определения относительной поглощательной способности КХК по сравнению с хромофорами других пигментов зеленого листа довольно проста и мало трудоемка, что немаловажно в полевой практике, при этом достаточно точная. Интегральные ПИП можно использовать в качестве спектрофотометрического теста состояния фотосинтетических процессов при экспресс-анализе, контроле, мониторинге растений и решении вопросов экологии растительных ресурсов, связанных с фотосинтетическими проблемами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Меньшакова, М.Ю. Изменчивость фотосинтетического аппарата растений: бореальные и субарктические экосистемы. – М.: Наука, 2008. 117 с.

2. *Алехин, Н.Д.* Физиология растений / *Н.Д. Алехин, Ю.В. Баночкин, В.Ф. Гавриленко* и др. – М.: Академия, 2007. 640 с.
3. *Шмидт, В.* Оптическая спектроскопия для химиков и биологов. – М.: Техносфера, 2007. 368 с.
4. *Колдаев, В.М.* Разновидности абсорбционных спектров этанольных извлечений из листьев растений / Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2014. Т. 16, № 5(3). С. 1793-1795.
5. *Колдаев, В.М.* Сезонная динамика относительной фотоабсорбции в зеленых листьях растений / Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2016. Т. 18, № 2. С. 101-104.
6. *Колдаев, В.М.* Спектрофотометрический фотоабсорбционный тест как экологическая оценка состояния зеленых растений / Экологические проблемы природопользования и охрана окружающей среды в азиатско-тихоокеанском регионе: Сред. формы жизни, их охрана и восстановление. – Владивосток: Дальнаука, 2016. С. 55-59.
7. *Колдаев, В.М.* Фотометрические параметры абсорбционных спектров экстрактов из растений / *В.М. Колдаев, В.В. Ващенко, Г.Н. Бездетко* // Тихоокеанский медицинский журнал. 2009. № 3. С. 49-51.
8. *Пиняжко, Р.М.* Методы УФ-спектрофотометрии в фармацевтическом анализе / *Р.М. Пиняжко, Т.Г. Каленюк*. – Киев: «Здоров'я», 1976. 256 с.
9. Математическая энциклопедия. Т. 4. Ок – Сло / Гл. ред. И.М. Виноградов. – М.: Советская энциклопедия, 1984. 1216 стб.
10. *Зайцев, Г.Н.* Математическая статистика в экспериментальной ботанике. – М.: Наука, 1984. 424 с.
11. *Цельникер, Ю.Л.* Анализ влияния факторов среды на фотосинтез хвойных Предбайкалья / *Ю.Л. Цельникер, М.Д. Корзунин, Г.Г. Суворова* и др. // Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. 2007. Т. 21. С. 265-292.
12. *Загирова, С.В.* Структура, содержание пигментов и фотосинтез хвои лиственницы сибирской на северном и приполярном Урале // Лесоведение. 2014. № 3. С. 3-10.

INTEGRATED INDEXES OF ABSORPTION SPECTRUMS FROM GREEN LEAVES EXTRACTS

© 2017 V.M. Koldayev

Federal Scientific Center of East Asia Terrestrial Biodiversity FEB RAS, Vladivostok

The integrated indexes of absorption intensity (IAI) for extracts from green leaves were determined by spectrophotometry method as the area under a strip contour within abscissa of inflection points of absorbing range, using Simpson's formula. It is shown that in the course of IAI value vegetation at first increase, reach the maximum values in phases of blossoming and fructification, and then sharply decrease at a dissemination. The strongest correlation communication of IAI with phases of vegetation and less strong with the air temperature and duration of light day is revealed. The most considerable IAI have extracts from leaves of plants with the highest of a maximum in the range of 430-450 nanometers. The received IAI characterize photosynthetic processes, highly sensitive to external influences, and also enough exact tests for the express analysis, control and monitoring of a condition of vegetable resources can be used as simple.

Key words: *photosynthesis, pigment, intensity of absorption, spectrophotometry, monitoring*

УДК 634.731 (471+571)

РЕСУРСНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ГОЛУБИКИ ТОПЯНОЙ (*VACCINIUM ULIGINOSUM* L.) В ТАЕЖНОЙ ЗОНЕ РОССИИ

©2017 Е.А. Лугинина¹, Т.Л. Егошина^{1,2}, Н. В. Капустина¹

ВНИИ охотничьего хозяйства и звероводства им. проф. Б.М. Житкова
Вятская сельскохозяйственная академия, г. Киров

Статья поступила в редакцию 18.05.2017

Представлены материалы по фитоценотической приуроченности, урожайности и ресурсам *Vaccinium uliginosum* L. в таежных регионах России. Отмечен неравномерный характер распределения относительной плотности биологического запаса плодов голубики на территории России, неустойчивость плодonoшения, снижение площади зарослей голубики и увеличение степени их освоения.

Ключевые слова: *Vaccinium uliginosum* L., природная популяция, урожайность, ресурсы, таежная зона, Россия

В современных социально-экономических условиях происходит резкое увеличение уровня антропогенного влияния на естественные популяции хозяйственно важных видов дикорастущих растений. Это приводит к осознанию необходимости рационального использования ресурсов дикорастущих ягодников, основой которого являются материалы об их урожайности, закономерностях территориального и временного распределения, ресурсах и особенностях использования. Однако до сих пор фитоценотическая приуроченность, урожайность, запасы и особенности использования этих видов на территории России изучены недостаточно. Наиболее востребованными в России видами дикорастущих ягодных растений являются представители р. *Vaccinium* L. (сем. *Ericaceae*), среди которых, и голубика топяная (*Vaccinium uliginosum* L.), единственный вид голубики, представленный в природных популяциях таёжной зоны страны.

Голубика топяная (*Vaccinium uliginosum* L.) – циркумполярный гларктический вид. Ареал голубики топяной охватывает два материка: Северную Америку и Евразию. В Европейской части (Норвегия) проходит северная граница ареала. На западе России голубика топяная распространена на Кольском полуострове, на островах Ледовитого океана. Ареал также охватывает всю тундровую полосу от Сибири до Камчатки. Голубика распространена в Японии, на Курильских островах, в арктической части Северной Америки, в Гренландии [10]. Ареал голубики топяной заходит также в Ирано-Туранскую и Восточно-Азиатскую флористические области [9]. В пределах своего ареала вид дифференцирован на два подвида – *V. uliginosum* ssp.,

произрастающий в таежной зоне и *V. microphyllum* (Lange) Tolm., распространенный в северной тайге, лесотундре, тундре и в горно-тундровом поясе [4]. Голубика топяная (*V. uliginosum* L.) представляет собой листопадный кустарничек высотой от 0,05 до 1,6 м. Цветет в июне-июле, плодonoсит в августе-сентябре [11, 22]. Плоды голубики топяной богаты биологически активными веществами, что позволяет широко использовать их в качестве сырья в пищевом и фармакологическом производстве [12].

В связи с востребованностью сырья ведутся исследования по введению *V. uliginosum* L. в культуру. В 1966 г. подобного рода работы начаты в Главном ботаническом саду Российской академии наук (г. Москва), в 1969 г. в Центральном сибирском ботаническом саду Сибирского отделения РАН (г. Новосибирск), в 1986 г. – на Центральной лесной опытной станции ВНИИ лесоводства и механизации лесного хозяйства, и в 1975 г. – в Биологическом институте Карельского научного центра РАН. Результаты исследований свидетельствуют о перспективности выращивания *V. uliginosum* L. в Костромской и Новосибирской областях [4, 23].

Цель работы: выявление эколого-биологических особенностей, параметров продуктивности и ресурсов *V. uliginosum* L. в природных популяциях на территории России.

Материалы и методы. Исследование проводилось в таежных регионах России, расположенных во всех федеральных округах страны. Значительная часть работы, в том числе работы по интродукции голубики, выполнена в Кировской области, которая была выбрана в качестве модельного региона вследствие типичности природных условий области для таежной зоны страны и наличия значительного количества естественных популяций голубики топяной. Выявление урожайности и ресурсов *V. uliginosum* L. были проведены с использованием традиционных методов ресурсных исследований [7, 8]. При изучении природных популяций *V. uliginosum* L. и особенностей использования ресурсов применялись методы постоянных пробных площадей и ключевых участков с последующей

Лугинина Екатерина Андреевна, старший научный сотрудник отдела экологии и ресурсоведения. E-mail: e.luginina@gmail.com;

Егошина Татьяна Леонидовна, доктор биологических наук, заведующая отделом экологии и ресурсоведения; профессор кафедры экологии и зоологии. E-mail: etl@inbox.ru;

Капустина Наталья Васильевна, научный сотрудник отдела экологии и ресурсоведения. E-mail: natalika.vasil@yandex.ru

экстраполяцией данных на однотипные фитоценозы [13], метод балльной оценки урожайности [7], анкетирования и опросов, структурированных маркетинговых наблюдений. В работе использовались также архивные материалы отдела экологии и ресурсоведения ФГБНУ ВНИИОЗ.

Результаты и обсуждения. *V. uliginosum* L. встречается в России по всей таежной зоне в хвойных долгомошных, зеленомошных, кустарничково-сфагновых типах леса, в кустарничковых тундрах. К голубичным угодьям в Кировской области относятся низкополнотные (сомкнутость крон 0,2–0,4) спелые сосняки осоково-сфагновые, средневозрастные низкополнотные березняки осоково-сфагновые, на северо-востоке области – мезоолиготрофные болота осоково-сфагновые. Обилие голубики выше в низкополнотных осоково-сфагновых сосняках.

Древостой сосняков и березняков сфагновых обычно образован в той или иной степени угнетенной сосной и березой, их рост задержан, возобновление слабое. Травяно-кустарничковый ярус развит слабо. Для него характерны *Vaccinium uliginosum* L.,

Ledum palustre L., *Chamaedaphne calyculata* (L.) Moench, *Andromeda polifolia* L., *Oxycoccus palustris* Pers., *O. microcarpus* Turcz.ex Rupr., *Eriophorum vaginatum* L., *Salix myrtilloides* L., *Menyanthes trifoliata* L., виды р. *Carex*, *Comarum palustre* L., а по кочкам – *Vaccinium myrtillus* L., *Eriophorum polystachyon* L. Сплошной моховой покров представлен *Sphagnum wulfianum* Girg, *S. girgensohnii* Russ., *S. sguarcosum* Grome, между ними изредка встречаются одиночные экземпляры *Thuidium tamariscifilium* (Hedw.) Lindb, по кочкам – виды р. *Polytrichum*, среди которых наиболее обычен *P. commune* L. Голубика встречается в этих типах леса рассеянно или крупными куртинами на повышенных участках рельефа и по кочкам. Ягодоносная площадь составляет в подзоне средней тайги около 10%, в южной тайге и хвойно-широколиственных лесах – от 5 до 10% площади низкополнотных насаждений. Площадь голубичных угодий в Кировской области составляет 53,0 тыс.га. Значительная часть их (63% площади) сосредоточена в северных районах области, в подзоне средней тайги (табл. 1).

Таблица 1. Ягодоносная площадь и запасы ягод *Vaccinium uliginosum* L. в различных подзонах Кировской области

Подзона	Площадь угодий, тыс.га	Ягодоносная площадь, тыс.га	Биологический запас, т	Эксплуатационный запас, т
средняя тайга	33,0	3,32	$\frac{189,2-838,7^*}{598,1}$	187,0
южная тайга	19,7	1,42	$\frac{84,4-239,4}{152,9}$	81,8
хвойно-широколиственные леса	0,3	0,04	$\frac{1,9-3,9}{2,8}$	2,1
Итого	53,0	4,78	758,3	270,9

Примечание: * над чертой – минимальная и максимальная, под чертой – среднегодовалая величина биологического запаса

Чуть более трети (37%) голубичных угодий расположены в подзоне южной тайги. Менее 1% (261 га) голубичных угодий выявлено в подзоне хвойно-широколиственных лесов. Ягодоносная площадь составляет 10% от общей площади голубичных угодий в средней тайге, в южной тайге – 7,2%, в подзоне хвойно-широколиственных лесов – 14,2%. Величина ягодоносной площади максимальна в подзоне средней тайги – 3,32 тыс. га (69% от общей ягодоносной площади в области). Среди районов области наибольшей ягодоносной площадью характеризуется Верхнекамский (2504 га). Доступность угодий в последнее время значительно возросла и колеблется по районам от 70 до 100%.

Биологический запас *V. uliginosum* в области колеблется от 275,5 т до 1082,0 т, составляя в среднем 758,3 т. Данный показатель значительно ниже величины биологического запаса голубики в наиболее богатых голубикой административных регионах России. Например, в Красноярском крае биологический запас плодов голубики составляет 370,0 тыс. т., в Хабаровском крае – 190,0 тыс. т., в Иркутской

области – 180 тыс. т. В среднем по урожайности годы на долю Кировской области приходится лишь 0,6% биологического запаса голубики в России. Максимальной величиной биологического запаса голубики в Кировской области характеризуются северные районы, расположенные в подзоне средней тайги. На их долю приходится 80% всего биологического запаса *V. uliginosum* в регионе. Более 83% этой величины приходится на Верхнекамский район. На долю центральных районов области приходится почти 20% биологического запаса, центральных – 0,26%. Биологический запас более 20 т выявлен в 7 районах области: Верхнекамском (500,8 т), Омутнинском (47,0 т), Лузском (40,5 т), Котельничском (33,0 т), Нагорском (26,5 т), Белохолуницком (26,0 т). Относительная плотность биологического запаса плодов голубики в области невысока. Средняя относительная плотность биологического запаса голубики в области невысока и составляет 6,2 т/тыс. кв.км. Эта величина почти в 40 раз меньше, чем в Иркутской области, Хабаровском крае, Ханты-Мансийском автономном округе и Томской области

(234.4–220.9 т/тыс. кв.км). Среди районов области наибольшей плотностью биологического запаса сырья характеризуется Верхнекамский район (4.8 кг/тыс.га) и Омутнинский (1.0 кг/тыс.га).

При среднем уровне плодоношения, который наиболее характерен для голубичников области, эксплуатационный запас (промысловый урожай) составляет около 35% биологического запаса, достигая 270,9 т. Эта величина в 2–10 раз меньше, чем в пограничных регионах, таких как Вологодская (400 т), Нижегородская (400 т), Пермская (1300 т) и Архангельская (3000 т) области, Республика Коми (3000 т). Около 69% эксплуатационного запаса сосредоточено в северных районах области, причем 55% этой величины – на территории Верхнекамского района. В подзоне южной тайги сосредоточено 30% (150 т) эксплуатационного запаса голубики. Значительной величиной эксплуатационного запаса в этой подзоне характеризуются Омутнинский (24 т), Белохолуницкий (18 т) и Котельничский (16 т) районы. В этих районах возможен промысловый сбор ягод голубики в ограниченных размерах.

Организованные заготовки ресурсов *V. uliginosum L.* в регионе не велись. Голубика использовалась населением для личных нужд. Как правило, заготовки голубики проводили вместе с заготовкой клюквы и брусники в качестве сопутствующего вида. Лишь в последние 15 лет заготовки сырья голубики населением стали повсеместными. Освоение угодий в настоящее время колеблется от 50–70% в северных и центральных районах области до 100% – в южных. Максимальная урожайность *V. uliginosum L.* в Европейской части России может достигать 505 кг/га [24], в Сибири – 620 кг/га [14, 15, 8], на Дальнем Востоке – 530–1300 кг/га [21, 18]. Урожайность *V. uliginosum L.* варьирует в зависимости от географического положения и типа фитоценоза. Так, в Кировской области величины урожайности голубики существенно варьирует в разных типах фитоценозов и подзон (табл. 2).

Таблица 2. Урожайность ягод *Vaccinium uliginosum L.* в различных растительных подзонах Кировской области, кг/га, (min–max / средняя)

Подзона	Урожайность
средняя тайга	<u>30–260</u> 128,3±18,0
южная тайга	<u>20–200</u> 107,1±16,0
хвойно-широколиственные леса	<u>40–110</u> 62,5±9,1

Наибольшей урожайностью характеризуются ценопопуляции голубики в низкополотных осоково-сфагновых и осоково-сфагновых болотах крайнего северо-востока области (Верхнекамский район). Среднемноголетняя урожайность составляет здесь 200±28 кг/га, колеблясь в разные годы от 60±8.4 кг/га в годы слабого плодоношения до 260±32.0 кг/га в годы хорошего плодоношения (табл.

2). В целом в подзоне средней тайги среднемноголетняя урожайность ягод голубики составляет 128,3±18,0 кг/га, изменяясь по годам от 30±3,8 до 260±32,0 кг/га, в южной тайге – 107,1±16,0 кг/га, колеблясь от 20±3,1 кг/га до 200±19,6 кг/га, в подзоне хвойно-широколиственных лесов – 62,5±9,1 кг/га, изменяясь от 40±5,3 кг/га до 110±13,8 кг/га.

Урожайность голубики в области снижается при продвижении к югу. Заготовки голубики рентабельны лишь в подзоне средней и южной тайги. Величина урожайности голубики топяной в Кировской области ниже, чем в большинстве пограничных регионов и в целом по ареалу. Так, средняя урожайность голубики при хорошем плодоношении на Северо-Востоке европейской части России составляет 300 кг/га, при среднем – 200 кг/га, на Северо-Западе – 350 и 210 кг/га соответственно [20]. Л.В. Пучнина [16] отмечала в березняке голубично-зеленомошном в Пинежском госзаповеднике (Архангельская обл.) урожайность голубики от 117,1±3,1 кг/га до 946,0±168,0 кг/га. В среднетаёжных заболоченных сосняках северо-западной части Пермского края среднемноголетняя урожайность голубики колеблется составляет 250 кг/га [3]. Литературные сведения об урожайности голубики в подзоне северной тайги касаются заболоченных сосняков и болот. Н.Н. Антонова [1] оценивает урожайность голубики на сосново-пушицево-кустарничковом болоте в Печоро-Илыгском заповеднике (Республика Коми) в 44–84 кг/га. В.В. Барыкина [2] отмечает, что урожайность ягод голубики в сосняках сфагновых в Кандалакшском заповеднике (Мурманская обл.) колеблется от 42 до 160 кг/га. По данным Н.М. Пушкиной [17], в Лапландском заповеднике (Мурманская обл.) в березово-сосновых голубично-кустарниковых лесах на 15–20 летних гарях максимальная урожайность голубики достигала 550 кг/га. В.В. Гримашевич [6] также отмечает более высокую среднюю урожайность на постоянных пробных площадях, заложенных в сосняках осоково-долгомошных и долгомошных (от 102±16,2 до 676±56,2 кг/га), черничных и багульниковых (от 134±15,8 до 842±23,8 кг/га), чем в сосняках сфагновых (от 68±8,3 до 311±27,4 кг/га). По мнению В.В. Гримашевича, различия в уровне плодоношения могут быть объяснены различием в уровне грунтовых вод. По его мнению, оптимальным для плодоношения голубики является уровень грунтовых вод от 90 до 40 см. В сосняках сфагновых и осоково-сфагновых уровень грунтовых вод обычно составляет 15–30 см. Условия, благоприятные для плодоношения голубики, в этом типе леса отмечаются лишь в засушливые годы. Лишь О.С. Русаков [19] приводит для южной части Новгородской области (граница южной тайги и хвойно-широколиственных лесов) значения средней урожайности голубики в сосняках заболоченных и сфагновом болоте, близкие к таковым для подзоны хвойно-широколиственных лесов Кировской области – 72–75 кг/га при минимальном уровне плодоношения 2–31 кг/га, максимальном – 159–319 кг/га.

Урожайность голубики возрастает при продвижении на восток. При этом максимальная урожайность также отмечена в условиях среднего уровня грунтовых вод. Так, в Западной Сибири (север Томской области) по данным Н.А. Некратовой и др. [14] урожайность голубики на кустарничково-зеленомошной вырубке 10–15 лет составляет 328,4±44,1 кг/га, на верховом кустарничково-зеленомошно-сфагновом болоте – от 233,1±30,8

кг/га, на переходном кустарничково-сфагновом болоте – от 114,3±14,5 кг/га, в центральной части Западной Сибири – 150–500 кг/га, в Восточной Сибири – 150–450 кг/га, на юге Дальнего Востока – 200–650 кг/га [20]. Биологический запас (Бз) плодов голубики в России в среднеурожайный год составляет 1261,9 тыс. т, эксплуатационный запас (Эз) – 354,7 тыс. т (табл. 3).

Таблица 3. Урожайность и запасы ягод *Vaccinium uliginosum* L. в отдельных федеральных округах РФ

Федеральный округ	Урожайность, кг/га		Биологический запас, тыс. т.	Эксплуатационный запас, тыс. т.
	пределы	средняя		
Северо-Западный	2–505	100	38,6	9,4
Центральный	50–150	100	1,3	0,4
Приволжский	50–150	100	4,8	2,2
Уральский	100–946	300	245,1	122,0
Сибирский	114–620	300	647,5	155,8
Дальневосточный	150–1300	500	324,6	64,9
Итого			1261,9	354,7

Более половины ресурсов плодов голубики сосредоточено в Сибирском (51% Бз и 44% Эз), около четвертой части – в Дальневосточном (26% Бз и 18% Эз) федеральных округах. Среди отдельных территорий наиболее высокими запасами располагают Красноярский край (Бз – 370,0 тыс. т, Эз – 74,0 тыс. т), Хабаровский край (Бз – 190,0 тыс. т, Эз – 38,0 тыс. т), Иркутская область (Бз – 180,0 тыс. т, Эз – 40,0 тыс. т), Ханты-Мансийский АО (Бз – 120,0 тыс. т, Эз – 60,0 тыс. т), Ямало-Ненецкий АО (Бз – 100,0 тыс. т, Эз – 50,0 тыс. т). Минимальные запасы плодов голубики отмечены в Центральном (Ярославская, Смоленская, Московская области) и Приволжском (Республика Татарстан) федеральных округах. Распределение относительной плотности биологического запаса плодов голубики на территории России носит неравномерный характер. Наибольшей плотностью запаса сырья (более 200 т/тыс. км²) характеризуется территория Иркутской области, Хабаровского края, Ханты-Мансийского АО и Томской области.

Степень освоения ягодных угодий различна по видам и регионам: от 10% в наиболее удаленных регионах Сибири и Дальнего Востока до 90% в европейской части страны, в окрестностях населенных пунктов, вдоль автодорог, что приводит к деградации высокопродуктивных фитоценозов, исчезновению наиболее урожайных форм и потере генетического материала. Анализ динамики запасов плодов голубики топяной в таежной зоне страны за период 1961–2004 гг. показал, что из-за трансформации угодий они сократились почти на 40%.

Выводы:

1. Наиболее урожайными голубичными угодьями Кировской области являются низкополотные (0,2–0,4) спелые сосняки осоково-сфагновые подзоны средней тайги. Среднепогодная урожайность голубики в них составляет 128,3±18,0 кг/га.

2. Средняя величина биологического запаса голубики топяной в Кировской области составляет 758,3 т, эксплуатационного запаса – 270,9 т. 80% от величины биологического запаса ягод и 69% от величины промыслового запаса на всей территории области сосредоточено в Верхнекамском районе, расположенном в подзоне средней тайги.

3. Величина урожайности голубики топяной в Кировской области ниже, чем в большинстве пограничных регионов и в целом по ареалу. Максимальная урожайность вида отмечена на юге Дальнего Востока России.

4. Биологический запас плодов голубики топяной в России в среднеурожайный год составляет 1261,9 тыс. т, эксплуатационный – 354,7 тыс. т. Более половины ресурсов сосредоточено в Сибирском (51% биологического запаса и 44% эксплуатационного запаса), около четвертой части – в Дальневосточном (26% биологического запаса и 18% эксплуатационного запаса) федеральных округах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Антонова, Н.И. Продуктивность дикорастущих ягодников Якшинского участка // Труды Печеро-Ильчского госзаповедника. – Сыктывкар: Коми книжное издательство, 1976. Вып. 13. С. 20–40.
2. Барыкина, В.В. Урожай некоторых ягодников на островах Кандакшского залива. Труды Кандакшского госзаповедника. – Мурманск: Мурманская областная типография, 1969. Вып. 7. С. 178–189.
3. Гоннов, В.В. Природные ресурсы Коми-Пермяцкого автономного округа / В.В. Гоннов, Т.Л. Егошина, Н.А. Лопатина и др. – Кудымкар: Коми-пермяцкое книжное издательство, 2005. 192 с.
4. Горбунов, А.Б. Интродукция голубики в Западной Сибири / А.Б. Горбунов, Т.И. Снакина // Растительный мир Северной Азии: проблемы изучения и сохранения биоразнообразия. – Новосибирск: Центральный

- сибирский ботанический сад Сибирского отделения Российской академии наук, 2013. С. 31-33.
5. Горбунов, А.Б. Интродукция нетрадиционных плодовых, ягодных и овощных растений в Западной Сибири / А.Б. Горбунов, В.С. Симагин, Ю.В. Фотев и др. – Новосибирск: Академическое изд-во «Гео», 2013. 290 с.
 6. Гримашевич, В.В. Плодоношение *Vaccinium uliginosum* L. в Полесье // Растительные ресурсы. 1987. Т. 23. Вып. 3. С. 326-333.
 7. Егошина, Т.Л. Недревесные растительные ресурсы России. – М.: Научно-информационное агентство «Природа», 2005. 80 с.
 8. Егошина, Т.Л. Современное состояние недревесных растительных ресурсов России. / Т.Л. Егошина, Л.Н. Шихова, В.Г. Сафонов и др. // Research Institute of Game Management and Fur Farming. 2003. 263 с.
 9. Жизнь растений (цветковые растения). – М.: Просвещение, Т.5, Ч.1, 1980. 430 с.
 10. Конобеева, А.Б. Брусничные в Центрально-Черноземном регионе: науч. издание. – Мичуринск-наукоград РФ: изд-во Мичуринского государственного аграрного университета, 2007. 230 с.
 11. Корпачинский, И.Ю. Древесные растения Азиатской России / И.Ю. Корпачинский, Т.Н. Востовская. – Новосибирск: изд-во Сибирского отделения Российской академии наук, филиал «Гео», 2002. 707 с.
 12. Курлович, Т.В. Голубика высокорослая в Беларуси / Т.В. Курлович, В.Н. Босак. – Минск: Беларуская навука, 1998. 175 с.
 13. Мазная, Е.А. Оценка запасов растений, имеющих хозяйственное значение // Методы изучения лесных сообществ. – СПб., 2002. С. 95-102.
 14. Некратова, Н.А. Ресурсы лекарственных и ягодных растений в северных районах Томской области / Н.А. Некратова, Н.Ф. Некратов, С.И. Михайлова // Растительные ресурсы. 1986. Т. 22. Вып. 3. С. 297-310.
 15. Плотников, Д.А. Запасы дикорастущих лекарственных, ягодных и плодовых растений в Парабельском районе Томской области / Д.А. Плотников, А.С. Шмидт // Растительные ресурсы. 1988. Т. 24. Вып. 2. С.177-182.
 16. Пучнина, Л.В. Урожайность плодов *Vaccinium uliginosum* L. в Пинежском гос.заповеднике // Растительные ресурсы. 1990. Т. 26. Вып. 2. С. 179-191.
 17. Пушкина, Н.М. Естественное возобновление растительности на лесных гарях // Тр. Лапландского госзаповедника. – Мурманск: Мурманская областная типография, 1960. Вып. 4. С. 5-126.
 18. Раус, Л.К. Состояние и использование дикорастущих ягод Камчатки // Продуктивность дикорастущих ягодников и их хозяйственного использования. Research Institute of Game Management and Fur Farming, 1972. С. 131-133.
 19. Русаков, О.С. Урожайность дикорастущих ягод в южной части Новгородской области // Растительные ресурсы. 1969. Т.5. Вып. 3. С. 337-341.
 20. Скрабина, А.А. Методические рекомендации по учету и прогнозу ресурсов дикорастущих ягод и плодов в хозяйствах потребительской кооперации / А.А. Скрабина, К.Г. Колупаева. – Киров: ВНИИОЗ, 1986. 36 с.
 21. Скрабина, А.А. РПродуктивность дикорастущих ягодников и их хозяйственное использование. – Киров, 1992. С. 125-128.
 22. Снакина, Т.И. Интродукция голубики топяной (*Vaccinium uliginosum* L.) в Западной Сибири: Дисс. на соиск. уч. звания к.б.н. – Новосибирск: Центральный сибирский ботанический сад Сибирского отделения Российской академии наук, 2007. 212 с.
 23. Тяк, Г.В. Отбор хозяйственно ценных форм голубики узколистной *Vaccinium angustifolium* Ait. для выращивания на выработанных торфяниках / Г.В. Тяк, А.В. Тяк // Мат-лы Междунар. науч.-практ. конф., посвященной 170-летию ВНИИ селекции плодовых культур. – Орел: ВНИИ селекции плодовых культур, 2015. С. 209-211.
 24. Юдина, В.Ф. Урожайность плодов *Vaccinium uliginosum* L. на болоте-заказнике «Неназванное» (Южная Карелия) / В.Ф. Юдина, Т.А. Максимова // Растительные ресурсы. 1995. Т. 31. Вып. 4. С. 33-36.

RESOURCE CHARACTERISTIC OF BOG BILBERRY (*VACCINIUM ULIGINOSUM* L.) IN TAIGA ZONE OF RUSSIA

©2017 E.A. Luginina¹, T.L. Egoshina^{1,2}, N.V. Kapustina¹

¹All-Russia Scientific Research Institute of Game Management and Fur Farming
named after Prof. B.M. Zhitkov

²Vyatka State Agricultural Academy

The paper presents data on phytocoenotic confinement, productivity and resources of *Vaccinium uliginosum* L. in taiga regions of Russia. The study showed uneven distribution of relative density of bog bilberry fruit stock in Russia, decrease of bog bilberry bushes areas and intensification of their use.

Key words: *Vaccinium uliginosum*L., natural population, productivity, resources, taiga zone, Russia

Ekaterina Luginina, Senior Research Fellow at the Department of Ecology and Resources Science. E-mail: e.luginina@gmail.com;
Tatiana Egoshina, Doctor of Biology, Head of the Department of Ecology and Resources Science, Professor at the Department of Ecology and Zoology. E-mail: etl@inbox.ru;
Natalia Kapustina, Research fellow at the Department of Ecology and Resources Science. E-mail: natalika.vasil@yandex.ru

УДК 57.044; 504.05; 631.46

ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ПОЧВ РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ТЕХНОЛОГИИ ПРЯМОГО ПОСЕВА

© 2017 Г.В. Мокриков, К.Ш. Казеев, Д.В. Борисенко, Ю.В. Акименко, С.И. Колесников

Южный федеральный университет, г. Ростов-на-Дону

Статья поступила в редакцию 22.05.2017

Проведено исследование влияния разных агротехнологий на эколого-биологическое состояние почв. На примере агропредприятий Ростовской области показано влияние 7-летнего применения технологии прямого посева по сравнению с традиционной обработкой земель. В результате динамических исследований в 2016 г. выявлено изменение физических и биологических свойств черноземов обыкновенных. Плотность почв и сопротивление пенетрации увеличиваются на опытных полях по сравнению с контрольными, обработанными по традиционной технологии. Температура почв отличается несущественно вне зависимости от системы обработки. Интенсивность продуцирования почвой углекислого газа и целлюлозолитическая активность почв на участках, обрабатываемых по технологии прямого посева, в большинстве случаев оказывается выше, чем на участках, обрабатываемых традиционными технологиями. Выявлена существенная сезонная динамика исследуемых показателей, независящая от способа обработки почвы, но проявляющая себя в разной мере на полях с разной обработкой. Влажность почв на полях прямого посева даже в засушливый период выше, чем на полях со вспашкой. Плотность почв и сопротивление пенетрации повышаются на всех исследуемых участках в сухой период года, но в большей степени на полях прямого посева. Интенсивность дыхания и целлюлозолитическая активность почв существенно зависит от сезона, но их варибельность объясняется по большей части показателями температуры и влажности участков, нежели способом их обработки.

Ключевые слова: *No-Till*, биодиагностика, чернозем, Ростовская область, биологическая активность

Обработка почвы – это один из основных показателей, влияющих на ее плодородие. Традиционная вспашка почвы приводит к снижению плодородия почвы, что доказано многочисленными исследованиями почв [1-3]. Наряду с этим в последние годы опыт обработки почвы «без вспашки», называемые *No-till*, набирает все большие обороты. *No-Till* или технология прямого посева – это глобальный метод сохранения сельского хозяйства, принятый приблизительно на 155 миллионах гектаров в США, Аргентине, Бразилии и других странах мира [4]. Использование технологии прямого посева осуществляется и в некоторых регионах России. Механическое нарушение почвы, сопровождающее посев в системе *No-till*, ограничено применением удобрений и непосредственно посева. По сравнению с обработанными отвальной вспашкой почвами, отличается более высоким накоплением органического углерода [5], содержанием питательных веществ и большим почвенным биоразнообразием [6]. Эта технология применяется на юге

России в последнее время, но сведения о ее воздействии на биоту, биологическую активность и экологическое состояние почв практически отсутствуют.

Цель исследования: диагностика экологического состояния почв Ростовской области при использовании технологии прямого посева.

Объекты и методы исследования. Полевые и лабораторно-аналитические исследования выполнены с использованием традиционных методов биологии, почвоведения, экологии, агрохимии в полевых условиях и лабораториях Академии биологии и биотехнологии им. Д.И. Ивановского Южного федерального университета [7]. Для выполнения работы были заложены мониторинговые площадки на полях ООО «Донская Нива» и ИП Мокриков В.И. (Октябрьский район Ростовской области). Проведены динамические наблюдения (3 раз в году) за опытными полями, сельскохозяйственными культурами и свойствами почв. Опытные поля возделываются по технологии прямого посева в течение 7 последних лет и заняты, преимущественно, озимой пшеницей. При технологии прямого посева минимизируется воздействие машин на почву и получают такие же или более высокие урожаи по сравнению с соседними хозяйствами, которые используют традиционную (отвальную вспашку) или минимальную обработку почв. Традиционная технология с отвальной вспашкой, боронованием, культивациями применяется на контрольных полях, расположенных в

Мокриков Григорий Васильевич, кандидат сельскохозяйственных наук, научный сотрудник. E-mail: mgv1979@mail.ru

Казеев Камиль Шагидуллович, доктор географических наук, профессор. E-mail: kamil_kazeev@mail.ru

Борисенко Данил Владимирович, студент

Акименко Юлия Викторовна, кандидат биологических наук, ассистент. E-mail: akimenkojuliya@mail.ru

Колесников Сергей Ильич, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий кафедрой экологии и природопользования. E-mail: kolesnikov@sfsu.ru.

непосредственной близости от опытных полей на расстоянии от 30 до 200 м. Это облегчает сравнение применяемых агротехнологий. Исследуемые почвы относятся к черноземам обыкновенным среднемошным малогумусным и слабогумусированным. Эти почвы широко распространены на юге России [1].

Для достижения поставленной цели в полевых условиях были исследованы следующие показатели: температура, влажность, плотность, сопротивление пенетрации и дыхание почв (выделение почвой углекислого газа). Температуру почв определяли послойно электронным термометром Hanna Chectemp. Влажность почвы определяли в полевых условиях влагомером с датчиков Datarprobe в 10-кратной повторности на каждом участке. Твердость почв (сопротивление пенетрации) исследовали в полевых условиях с помощью пенетрометра Eijkelkamp на глубину 45 см с интервалом 5 см в 10-кратной повторности. Определение интенсивности дыхания почв проведено в полевых условиях с помощью газоанализатора ПГА-7 в 4-8-кратной повторностях. Целлюлозолитическую активность определяли весовым методом по убыли в весе закопанных в почву на глубину 0-10 см на 20 (первый срок) -30 (второй-третий сроки) суток хлопчатобумажных полотен. Для максимального соприкосновения с почвой и удобства нахождения в полевых условиях полотнами обшивали пластиковые пластины шириной 5 см и высотой 30 см. Поверх ткани пластины обшивали синтетической сеткой для полноты извлечения из почвы разложившейся хлопчатобумажной ткани. Повторность 3-кратная.

Результаты исследования. Биота и биологическая активность почв в значительной степени зависят от экологических факторов среды. Исследование температурного режима показало достаточно равномерное распределение данных на всех исследуемых участках. Была выявлена сезонная динамика хода температуры, достаточно типичная для данной территории. В целом можно сказать, что первый срок был теплым, второй – жарким, третий – прохладным. Это относится не только к дневным температурам, но, особенно ночным. В первые два срока температура почвы благоприятствовала высокой скорости протекания биологических процессов. В сентябре вследствие снижения температуры биологические процессы должны быть менее интенсивными. Таким образом, по данному показателю не удастся выявить достоверных различий между режимами нулевой обработки и традиционного культивирования.

Исследование температурного режима показало достаточно равномерное распределение данных на всех исследуемых участках. Была выявлена сезонная динамика хода температуры, достаточно типичная для данной территории. В целом можно сказать, что первый срок был

теплым, второй – жарким, третий – прохладным. Это относится не только к дневным температурам, но, особенно ночным. В первые два срока температура почвы благоприятствовала высокой скорости протекания биологических процессов. В сентябре вследствие снижения температуры биологические процессы должны быть менее интенсивными, но сохранялась довольно высокая температура для данного времени года.

Сопротивление пенетрации почвы – это сопротивление почвы внедрению в нее зонда цилиндрической или конусообразной формы небольшого диаметра. Сопротивление пенетрации характеризует способность почвы противодействовать проникновению в нее не только агротехнических орудий, но и корней растений [7]. Значения сопротивления пенетрации (твердость почв) показывают сравнительно небольшие отличия исследуемых участков между собой. Сопротивление пенетрации нарастает от поверхности вниз по профилю. Существенные различия в значениях этого показателя установлены для различных выращиваемых сельскохозяйственных культур. Низкие значения показателя сопротивления пенетрации, только в одном случае превышающая критическую отметку в 5 МПа, обусловлена высокой влажностью почвы в первый срок наблюдения. Влажная почва обладает высокой пластичностью и низкой твердостью, хорошо проницаема сельскохозяйственными орудиями. Однако во втором сроке наблюдений в июле установлено значительное повышение твердости почвы на участках 2 и 4 опытных полей. Наблюдается общая тенденция к увеличению сопротивления пенетрации по сравнению с первым сроком исследования. Дальнейшее высыхание почвы в сентябре привело к еще большему повышению значений сопротивления пенетрации в сентябре до сверхвысоких значений 8-9 МПа. Твердость увеличилась как на контрольных участках, так и на опытных. Максимальная плотность в большинстве случаев отмечена на глубинах более 10 см на полях с пропашными культурами, независимо от обработки почвы. Верхние слои почв участков с традиционной обработкой на большинстве полей были разрыхлены в результате обработки (вспашки, боронования).

В течение первого срока влажность исследуемых почв существенно изменялась в зависимости от количества выпадающих атмосферных осадков непосредственно перед измерениями или, даже, во время исследований. Влажная весна и начало лета привели к высоким зарегистрированным значениям влажности на всех без исключения ключевых участках, независимо от способа их обработки. Однако большие значения были отмечены на опытных полях по сравнению с контрольными. В течение второго срока исследуемых почв существенно изменялась в зависимости от количества выпадающих атмосферных

осадков непосредственно перед измерениями. Второй срок наблюдения в целом был более сухим, хоть и относительно влажным для данного сезона. В сентябре влажность почвы была минимальна вследствие недостаточного выпадения атмосферных осадков. Достоверные отличия ($P < 0,05$) были выявлены на участках 1о и 1к на протяжении всех трех сроков исследования, а также на всех участках второго срока исследования. В третьем сроке достоверное отличие выявлено в случае первой и третьей пары участков. Это свидетельствует о большей способности почвы на опытных полях к накоплению и удерживанию влаги. То же самое относится и к сухому периоду наблюдения в сентябре. В целом значительно более низкие значения влажности на опытных полях были выше, чем на контрольных участках.

Известным фактом является повышение плотности почв при использовании технологии прямого посева при сравнении с традиционными технологиями обработки. Это связано с прекращением механического воздействия на поверхностный слой почвы. Вспашка, боронование и культивации разрыхляют пахотный горизонт при традиционной технологии обработки почвы. Существенное влияние на значения плотности оказывают возделываемые культуры и влажность почвы [8].

Исследуемые почвы, в значительном большинстве, обладают оптимальными для растений параметрами плотности. Сравнение почв, обрабатываемых по технологии прямого посева, с расположенными рядом опытными участками с традиционной технологией обработки, показывают разные тенденции. Чаще всего на опытных полях отмечена такая же плотность, как на контрольных участках или незначительное повышение значений. Однако отмечены и обратные тенденции понижения плотности почвы на опытных полях (например, участок "1о"). Достоверные отличия ($P < 0,05$) в плотности почв исследуемых участков были выявлены лишь на первой, второй и третьей парах участков первого срока исследования.

Выявлена существенная динамика плотности почв. Особенно это характерно для контрольных почв, где проводится рыхление почвы в результате механических обработок (вспашка, боронование, культивации). Максимальные значения плотности установлены в третий срок наблюдения. По сравнению с первым сроком (июнь), когда был самый влажный период, третий срок (сентябрь) был самым сухим, что привело к возрастанию плотности в среднем на 20% (при учете всех площадок). При этом плотность возросла на всех участках опытных и контрольных полей. Самыми плотными в сентябре были почвы на опытных участках под ячменем ("1о") и озимой пшеницей ("4о"). В этот период плотность была неблагоприятно высокой (1,23-1,51

г/см³). Следует отметить, что повышение плотности относится только к поверхностным горизонтам почвы. Ниже по профилю плотность почвы была на уровне стандартных для черноземов значений.

Биологические параметры почвы широко используются в диагностике их экологического состояния. Особенно успешно методы биодиагностики применяют при оценке антропогенного воздействия [9-14]. Дыхание почв является одним из показателей биологической активности почв [7, 9]. Общая интенсивность дыхания почвы обусловлена всей ее биологической активностью и определяется количеством потребленного кислорода и количеством продуцированного диоксида углерода. Вспашка способствует увеличению выделения почвой углекислого газа. В течение всего года продуцирование почвой CO₂ были выше при традиционной обработке, чем при No-till и минимальной обработке почвы [15]. В первый срок наблюдения значения интенсивности дыхания почв были достаточно высокими, что характеризует исследуемые почвы как почвы с высокой биологической активностью. Это связано с применяемой технологией No-till, которая оставляет много органических остатков на поверхности почвы. Разложение этих остатков в почве и мульчирующем слое приводит к активизации микрофлоры и повышению интенсивности дыхания почв. Однако примерно такое же число вариантов было со значениями интенсивности дыхания почв ниже контрольных значений на полях с традиционной обработкой. Достоверные отличия между контрольными и опытными полями ($P < 0,05$) были выявлены на участках "2о" и "2к" в первом сроке исследования, и на первой и второй паре опытных и контрольных участков второго срока. Исходя из этих результатов, нельзя однозначно утверждать, что технология прямого посева способствует интенсификации выделения почвой углекислого газа ввиду того, что данный показатель очень динамичен и зависит от крайне широкого спектра факторов. В последующие сроки наблюдения дыхание почв было подавлено при высыхании почвы. Биологические процессы в сухой почве практически останавливаются, смещаясь в более глубокие и влажные горизонты почвы.

Растительные остатки на поверхности почвы способствуют развитию особого микробного сообщества, в котором важнейшую роль играют непосредственно целлюлозоразлагающие бактерии [16]. Проведенные в 2016 г. исследования показали, что целлюлозолитическая активность в разных вариантах опыта показывала, как повышение значений по сравнению с контрольными участками, так и их понижение. Размах значений в первый и второй период исключительно велик. В третий срок амплитуда значений показателя значительно снижается. На первом и втором сроке наблюдения прямой

посев чаще повышает значения этого показателя по сравнению с контрольными значениями. В сухом сентябре картина в значительной степени меняется. Достоверные отличия между вариантами были выявлены лишь в случае третьей и четвертой пары участков во втором сроке наблюдения.

С целью выявить взаимосвязь между различными показателями был проведен корреляционный анализ исследованных показателей. В результате была выявлена корреляция интенсивности продуцирования почвой углекислого газа с температурой и влажностью, во всех сроках исследования ($r=0,62-0,71$). Целлюлозолитическая активность имела тесную отрицательную связь с плотностью почвы ($r= -0,58-0,79$) в первый и третий сроки исследований.

Выводы:

1. Физические свойства почв определяются системой их обработки. Плотность и сопротивление пенетрации увеличиваются на опытных полях по сравнению с контрольными, обработанными по традиционной технологии. Температура почвы практически не зависит от способа обработки.

2. Биологические свойства так же изменяются в зависимости от режима обработки почв. Дыхание и целлюлозолитическая активность почв на участках, обрабатываемых по технологии прямого посева, в большинстве случаев оказывается выше, чем на участках обрабатываемых традиционными технологиями.

3. Выявлена существенная сезонная динамика всех без исключения исследуемых показателей, не зависящая от режима обработки почвы, но проявляющая себя в разной мере на различных полях. Влажность почв на полях прямого посева даже в засушливые сезоны выше, чем на полях традиционной обработки. Плотность и сопротивление пенетрации почв от июня к сентябрю повышаются на всех исследуемых участках, но в большей степени на полях прямого посева. Дыхание и целлюлозолитическая активность так же существенно изменялись в зависимости от сезона, но их вариабельность объясняется по большей частью показателями температуры и влажности почв, нежели способа их обработки.

4. Технология прямого посева не приводит к ухудшению экологического состояния почв, а по некоторым параметрам, улучшает их плодородие по сравнению с почвами полей, обрабатываемых по традиционным технологиям.

Исследование выполнено при поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации (5.5735.2017/8.9) и Президента Российской Федерации (НШ-9072.2016.11, МК-326.2017.11)

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Вальков, В.Ф. Почвы Юга России / В.Ф. Вальков, К.Ш. Казеев, С.И. Колесников. – Ростов-на-Дону: Изд-во Эверест, 2008. 276 с.
2. Даденко, Е.В. Биологическая активность чернозема обыкновенного при длительном использовании под пашню / Е.В. Даденко, М.А. Мясникова, К.Ш. Казеев и др. // Почвоведение. 2014. №6. С. 724-733.
3. Казеев, К.Ш. Изменение гумусного состояния почв Предгорий Северо-Западного Кавказа при сельскохозяйственном использовании / К.Ш. Казеев, С.Н. Алехин, С.И. Колесников, В.Ф. Вальков // Агрехимия. 1999. № 4. С. 18-23.
4. Peigne, J. Earthworm populations under different tillage systems in organic farming / J. Peigne, M. Cannavaciolo, Y. Gautronneau et al. // Soil Tillage Res. 2009. 104. P. 207–214.
5. Lal, R. The plow and agricultural sustainability // J. Sustainable Agric. 2009. V. 33. P. 66-84.
6. Montanarella, L. European soil protection strategies. In: Proc. 17th Conf. ISTRO, Kiel, Germany. 2006. P. 1586-1597.
7. Казеев, К.Ш. Методы биодиагностики наземных экосистем / К.Ш. Казеев, С.И. Колесников, Ю.В. Акименко, Е.В. Даденко // Ростов-на-Дону: Издательство Южного федерального университета, 2016. 356 с.
8. Вальков, В.Ф. Справочник по оценке почв / В.Ф. Вальков, Н.В. Елисеева, И.И. Имгрунт и др. – Майкоп: ГУРИПП, «Адыгея», 2004. 236 с.
9. Звягинцев, Д.Г. Биологическая активность почв и шкалы для оценки некоторых ее показателей // Почвоведение. 1978. №6. С. 48-54.
10. Акименко, Ю.В. Влияние технологии прямого посева на микробиологические свойства черноземов / Ю.В. Акименко, Г.В. Мокриков, К.Ш. Казеев, С.И. Колесников. – Ростов-на-Дону, изд-во ЮФУ, 2016. 96 с.
11. Акименко, Ю.В. Экологические последствия загрязнения чернозема антибиотиками / Ю.В. Акименко, К.Ш. Казеев, С.И. Колесников. – Ростов-на-Дону: Изд-во ЮФУ, 2013. 103 с.
12. Денисова, Т.В. Влияние переменного и постоянного магнитных полей на биоту и биологическую активность чернозема обыкновенного / Т.В. Денисова, К.Ш. Казеев // Радиационная биология. Радиоэкология. 2007. Т. 47. № 3. С. 345-348.
13. Казеев, К.Ш. Биологические особенности почв влажных субтропиков / К.Ш. Казеев, В.К. Козин, С.И. Колесников, В.Ф. Вальков // Почвоведение. 2002. № 12. С. 1474-1478.
14. Колесников, С.И. Влияние загрязнения фтором, бором, селеном, мышьяком на биологические свойства чернозема обыкновенного / С.И. Колесников, А.А. Попович, К.Ш. Казеев, В.Ф. Вальков // Почвоведение. 2008. №4. С. 448-453.
15. Lopez-Garrido, R. Carbon losses by tillage under semi-arid mediterranean rainfed agriculture (SW Spain) / R. Lopez-Garrido, A. Diaz-Espejo, E. Madejon et al. // Span. J. Agric. Res. 2009. 7. P. 706-716.
16. Javurek, M. Changes of biological activity in soil after 10 years of minimum and no soil tillage for stand establishment / M. Javurek, O. Mikanova, M. Vach // In: Proc. 17th Conf. ISTRO, 2006. Kiel, Germany. P. 1141–1147.

ECOLOGICAL STATE OF ROSTOV OBLAST SOILS AT USING THE TECHNOLOGY OF DIRECT SOWING

© 2017 G.V. Mokrikov, K.Sh. Kazeev, D.V. Borisenko, Yu.V. Akimenko, S.I. Kolesnikov

Southern Federal University, Rostov-on-Don

It was made the research the influence of different agrotechnologies on the ecological and biological state of soils. The influence of the 7-year application of No-Till technology is shown on the example of agricultural enterprises of Rostov oblast in comparison with traditional land cultivation. In 2016 the physical and biological properties of ordinary chernozems changed as a result of dynamic research. The soil density and penetration resistance increase in the experimental fields in comparison with the control ones, treated according to the traditional technology. The soil temperature differs insignificantly, regardless of the treatment system. The intensity of carbon dioxide production by the soil and cellulose activity of soils are higher in areas, treated by direct seeding technology than in areas, treated with traditional technologies in most cases. A significant seasonal dynamics of the studied parameters is revealed, independent of the soil treatment regime, but showing itself to varying degrees in fields with different treatments. Humidity in the fields of direct sowing is even higher in the drought period than in fields with plowing. Density and penetration resistance increase at all sites under study by the end of the season, but more on fields with No-Till technology. Respiration and cellulose activity also changed significantly depending on the season, but their variability is mainly due to the temperature and humidity of the sites, rather than the way they are processed.

Key words: *No-Till, biodiagnostics, chernozem, Rostov oblast, biological activity*

Grigoriy Mokrikov, Candidate of Agriculture, Research Fellow. E-mail: mgv1979@mail.ru
Kamil Kazeev, Doctor of Geography, Professor. E-mail: kamil_kazeev@mail.ru
Danil Borisenko, Student
Yulia Akimenko, Candidate of Biology, Assistant. E-mail: akimenkojuliya@mail.ru
Sergey Kolesnikov, Doctor of Agriculture, Professor, Head of the Ecology and Nature Management Department. E-mail: kolesnikov@sfedu.ru.

УДК 582.683.2-119:633.2:631.529(470.1).

БИОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАСТЕНИЙ СВЕРБИГИ ВОСТОЧНОЙ (*BUNIAS ORIENTALIS* L.) ПРИ КУЛЬТИВИРОВАНИИ НА СЕВЕРЕ

© 2017 Ж.Э. Михович, В.В. Пунегов, И.В. Груздев, Г.А. Рубан, К.С. Зайнуллина

Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар

Статья поступила в редакцию 19.05.2017

В статье представлены результаты расширенного изучения биохимического состава надземной массы и семян свербиги восточной, выращенной в среднетаежной подзоне Республики Коми. Показано, что надземная масса растений в фазу цветения богата низкомолекулярными водорастворимыми веществами и флавонолами. Из окси-кислот доминирует яблочная кислота, из спиртов – глицерин и инозитол, из сахаров – D-глюкоза и D-фруктоза. Массовая доля кислот в воздушно сухой надземной массе растений составляет 2,6%, спиртов – 1,3%, моно – и дисахаридов – 6,2%. Высокое соотношение массовой доли сахаров к массовой доле кислот обуславливает как хорошую поедаемость зеленой массы растений сельскохозяйственными животными, так и приятный вкус блюд, с включением свежей или ошпаренной зелени растений, в рационе человека. Флавонолов содержится 6,2% в пересчете на абсолютно сухое вещество. В зрелых плодах (семенах) свербиги восточной содержится в среднем 12% неполярных липидов. Доминируют три кислоты: олеиновая, линолевая и линоленовая, их массовая доля составляет не менее 33,3 мг в 100 мг масла. Ценность масла из семян растений заключается в том, что предельные жирные кислоты обнаружены в нем только в минорных количествах (в сумме не более 2,32 мг в 100 мг масла) с преобладанием полиненасыщенных жирных кислот.

Ключевые слова: *свербига восточная, биохимический состав, семена, надземная масса*

Свербига восточная (*Bunias orientalis* L.) – многолетнее травянистое растение семейства *Brassicaceae*. Исследования, проведенные в последние годы показали, что свербига восточная – культура многоцелевого использования: фармацевтического, пищевого, медоносного, кормового и фитомелиоративного [1, 3, 9]. К хозяйственно-ценным признакам данного вида можно отнести зимостойкость, толерантность к болезням и вредителям, конкурентоспособность, долголетие в культуре до 10 лет, высокая урожайность семян и надземной массы, ее питательная ценность и др. В надземной массе растений содержится от 13 до 36% сырого протеина, 2,92-3,47% жира, 8,29-11,98% золы [4, 11]. Она богата микроэлементами (железо, медь, бор, марганец, молибден, титан), содержит флавоноиды (моноголикозиды, биоизиды и дигликозиды кемпферола и кверцетина, рутин), органические кислоты, дубильные вещества, сапонины. Незрелые плоды содержат горчичное масло, семена – жирное масло 10-31%, в том числе жирные кислоты: линоленовую 52,2%, линолевую 23,6%, олеиновую 13%, пальмитиновую 4,1%, арахисовую 3,6%, стеариновую 1,7%, пальмитолеиновую 0,7% [5, 9, 12, 13].

Всесоюзный институт лекарственных и ароматических растений (ВИЛАР) рекомендует свербигу восточную в качестве лекарственного растения

Михович Жанна Эдуардовна, кандидат биологических наук, научный сотрудник. E-mail: mihovich@ib.komisc.ru
Пунегов Василий Витальевич, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник. E-mail: pupegov@ib.komisc.ru

Груздев Иван Владимирович, кандидат химических наук, доцент, старший научный сотрудник. E-mail: gruzdev@ib.komisc.ru

Рубан Галина Алексеевна, научный сотрудник. E-mail: ruban@ib.komisc.ru

Зайнуллина Клавдия Степановна, кандидат биологических наук, доцент, врио заведующая отделом Ботанический сад. E-mail: zainullina@ib.komisc.ru

для углубленных исследований, т.к. выявлена высокая противоопухолевая активность полисахаридного комплекса. Под воздействием препаратов из свербиги увеличивалась пролиферация лимфоцитов больных раком тонкого кишечника и молочной железы, повышались адаптогенные свойства на 60-70%. Считается, что свербига восточная обладает противораковыми свойствами, т.к. листья и корни содержат витамин С (58-170 мг% в листьях) [8].

Цель работы: изучение биохимического состава растений свербиги восточной, выращенных в условиях среднетаежной подзоны Республики Коми.

Материал и методы исследований. Отбор растительных проб для биохимического анализа проводился в Ботаническом саду Института биологии Коми НЦ УрО РАН в период вегетации в 2016 г. на растениях третьего года жизни. Ранее было показано, что растения свербиги восточной максимального развития достигают на третий-четвертый годы жизни [7]. Надземную массу (верхнюю часть побегов высотой 50 см), собранную в период массового цветения растений в III декаде июня, сушили без доступа света до воздушно-сухого состояния. Зрелые семена (плоды) собирали в августе. В надземной массе свербиги восточной и плодах (семенах) методом ГЖХ анализа определяли компонентный состав, содержание моно- и дисахаридов и оксикислот, отдельно в надземной массе – массовую долю флавонолов по методике Беликова В.В. с соавторами [2], в плодах (семена) – массовую долю липидов и их компонентный состав. Сухой растительный материал перемалывали на лабораторной мельнице до травяной муки, проходящей через сито с ячейкой 0,25 мм и методом квартования отбирали навески по 0,5 г в стеклянный стакан, вместимостью 250 см³, приливали 100 см³ дистиллированной воды и быстро прогревали суспензию в микроволновой камере до 80°C с целью денатурации остатков энзимов. Суспензию охлаждали до комнатной температуры,

и центрифугированием отделяли водный экстракт от растительного остатка. Супернатант переносили в грушевидную колбу и концентрировали до получения сухого остатка в вакууме на роторном испарителе ИР-1М (ЗАО «ХимЛаборПрибор», г. Клин, РФ).

С целью определения массовой доли оксикислот, моно- и дисахаридов из высушенных экстрактивных веществ отбирали в круглодонную колбу вместимостью 5 см³ навеску 11,2 мг и силилировали внесением в колбу раствора триметилхлорсилана, N-, O- бис-(триметилсилил)-трифторацетида (БСТФА) в пиридине в объемном отношении 1:2,5:2,5 в количестве 448 мкл. Дополнительно, с применением микрошприца МШ-1, вносили в колбу 1 мкл гексадекана в качестве внутреннего стандарта для ГЖХ анализа. Для интенсификации синтеза триметилсилильных производных сахаров, спиртов и окси-кислот суспензию в колбе выдерживали в ультразвуковой ванне в течение 15 мин. до образования гомогенного желтого раствора. Для ГЖХ-анализа инжестировали в испаритель хроматографа 1 мкл полученного раствора ТМС-производных.

Определение жирных кислот липидной фракции в плодах (семенах) свербиги восточной

проводили в виде их метиловых эфиров после метанолиза по следующей методике: Отбирали навеску липидов массой 10-20 мг в стеклянную виалу объемом 15 см³, вносили 5 см³ метанола и 0,7 см³ соляной кислоты (38%). Вials герметично закрывали винтовыми крышками и выдерживали в термостате в течение часа при температуре 100°C, после чего охлаждали до комнатной температуры. После охлаждения в каждую виалу добавляли 5 см³ дистиллированной воды, 0,5 см³ толуола, содержащего внутренний стандарт (гексадекан, 0,05 мг/см³) и экстрагировали в течение 5 минут. Полученный экстракт анализировали методом газовой хроматографии. Условия газохроматографического определения: газовый хроматограф «Кристалл-5000.2» с пламенно-ионизационным детектором, кварцевая капиллярная колонка HP-FFAR (Agilent, США) 30 м × 0,32 мм × 0,25 мкм; газ-носитель – гелий (99,99%), скорость потока через колонку – 0,6 см³/мин; программирование температуры колонки 110°C – 5°C/мин – 260°C, скорость потока водорода – 20 см³/мин, скорость потока воздуха – 200 см³/мин, деление потока – 1:30; температура детектора 250°C, испарителя 300°C.

Таблица 1. Компонентный состав и содержание окси-кислот, спиртов, моно и дисахаридов в водорастворимых экстрактивных веществах надземной массы свербиги восточной

№	Компонент	Массовая доля в сухом экстракте, %	Массовая доля в растительной пробе, %
1	валериановая кислота	0,09	0,04
2	Фосфорная кислота	0,77	0,30
3	бутандионовая кислота	0,61	0,23
4	глицериновая кислота	0,31	0,12
5	яблочная кислота	4,00	1,55
6	3-гидроксидекановая кислота	0,04	0,02
7	2,3,4,-тригидроксипутановая кислота (эритроновая)	0,10	0,04
8	3,4-диоксибензойная кислота (протокатеховая)	0,08	0,03
9	галактоновая кислота	0,69	0,27
	Сумма кислот	6,69	2,60
10	глицерин	2,02	0,78
11	инозитол	1,37	0,53
	Сумма спиртов	3,39	1,31
12	галактопираноза	0,06	0,02
13	D-рибоза	0,28	0,11
14	D-фруктоза	1,89	0,73
15	D-глюкоза	12,20	4,72
16	галола	0,70	0,27
17	D-риботураноза	0,06	0,02
18	тураноза	0,68	0,26
19	сахароза	0,22	0,08
	Сумма сахаров	16,09	6,21

Определение химической структуры всех компонентов анализируемой смеси ТМС-производных сахаров и метиловых эфиров жирных кислот осуществляли в центре коллективного пользования «Хроматография» Института биологии Коми НЦ УрО РАН методом хромато-масс спектрометрии на приборе «TRACE DSQ» (Thermo, США) в режиме

полного ионного тока (энергия электронов 70 эВ). Условия определения ТМС-производных сахаров: программирование температуры термостата колонок 130°C (1 мин) – 33°C/мин – 200°C (1 мин) – 10°C/мин – 350°C (25 мин), кварцевая капиллярная колонка TR-1 (Thermo): 30 м × 0,32 мм, толщина пленки (полидиметилсилоксан) – 0,25 мкм; газ-

носитель – гелий (99,99%), скорость потока через колонку – 0,6 см³/мин, деление потока – 1:30; температура испарителя 280°C; интерфейса 250°C; детектора 200°C. Интерпретацию масс-спектров ТМС-производных сахаров проводили с использованием программного обеспечения Xcalibur Data System (ver. 1,4) и библиотеки масс-спектров NIST 05 (ver. 2,0).

Результаты исследований. Надземная масса растений свербиги восточной, собранная в фазе цветения богата низкомолекулярными водорастворимыми веществами (табл.1).

Из окси-кислот доминирует яблочная кислота, из спиртов – глицерин и инозитол, из сахаров – D-глюкоза и D-фруктоза. Массовая доля кислот в воздушно сухой надземной массе растений составляет – 2,6%, спиртов – 1,3%, моно- и дисахаридов – 6,2%. Высокое соотношение массовой доли сахаров к массовой доле кислот (равное 2,4), обуславливает как хорошую поедаемость зеленой массы растений сельскохозяйственными животными, так и приятный вкус блюд, с включением свежей или ошпаренной зелени растений, в рационе человека. Следует отметить, что фосфорная кислота содержится в надземной массе не в свободном состоянии, а в связанном в виде фосфолипидов, фосфатов и т.д., которые подвергаются переэтерификации в процессе реакции силилирования.

Установлено, что в надземной массе растений свербиги восточной в фазе цветения содержится 6,2±0,1% флавонолов в пересчете на абсолютно сухое сырье. Несмотря на высокое содержание флавонолов, водный экстракт из надземной массы растения не обладает вяжущими свойствами, но имеет слабо выраженный горьковатый вкус. В водорастворимых экстрактивных веществах надземной массы свербиги восточной выбранными нами методами анализа не удалось обнаружить горькие гликозинолаты, присущие данному виду. В дальнейшем планируется исследовать состав экстрактивных веществ растения методами ВЭЖХ и ВЭЖХ-МС для выявления «горьких» веществ растения.

В плодах (семенах) свербиги восточной содержится в среднем 12% неполярных липидов. В гидролизате липидов доминируют три кислоты: олеиновая, линолевая и линоленовая, их массовая доля составляет не менее 33,2 мг в 100 мг масла (табл. 2). Полностью отсутствует эруковая кислота, которая входит в состав масла семян рапса и проявляет кардиотоксические свойства. Ценность масла из семян свербиги заключается в том, что предельные жирные кислоты обнаружены в нем только в минорных количествах (в сумме не более 2,26 мг в 100 мг масла) с преобладанием полиненасыщенных жирных кислот.

Таблица 2. Компонентный состав и содержание высших жирных кислот в масле свербиги восточной

№	Название кислоты	Обозначение	Содержание в 100 мг масла, мг	СКО*, мг
1	миристиновая	C 14:0	0,04	0,01
2	пальмитиновая	C 16:0	1,40	0,20
3	пальмитолеиновая	C 16:1(9) <i>cis</i>	0,06	0,02
4	стеариновая	C 18:0	0,70	0,10
5	олеиновая	C18:1(9) <i>cis</i> + C18:1(9) <i>trans</i>	7,10	0,80
6	вакценовая	C18:1 (11) <i>cis</i>	0,70	0,20
7	линолевая	C18:2 (9,12) <i>trans, trans</i>	11,80	1,10
8	линоленовая	C18:3 (9,12,15) <i>cis,cis,cis</i>	14,30	1,60
9	арахиновая	C20:0	0,09	0,02
10	эйкозеновая	C20:1(11) <i>cis</i>	0,03	0,01
11	бегеновая	C22:0	0,03	0,01

Примечание: * - СКО – среднее квадратическое отклонение

В табл. 3 показан компонентный состав полярной (водорастворимой) фракции экстрактивных веществ из плодов со зрелыми семенами растений. Согласно данным химического анализа, в водорастворимых веществах доминируют из кислот – протокатеховая, проявляющая ярко выраженные антиоксидантные свойства и галактуронозная, из спиртов – инозитол, характерный для экстрактивных веществ цветковых растений, из сахаров – тураноза, сахароза и глюкоза. Массовая доля водорастворимых веществ незначительна и не превышает 1,0% в пересчете на абсолютно сухое сырье.

Выводы: в результате биохимического анализа растений свербиги восточной, выращенных в условиях среднетаежной подзоны Республике Коми, выявлено отсутствие эруковой кислоты, что дает

возможность использования ее в качестве кормового и пищевого растения. Надземная масса богата сахарами, а высокое соотношение массовой доли сахаров к массовой доле кислот обуславливает хорошую поедаемость сельскохозяйственными животными и приятный вкус блюд, с включением свежей или ошпаренной зелени растений, в рационе человека. Плоды со зрелыми семенами содержат предельные жирные кислоты в минорных количествах (в сумме не более 2,32 мг в 100 мг масла), с преобладанием полиненасыщенных жирных кислот, что определяет ценность масла получаемого из семян растений.

Работа выполнена в рамках государственного задания по теме «Некоторые аспекты репродуктивной биологии ресурсных видов растений в культуре на европейском Северо-Востоке России» (№115012860039).

Таблица 3. Компонентный состав и содержание окси-кислот, спиртов, моно и дисахаридов в водорастворимых экстрактивных веществах в плодах (семенах) свербиги восточной

Компонент	Группа	Массовая доля в плодах (семенах), %	СКО, %
валериановая	кислота	0,06	0,006
яблочная	кислота	0,02	0,002
3,4-диоксибензойная (протокатеховая)	кислота	0,08	0,008
галактуроновою	кислота	0,08	0,008
глицерин	спирт	0,04	0,004
рибитол	спирт	0,05	0,005
инозитол	спирт	0,10	0,010
фруктоза	сахар	0,04	0,004
глюкоза	сахар	0,15	0,015
D-рибоза	сахар	0,01	0,001
сахароза	сахар	0,10	0,010
тураноза	сахар	0,24	0,024

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Аветисян, А.Т. Интродукция новых, малораспространенных кормовых культур в условиях лесостепи // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. 2013. № 7. С. 72-74.
2. Беликов, В.В. Реакция комплексообразования в анализе флавоноидов / В.В. Беликов, Т.В. Точкова // Матлы. II Всеросс. симпозиум по фенольным соединениям. – Алма-Ата, 1973. С. 168-172.
3. Глазочная, Н.В. Возделывание свербиги восточной на корм в умеренно-засушливой степи северного Казахстана // Вестник Курганской ГСХА. 2015. № 3. С. 10-13.
4. Докукин, Ю.В. Создание высокопродуктивных агрофитоценозов медоносно-кормового использования из козлятника восточного и свербиги восточной: автореф. дис. ... к.б.н. – М., 2007. 19 с.
5. Загуменникова, Т.И. Биологические особенности развития и продуктивность свербиги восточной при интродукции // Генетические ресурсы лекарственных и ароматических растений: Сб. науч. тр. Междунар. конф., посвящ. 50-летию Бот. сада ВИЛАР. – М., 2001. С. 127-128.
6. Интродукция лекарственных, ароматических и технических растений // Итоги интродукционного питомника БИН АН СССР за 250 лет. – Л.: Наука, 1965. 424 с.
7. Михович, Ж.Э. Свербига восточная – перспективная культура для кормопроизводства Республики Коми / Ж.Э. Михович, Г.А. Рубан, К.С. Зайнуллина // Кормопроизводство. 2011. № 9. С. 33-35.
8. Рабинович, А.И. Лекарственные растения России, обладающие противораковой активностью // Генетические ресурсы лекарственных и ароматических растений: сб. науч. тр. междунар. конф., посвящ. 50-летию Бот. сада ВИЛАР. – М., 2001. С. 359-360.
9. Растительные ресурсы СССР: Цветковые растения, их химический состав, использование; Семейства *Raeniaceae* – *Thymelaeaceae*. – Л.: Наука, 1986. 336 с.
10. Рубан, Г.А. Агрофитоценозы со свербигой восточной в Республике Коми / Г.А. Рубан, Ж.Э. Михович, К.С. Зайнуллина // Кормопроизводство. 2015. № 1. С. 31-34.
11. Утеуш, Ю.А. Новые перспективные кормовые культуры. – Киев, 1991. 192 с.
12. Флора СССР. – М.; Л.: АН СССР, 1939. Т. 8. С. 235.
13. Химический состав нетрадиционных кормовых и лекарственных растений. Справочное пособие. – М., 1996. 135 с.

BIOCHEMICAL CHARACTERISTIC OF *BUNIAS ORIENTALIS* L. PLANTS AT CULTIVATION IN THE NORTH

© 2017 J.E. Mikhovich, V.V. Punegov, I.V. Gruzdev, G.A. Ruban, K.S. Zaynullina
Institute of Biology Komi Scientific Center, UrB RAS, Syktyvkar

The article presents the results of an advanced study of biochemical composition of above-ground mass and seeds of *Bunias orientalis*, grown in the middle-taiga subzone of Komi Republic. It is shown that the aboveground mass of *Bunias orientalis* in the flowering phase is rich in low molecular weight water-soluble substances and flavonols. Among hydroxy-acids malic acid dominates, among alcohols – glycerol and Inositol among sugars – D-glucose and D-fructose. Mass fraction of acids in air-dry above-ground mass of plants is 2,6%, alcohol – 1,3%, mono – and disaccharides 6,2%. High ratio of mass fraction to the mass fraction of sugars, acids, determines how good palatability of herbage plants by farm animals is, and the pleasant taste of the dishes, with the addition of fresh or blanched green plants in the human diet. Flavonols contains 6,2% in terms of dry substance. Mature fruits (seeds) of *Bunias orientalis* contain an average of 12% non-polar lipids. Three acids: oleic, linoleic and linolenic acid dominate and their mass fraction is not less than 33,3 mg to 100 mg oil. The value of oil is that the maximum fatty acids have been detected only in minor amounts (in the amount of 2,32 mg / 100 mg oil) with a predominance of polyunsaturated fatty acids.

Key words: *Bunias orientalis*, biochemical composition, seeds, above-ground mass

Janna Mikhovich, Candidate of Biology, Research Fellow. E-mail: mihovich@ib.komisc.ru; Vasily Punegov, Candidate of Agriculture, Senior Research Fellow. E-mail: punegov@ib.komisc.ru; Ivan Gruzdev, Candidate of Chemistry, Associate Professor, Senior Research Fellow. E-mail: gruzdev@ib.komisc.ru; Galina Ruban, Research Fellow. E-mail: ruban@ib.komisc.ru; Klavdiya Zaynullina, Candidate of Biology, Associate Professor, Head of the Department "Botanical Garden". E-mail: zaynullina@ib.komisc.ru;

УДК 631.4, 574.4

ВЛИЯНИЕ ПАЛА НА ФЕРМЕНТАТИВНУЮ АКТИВНОСТЬ ЧЕРНОЗЕМА

© 2017 М.Ю. Одабашян, А.В. Трушков, К.Ш. Казеев, С.И. Колесников

Южный федеральный университет, г. Ростов-на-Дону

Статья поступила в редакцию 22.05.2017

В статье представлены результаты исследования влияния пирогенного фактора на ферментативную активность чернозема. Выявлено снижение ферментативной активности при пирогенном воздействии. Степень влияния пирогенного фактора определяется продолжительностью пала, количества органического материала горения и времени с момента пала. Ферменты разных классов реагируют на пирогенное воздействие в разной степени. В целом гидролазы более устойчивы к воздействию пала, нежели оксидоредуктазы. Из оксидоредуктаз активность каталазы была более чувствительной к пирогенному фактору, чем активность дегидрогеназ, из класса гидролаз инвертаза была чувствительнее, чем фосфатаза. После проведения пала восстановление ферментативной активности почв имеет нелинейный характер. Из оксидоредуктаз активность каталазы приближается к контрольным значениям быстрее, чем активность дегидрогеназ, из гидролаз инвертаза быстрее восстанавливается, чем фосфатаза.

Ключевые слова: *чернозём, пирогенный фактор, ферментативная активность, биодиагностика, сжигание соломы*

Пирогенный фактор является распространенным экологическим процессом, который играет важную роль в изменении почвенно-растительного покрова. За последние два десятилетия наблюдается значительный рост степных и лесных пожаров во всем мире. С появлением *Terra* (транснациональный научно-исследовательский спутник, действующий под руководством агентства НАСА) ведётся наблюдение за вспышками природных пожаров в онлайн режиме [1].

В связи с созреванием колосовых культур и началом уборки полей от пожнивных остатков сельхозпроизводители в качестве метода очистки практикуют выжигание растительных остатков. Солома, неиспользованная в качестве корма или подстилки для скота, сжигается прямо на полях. Первые сельскохозяйственные палы практиковались в США примерно в 1970 г., сжигали остатки пшеницы и сои, сейчас этот процесс имеет глобальный характер. Число сельскохозяйственных организаций в Ростовской области составляет 1450 объектов, общая площадь земли 3486,6 га. [2]. Пирогенный фактор может существенно изменить характеристики почвы как непосредственно во время пожара, так и косвенно - в период восстановления почвы после пала. Проблема антропогенных пожаров в степных экосистемах достаточно сложна. Несмотря на частые летние палы на полях, исследования, касающиеся пирогенного воздействия на почвенный покров, крайне немногочисленны [3]. Пожар может стать причиной уменьшения микробного состава, видового разнообразия растительности, увеличение

pH и нитратов, уменьшения органического состава, полное восстановление которого может потребовать нескольких лет. Меняется цвет почвы, затемнения – способствует уменьшению отражательной способности почвы (альbedo чернозёма - 0,15; песка 0,3-0,4); таким образом, меняется температурный режим почвы, который значительно изменяет водный режим и способствует разрушению верхнего слоя, и в конечном счете - эрозии [4, 5].

Одно из влияний пожаров на почвы заключается в том, что на оголенном участке в ближайшие 2-3 месяца после пожара на поверхности почвы резко увеличивается испарение, повышается граница вскипания. На повышение карбонатного горизонта в следующем году после пожара, возможно, влияет зимнее сдувание снега, что, вызывая большую сухость почв, влечет за собой подъем солей и их накопление в верхних горизонтах [6]. Регулярным пожарам в степных регионах страны подвержены значительные площади сельхозугодий и особо охраняемых природных территорий; распространение огня, как правило, имеет неуправляемый характер. Обширные пожары вызывают значительную эмиссию парниковых газов, снижают плодородие почв и приводят к деградации почвенного покрова [6].

Ферментативная активность почв складывается в результате совокупности процессов поступления, иммобилизации и действия ферментов в почве. Источниками почвенных ферментов служит все живое вещество почв: растения, микроорганизмы, животные, грибы, водоросли и т.д. Накапливаясь в почве, ферменты становятся неотъемлемым реактивным компонентом экосистемы. Почвенные ферменты обычно связаны с органическим веществом почвы и находятся в местах их образования, не продвигаясь по профилю [7].

Для изучения влияния пала на ферментативную активность чернозёма обыкновенного были выбраны 4 наиболее исследованных почвенных

Одабашян Мэри Юрьевна, аспирантка. E-mail: m.odabashyan@mail.ru.

Трушков Анатолий Владимирович, аспирант

Казеев Камил Шагидуллович, доктор географических наук, профессор. E-mail: kamil_kazeev@mail.ru.

Колесников Сергей Ильич, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий кафедрой экологии и природопользования. E-mail: kolesnikov@sfedu.ru

ферментов из класса оксидоредуктаз - каталаза, дегидрогеназы, и из класса гидролаз - фосфатаза, инвертаза. Объектом исследования был выбран чернозём обыкновенный южно-европейской фации карбонатный мощный слабогумусированный тяжелоуглинистый на желто-бурых лессовидных глинах, отобранный на территории Ботанического сада Южного федерального университета (координаты 47°14'13" с.ш. 39°39'12" в.д.).

Цель работы: определение влияния пирогенного фактора на ферментативную активность чернозёма.

Материалы и методика исследования. Опыты проводились 29.06.2016 г. в Ботаническом саду Южного федерального университета. Почвенные образцы для лабораторно-аналитических исследований отбирали из верхнего слоя (0-5 см) сразу же после пожара, на 3 и 30-ые сутки. Для достоверности результатов опыты проводили в трехкратной повторности. В опыте было 3 варианта. Вариант №1 был контрольным (не подвергался пирогенному воздействию), на варианте №2- почва подвергалась обычному палу, а на варианте №3 - более интенсивному палу с двойным количеством соломы.

Температура почвы до начала эксперимента на поверхности была +30°C, на глубине 5 см +24°C, на глубине 10 см +22,6°C. В результате инициирования пала температура за несколько минут значительно возросла. Изменение температуры зависело от глубины почвы и степени воздействия пожара (количества растительного вещества на поверхности почвы). Через 30 минут после пала температура на варианте №2 на поверхности температура увеличилась на 2,6°C, на глубине 5 см на 0,3°C, на глубине 10 см на 1,0°C от контроля. На варианте №3 температура увеличилась - на поверхности на 13,5°C, на глубине 5 см на 3,5°C, на глубине 10 см на 2,0°C выше контроля. Активность ферментов определяли по методике А.Ш. Галстяна, в модификации Ф.Х. Хазиева [8].

Результаты и их обсуждение. В результате исследования установлено, что активность каталазы в верхнем слое контрольного участка в первый срок наблюдения составила 9,8 мл О₂/мин./г почвы. В чернозёме через сутки после пирогенного воздействия активность каталазы снизилась на варианте №2 - на 7% от контроля, на варианте №3 - на 26% (p<0,001) от контроля. Эффект сохранялся и через трое суток после воздействия практически с теми же значениями активности каталазы. Через трое суток активность каталазы осталась ниже контрольных значений на 7% на варианте №2, и 18% (p<0,001) - на варианте №3. При этом эффект воздействия сохраняется длительное время. Через 30 суток после пирогенного воздействия происходит некоторое восстановление активности фермента, на контрольном образце активность фермента составляло 10,1 О₂/мин./г почвы, на варианте №2- 8,8 О₂/мин./г почвы, на варианте №3- 7,9 (p<0,01) О₂/мин./г почвы, полного восстановления значений не произошло (рис.1). Причиной изменения является

инактивация активности фермента при высоких температурах. В исследованиях Ю. В. Акименко, выявлено, что температура свыше 127°C стерилизует почву, а температура до 100°C приводит к инактивации и денатурации почвенных ферментов [9].

В ходе исследования было установлено, что активность фермента дегидрогеназы сразу же после пала снижается. На контрольном участке активность фермента- 31,6 ТТХ мг/мл. После обычного пала активность дегидрогеназы снизилась на 4% от контроля. Двойной пал - активность фермента снизилась на 17,5% (p<0,001). На третий день после пала, на контрольном образце- 28,6 ТТХ мг/мл, на варианте №2- активность фермента снизилась на 13,7%, на варианте №3 - снизилась на 20,7% (p<0,001). На 30-ый день после пала активность дегидрогеназы восстанавливается, но не доходит до контрольных значений. На контрольном участке - 32,2 ТТХ мг/мл, после одианрного пала активность фермента снижается на 6,3%, после двойного пала - на 7,5% (p<0,01) (рис. 2).

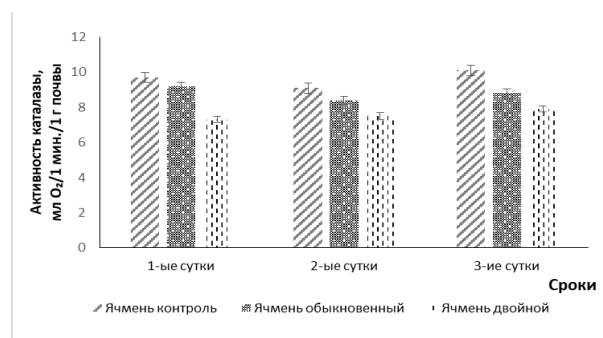


Рис. 1. Активность каталазы после пала

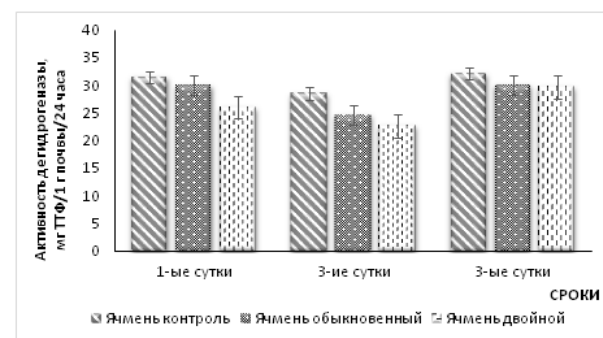


Рис. 2. Активность дегидрогеназы после пала

Активность инвертазы в верхнем слое контрольного участка в первый срок наблюдения составила 29,6 мг глюкозы/г/сутки. В чернозёме через сутки после пирогенного воздействия активность инвертазы снизилась на варианте №2- 7% от контроля, на варианте №3 -на 10,2% от контроля. На 3-ий день после воздействия наблюдается увеличение активности инвертазы, на варианте №2 - 1,4% от контроля, на варианте №3 -5,5%. Через 30 суток после пирогенного воздействия происходит резкое снижение активности фермента относительно предшествующих сроков. На варианте №1-22,3 мг глюкозы/г/сутки, на варианте №2- снижается на

7,7% от контроля, на варианте №3- снижается на 8,9% от контроля (рис. 3).

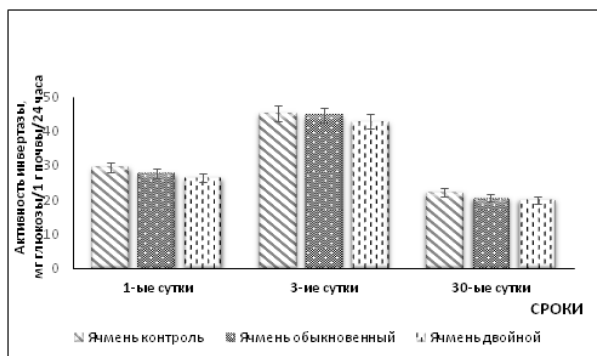
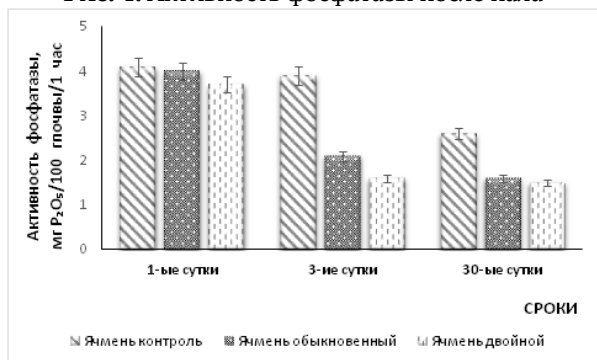


Рис. 3. Активность инвертазы после пала

Рис. 4. Активность фосфатазы после пала



Активность фосфатазы после пожара снизилась незначительно, на контрольном образце 4,1, на варианте №2-снижается на 2,5% от контроля, на варианте №3 - активность снизилась на 9,8% ($p < 0,01$). На третий день после пожара идет более интенсивное снижение активности фермента на варианте №2- 46,2% от контроля, на варианте №3- 59% ($p < 0,01$). На 30-ый день после пожара не наблюдается полного восстановления активности фермента.

В исследованиях американского ученого Р. Боернера [10] было установлено, что активность фосфатазы в дубовом лесу в Огайо (США) в целом не различалась между горелым и контрольным участками в течение вегетационного сезона. Однако при более детальном рассмотрении оказалось, что к осени на горелых почвах фосфатазная активность падает. Другой исследователь К. Брай [11] исследовал физико-химические свойства почв после 12 лет ежегодных выжиганий прерий в Арканзасе (США). Плотность, электропроводность почвы и содержание экстрагируемых Р, Na, Fe и Mn статистически значительно снизилось, что лишним раз доказывает отрицательное воздействие пожара на почву и ее компоненты. Проведенные исследования подтверждают литературные данные о возможности применения активности почвенных ферментов в диагностике экологического состояния почв [12-15].

Выводы:

1. Пирогенный фактор оказал подавляющее воздействие на ферментативную активность исследуемых ферментов.

2. Степень влияния пирогенного фактора определяется продолжительностью пала, количества органического материала горения и времени с момента пала.

3. По степени устойчивости к пирогенному фактору, активность ферментов можно расположить в ряд от более устойчивого до менее: фосфатаза > инвертаза > дегидрогеназа > каталаза.

4. Из оксидоредуктаз каталаза была более чувствительной к пирогенному фактору, чем дегидрогеназа, из класса гидролаз инвертаза была чувствительнее, чем фосфатаза. В целом гидролазы более устойчивы к воздействию пала, нежели оксидоредуктазы.

5. Восстановление ферментативной активности имеет нелинейный характер. По скорости восстановления показатели ферментативной активности можно выделить в ряд от быстрого до медленного: каталаза > дегидрогеназа > инвертаза > фосфатаза.

6. Из оксидоредуктаз активность каталазы восстанавливается до контрольных значений быстрее, чем активность дегидрогеназ, из гидролаз инвертаза быстрее восстанавливается, чем фосфатаза.

Исследование выполнено при поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации (5.5735.2017/8.9) и Президента Российской Федерации (НШ-9072.2016.11, МК-326.2017.11)

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

- Louis, G. A global feasibility assessment of the bispectral fire temperature and area retrieval using MODIS data / G. Louis, S. Wilfrid // Remote Sensing of Environment. 2014. V.152. P. 166-173.
- Прокопенко, Е.В. Влияние степного пожара на фауну и структуру населения пауков (Aranei, Arachnida) заповедника «Каменные Могилы» (Володарский район Донецкой области) / Е.В. Прокопенко, Е.Ю. Савченко // Биологический вестник Мелитопольского государственного педагогического университета. 2013. №1 (7). С. 90-105.
- Всероссийская сельскохозяйственная перепись - 2016 года. Предварительные итоги Статистический бюллетень. – Ростов-на-Дону: Ростовстат, 2017. 23 с.
- Certini, G. Effects of fire on properties of forest soils // Oecologia. 2005. №143. P. 1-10.
- Certini, G. Wildfire effects on soil organic matter quantity and quality in two fire-prone Mediterranean pine forests / G. Certini, C. Nocentini, H. Knicker et al. // Geoderma. 2011. P. 148-155.
- Смелянский, И.Э. Степные пожары и управление пожарной ситуацией в степных ООПТ: экологические и природоохранные аспекты / И.Э. Смелянский, Ю.А. Буйволов, А.Ю. Баженов и др. – М.: Изд-во Центра охраны дикой природы, 2015. 144 с.
- Купревич, В.Ф. Почвенная энзимология. Научные труды. Т.4. – Минск: Наука и Техника, 1974. 404 с.
- Казеев, К.Ш. Методы биодиагностики наземных экосистем / К.Ш. Казеев, С.И. Колесников, Ю.В. Акименко, Е.В. Даденко Е.В. – Ростов-на-Дону: Издательство Южного федерального университета, 2016. 356 с.

9. *Акименко, Ю.В.* Экологическое последствия загрязнения чернозема антибиотиками: монография / *Ю.В. Акименко, К.Ш. Казеев, С.И. Колесников.* – Ростов-на-Дону: Издательство Южного федерального университета, 2013. 120 с.
10. *Boerner, R.E.J.* Seasonal variations in enzyme activity and organic carbon in soil of a burned and unburned hardwood forest / *R.E.J. Boerner, J.A. Brinkman, A. Smith* // *Soil Biol. Biochem.* 2005. V.37. P. 1419-1426.
11. *Brye, K.R.* Soil physiochemical changes following 12 years of annual burning in a humid-subtropical tallgrass prairie: a hypothesis // *Acta Oecologica.* 2006. V. 30. P. 407-413.
12. *Казеев, К.Ш.* Биологические особенности почв влажных субтропиков / *К.Ш. Казеев, В.К. Козин, С.И. Колесников, В.Ф. Вальков* // *Почвоведение.* 2002. № 12. С. 1474-1478.
13. *Денисова, Т.В.* Восстановление ферментативной активности чернозема после воздействия γ -излучения / *Т.В. Денисова, К.Ш. Казеев* // *Радиационная биология. Радиоэкология.* 2005. Т. 45. № 6. С. 1-5.
14. *Даденко, Е.В.* Биологическая активность чернозема обыкновенного при длительном использовании под пашню / *Е.В. Даденко, М.А. Мясникова, К.Ш. Казеев* и др. // *Почвоведение.* 2014. №6. С. 724-733.
15. *Казеев, К.Ш.* Опыт применения ферментативной активности в оценке экологического состояния почв природных и нарушенных территорий // *Биодиагностика и оценка качества природной среды: подходы, методы, критерии и эталоны сравнения в экотоксикологии: Мат-лы междунар. симп.* – М.: ГЕОС, 2016. С. 91-99.

THE INFLUENCE OF AGRICULTURAL BURNING ON CHERNOZEM ENZYMATIC ACTIVITY

© 2017 M.Yu. Odabashyan, A.V. Trushkov, K.Sh. Kazeev, S.I. Kolesnikov

Southern Federal University, Rostov-on-Don

The results of the research the influence of pyrogenic factor on chernozem enzymatic activity are presented in article. The enzymatic activity of soils has decreased with pyrogenic action. The degree of influence of the pyrogenic factor is determined by the duration of the fall, the amount of organic combustion material and the time elapsed since the fall. Enzymes from different classes react to pyrogenic effects in varying degrees. In general, the hydrolases are more resistant to the impact than the oxidoreductase. The catalase activity was more sensitive to the pyrogenic factor of oxidoreductases, compared to the activity of dehydrogenases, the activity of invertase from the hydrolase class was more sensitive than the activity of phosphatase. The restoration of enzymatic activity of soils has a nonlinear character after the fall. Catalase activity approaches control values faster than dehydrogenase activity, invertase activity is more rapidly restored than phosphatase activity.

Key words: chernozem, pyrogenic factor, enzymatic activity, biodiagnostics, straw burning

Mary Odabashyan, Post-graduate Student. E-mail: m.odabashyan@mail.ru.

Anatoliy Trushkov, Post-graduate Student

Kamil Kazeev, Doctor of Geography, Professor.

E-mail: kamil_kazeev@mail.ru.

Sergey Kolesnikov, Doctor of Agriculture, Professor,

Head of Ecology and Nature Management

Department. E-mail: kolesnikov@sfedu.ru

УДК 631.811.98 + 581.091

ВЛИЯНИЕ СТИМУЛЯТОРОВ РОСТА НА ПОСЕВНЫЕ КАЧЕСТВА СЕМЯН И РОСТ ОДНОЛЕТНИХ СЕЯНЦЕВ ПУЗЫРЕПЛОДНИКА АМУРСКОГО (*PHYSOCARPUS (CAMBESS.) MAXIM. AMURENSIS*)

© 2017 В. В. Острошенко¹, Л.Ю. Острошенко²

¹ «ГТС» – филиал Федерального научного центра биоразнообразия ДВО РАН

² Приморская государственная сельскохозяйственная академия

Статья поступила в редакцию 22.05.2017

При проращивании семян пузыреплодника амурского (*Physocarpus (Cambess.) Maxim. amurensis*), замоченных в растворе стимулятора Циркон, энергия прорастания составила 43–62%, всхожесть – 55–82%. Наиболее эффективны концентрации растворов $1 \cdot 10^{-3}$ и $1 \cdot 3 \cdot 10^{-3}$. Корневая подкормка сеянцев более эффективна в концентрации раствора 1 мл / 5 л.

Ключевые слова: стимулятор роста, Циркон, энергия прорастания, лабораторная всхожесть, проросток, сеянец

В последние десятилетия наблюдаются изменения в строительстве и оформлении жилого фонда, озеленении приусадебных участков, парков и скверов, уличных посадках. Это привело к активному развитию ландшафтного строительства, повышению спроса на посадочный материал и расширению его ассортимента [11]. Встал вопрос по ускоренному выращиванию посадочного материала. Это возможно за счет применения стимуляторов роста, положительно зарекомендовавших себя в сельском хозяйстве [1, 5, 10]. Поэтому изучение возможности использования стимуляторов роста, повышающих посевные качества семян, активизирующих рост сеянцев и сокращающих сроки выращивания посадочного материала, является актуальным для лесной отрасли, ландшафтного строительства и в целом – для народного хозяйства.

Первые опыты по применению стимуляторов роста по ускоренному выращиванию посадочного материала, проведенные в лесной отрасли, имеют положительные результаты [6–9, 14–18]. В ландшафтном строительстве дальневосточного региона широкое распространение получили дальневосточные древесно-кустарниковые породы. Особое место занимает пузыреплодник амурский (*Physocarpus (Cambess.) Maxim. amurensis*). Растет в Приморье и Приамурье. Ветвистый кустарник высотой 1–2 м. со светло-бурой отслаивающейся корой, серовато-желтыми ветвями и красноватыми побегами. Листья сердцевидно-округлые, 6–8 см. длины, с пятью, реже – с тремя лопастями, сверху ярко-зеленые, снизу – серо-войлочные от звездчатых волосков. Цветки белые, в красивых, густых щитковидных соцветиях. Цветет в мае. Декоративен, особенно во время цветения. Может быть использован для создания бордюров, живых изгородей в уличных посадках и кустарниковых групп в парках и на усадьбах

в жилом секторе (рис. 1) [3, 12, 13]. Наша работа посвящена эффективности применения стимулятора роста Циркон при ускоренном выращивании сеянцев пузыреплодника амурского.

Цель исследований: изучение влияния стимулятора роста Циркон на повышение энергии прорастания, лабораторной всхожести семян и рост сеянцев пузыреплодника амурского в посевном отделе питомника.

Исходя из поставленной цели, решались **задачи:**

1. Проращивание семян пузыреплодника амурского в лабораторных условиях.
2. Анализ влияния стимулятора роста Циркон на энергию прорастания и лабораторную всхожесть семян пузыреплодника амурского.
3. Проведение трехкратной корневой подкормки однолетних сеянцев растворами стимулятора роста Циркон.
4. Выявление эффективности трехкратной корневой подкормки сеянцев.

Объекты и методика исследований. Объектом настоящего исследования являлись семена и однолетние сеянцы пузыреплодника амурского (*Physocarpus (Cambess.) Maxim. amurensis*). Семена заготовлены на территории лесного фонда «ГТС» – филиала ФНЦ Биоразнообразия ДВО РАН. Выявление стимулирующего эффекта стимулятора роста Циркон на посевные качества семян проводили в лабораторных условиях, согласно действующего ГОСТа [2]. Для проращивания отбирали внешне неповрежденные семена, которые замачивали на 20 часов в водных растворах стимулятора роста. Опыт состоял из 6 вариантов (концентрации растворов препарата и воды составили: $1 \cdot 10^{-3}$, $1 \cdot 2 \cdot 10^{-3}$, $1 \cdot 3 \cdot 10^{-3}$, $1 \cdot 4 \cdot 10^{-3}$, $1 \cdot 5 \cdot 10^{-3}$ мл/л и контроль). В качестве контроля использовались семена, замачиваемые в дистиллированной воде. Принятое соотношение объема семян и раствора 1:5. Все эксперименты выполнены в 4-х кратной повторности. Подготовленные к опытам семена по 100 шт. раскладывали в чашки Петри, на влажное ложе, подготовленное из фильтровальной бумаги, сложенной в четыре слоя, которую нарезали по размерам чашек Петри.

Острошенко Валентина Васильевна, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, старший научный сотрудник. E-mail: OstroshenkoV@mail.ru

Острошенко Людмила Юрьевна, кандидат биологических наук, доцент кафедры лесоводства. E-mail: OstroshenkoV@mail.ru



Рис. 1. Бордюра из пузыреплодника амурского

Проращивание семян проводили в термостате ТС-80 – «КЗМА» (электрический, суховоздушный, изготовлен на Казанском заводе медицинской аппаратуры). Чашки Петри выставляли в рабочей камере термостата. Ложе для проращивания семян поддерживали во влажном состоянии, периодически смачивая фильтровальную бумагу дистиллированной водой. Температуру поддерживали в пределах 25-27°C. Учет проростков проводили на 5, 7, 10, 15, 20, 25-ый день. В день каждого подсчета проростков, с ложа удаляли нормально проросшие и загнившие семена и отмечали в карточке анализа, отдельно по каждой пробе, количество семян: нормально проросших, загнивших и оставленных на ложе не проросших семян. Микрометром измеряли длину проростков.

Энергию прорастания определяли на 10-ый день проращивания; всхожесть – на 25-ый. В день окончательного учета всхожести, у оставшихся на ложе семян определяли количество здоровых, загнивших, запаренных, беззародышевых и пустых, зараженных вредителями семян. Полученные данные заносили в карточку анализа. Материалы опытов подвергали статистической обработке в прикладной программе Microsoft Excel [4]. Опытные работы по выявлению влияния корневой подкормки раствором стимулятора Циркон на энергию роста сеянцев изучали на питомнике «ГТС» - филиала ФНЦ Биоразнообразия ДВО РАН.

Почва влажная, лесная, серая, оглеенный средний суглинок. Семена заготавливали осенью, в окрестностях питомника и сразу же высевали в подготовленные гряды. В следующий вегетационный период проводили трехкратную корневую подкормку растворами стимуляторов роста. В мае следующего года, при начавшемся активном росте всходов, проводили первую корневую подкормку, сеянцы подкармливали водным раствором стимулятора Циркон концентрацией растворов 1мл / 5л и 1мл / 10 л. Контроль - всходы, не подвергавшиеся корневой подкормке. Через две недели, в период интенсивного роста сеянцев, провели вторую корневую подкормку и через следующие две недели

также в период интенсивного роста сеянцев – третью. В течение вегетации за однолетними сеянцами проводили агротехнический уход, заключающийся в прополке травянистой растительности и рыхлении почвы. По окончании вегетации у 25-ти опытных сеянцев каждого варианта и на контроле измеряли высоту стволика и вычисляли среднее модельное растение [4]. Выкапывали по три модельных сеянца каждого варианта опыта. У них измеряли диаметр шейки корня и длину мочки корня. Сеянцы высушивали до воздушно сухого состояния. Затем взвешивали над-земную часть и корневую систему; определяли общую биомассу. Полученные данные сравнивали с контролем и по вариантам выращивания сеянцев. Материалы исследований подвергали статистической обработке в прикладной программе Microsoft Excel. Точность опыта > 3.

Результаты исследований и обсуждение.

Примененный в опытах препарат Циркон хорошо растворяется в воде и характеризуется широким спектром биологической активности. Не обладает мутагенным действием. Рекомендован для предпосевной, корневой и внекорневой обработки зерновых, овощных культур, плодовых и декоративных деревьев и кустарников. Повышает всхожесть семян, активизирует корнеобразование; устойчив к грибным и инфекционным заболеваниям, засухе, холоду и ожогам; ускоряет рост и накопление биомассы. Безопасен для человека, животных и полезных насекомых, экологически безвреден. Включен в список пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации [10].

Проведенные лабораторные опыты по влиянию стимулятора Циркон на посевные качества семян пузыреплодника амурского, позволили выявить существенное влияние препарата на энергию прорастания и лабораторную всхожесть. Так, высокая концентрация раствора ($1 \cdot 10^{-3}$), оказывает ингибирующее влияние на прорастание и всхожесть семян. Стимулирующее влияние препарата отмечено при использовании растворов концентрацией $1.2 \cdot 10^{-3}$

и $1 \cdot 10^{-3}$, при которых энергия прорастания семян составляла, достоверно 58-62%, лабораторная всхожесть – 72-82%. Концентрация раствора - $1 \cdot 10^{-5}$ уравнивала воздействие препарата до уровня контроля, соответственно: 48-64% (табл. 1). Концентрация раствора стимулятора оказывает существенное

влияние и на энергию роста проростков по длине. В сравнении с контролем, высокая концентрация снижала темпы их прорастания на 11,1-36,8%. Последующее снижение концентрации раствора до $1 \cdot 10^{-5}$ и $1 \cdot 10^{-3}$ – повышало, до 5,3-60% (табл. 2, рис. 2).

Таблица 1. Влияние стимулятора роста Циркон на энергию прорастания и лабораторную всхожесть семян пузыреплодника амурского (*Physocarpus* (Cambess.) Maxim. *amurensis*)

Дата очередного подсчета проростков	Конт-роль (H ₂ O)	Концентрации растворов, мл/л			
		$1 \cdot 10^{-3}$	$1 \cdot 2 \cdot 10^{-3}$	$1 \cdot 3 \cdot 10^{-3}$	$1 \cdot 4 \cdot 10^{-3}$
Кол-во семян по концентрациям растворов, шт / % по отношению к контролю					
5-ый день	12	<u>10,0</u> -16,7	<u>9,0</u> -25	<u>15,0</u> +25	<u>11,0</u> -8,3
Достоверность, t _m	11,1	11,4	22	13,9	10,2
7-ой день	18	<u>17,0</u> -5,6	<u>24,0</u> +33,3	<u>21,0</u> +16,7	<u>20,0</u> 11,1
Достоверность, t _m	19,6	18,5	18,6	22,8	16,3
10-ый день	19	<u>16,0</u> -15,8	<u>25,0</u> +31,6	<u>26,0</u> +36,8	<u>17,0</u> -10,5
Достоверность, t _m	20,7	39	16,9	28,3	13,8
15-ый день	4	<u>3,0</u> -25	<u>7,0</u> +75	<u>7,0</u> +75	<u>5,0</u> +25
Достоверность, t _m	4,3	7,3	17,1	11,6	12,2
20-ый день	4	<u>3,0</u> -25	<u>3,0</u> -25	<u>7,0</u> +75	<u>5,0</u> +25
Достоверность, t _m	7	8,6	11,2	13	19,2
25-ый день	5	<u>6,0</u> +20	<u>4,0</u> -20	<u>6,0</u> +20	<u>6,0</u> +20
Достоверность, t _m	19,2	14,6	11,2	11	11
Энергия прорастания, %	49	43	58	62	48
Всхожесть, %	62	55	72	82	64
Число не проросших семян, шт.	38	45	28	18	36
Из числа не проросших:					
здоровых	6	9	4	3	7
загнивших	6	10	5	4	8
пустых	14	12	11	6	12
не нормально проросших	12	14	8	5	9
Поврежденных вредителями	-	-	-	-	-

Примечание: здесь и далее - $1 \cdot 10^{-3}$ - концентрация раствора 1 мл препарата на 1 л воды; $1 \cdot 2 \cdot 10^{-3}$ - концентрация раствора 1 мл препарата на 2 л воды, и т.д.

Таблица 2. Влияние стимулятора роста Циркон на длину проростка при проращивании семян пузыреплодника амурского (*Physocarpus* (Cambess.) Maxim. *amurensis*)

Дата очередного подсчета проростков	Конт-роль (H ₂ O)	Концентрации растворов, мл/л			
		$1 \cdot 10^{-3}$	$1 \cdot 2 \cdot 10^{-3}$	$1 \cdot 3 \cdot 10^{-3}$	$1 \cdot 4 \cdot 10^{-3}$
Средняя длина проростка, см. / % по отношению к контролю					
5-ый день	0,9±0,2	<u>0,7±0,1</u> -22,2	<u>0,8±0,1</u> -11,1	<u>1,1±0,2</u> +22,2	<u>1,2±0,1</u> +33,3
Достоверность, t _m	4,7	6,4	30	5,5	10,9
7-ой день	0,9±0,2	<u>0,8±0,1</u> -11,1	<u>9,0±0,1</u> -	<u>1,0±0,1</u> +11,1	<u>1,0±0,1</u> +11,1
Достоверность, t _m	5	20	7,5	25	10
10-ый день	1,2±0,2	<u>1,0±0,1</u> +11,1	<u>1,2±0,1</u> +33,3	<u>1,8±0,1</u> +50	<u>1,6±0,1</u> +33,3
Достоверность, t _m	5,2	20	10,9	15	5,9

Продолжение таблицы 2					
15-ый день	1,5±0,4	1,2±0,2 -20	2,1±0,1 +40	2,4±0,2 +60	1,8±0,1 +20
Достоверность, t _m	4,3	6	17,5	16	36
20-ый день	1,9±0,2	1,6±0,2 -15,8	2,1±0,2 +10,5	2,3±0,4 +21,1	2,1±0,3 +10,5
Достоверность, t _m	10	8,9	10,5	6,2	8,4
25-ый день	1,9±0,2	1,2±0,2 -36,8	1,4±0,1 -26,3	2,0±0,2 +5,3	1,7±0,1 -10,5
Достоверность, t _m	15,8	7,5	10,8	9,1	42,5

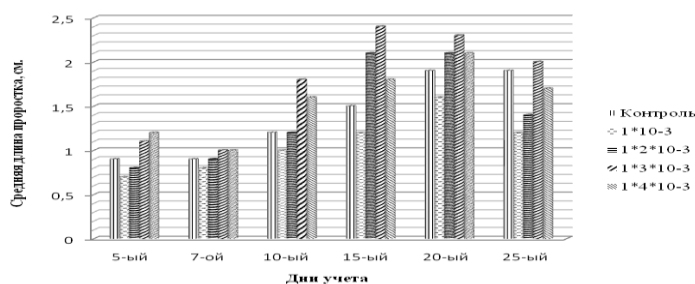


Рис. 2. Влияние стимулятора роста Циркон на длину проростка при проращивании семян пузыреплодника амурского

Трехкратная ритмичная корневая подкормка сеянцев раствором Циркона, проведенная при появлении всходов, а затем в период интенсивного роста сеянцев, стимулировала их рост уже в первый год [6]. Отмечено активное корнеобразование. Превышение диаметра шейки корня у опытных сеянцев, по отношению к контролю колебалось в

пределах 37,5% (при концентрации раствора 1 мл / 10 л) – 187,5% (1 мл / 5 л). По длине мочки корня превышения составили, соответственно: 4,7 и 17,4%. Активное нарастание корневой системы обусловило интенсивный рост надземной части сеянцев. Их высота превышала контроль на величину от 21,1% (1 мл / 10 л) до 34,2% (1 мл / 5 л) (табл. 3).

Таблица 3. Влияние трехкратной корневой подкормки стимулятором Циркон на показатели роста однолетних сеянцев пузыреплодника амурского

№ п/ п	Показатели роста	Контроль	Концентрация раствора	
			1 мл / 5 л	1 мл / 10 л
1	Высота, см.	34,2	65,4	34,2
	Отношение к контролю, %	-	+91,2	+21,1
2	Диаметр шейки корня, см.	0,8	2,3	1,1
	Отношение к контролю, %	-	+187,5	+37,5
3	Длина мочки корня, см.	27,6	32,4	28,9
	Отношение к контролю, %	-	+17,4	+4,7
4	Общая масса сеянца в воздушно-сухом состоянии, г.	4,19	8,98	6,05
	Отношение к контролю, %	-	+114,3	+44,4

Выводы:

1. В практике лесного хозяйства, природный стимулятор (регулятор) роста растений Циркон возможно применять как для укоренения и стимулирования корнеобразования растений, так и для проращивания семян пузыреплодника амурского (*Physocarpus (Cambess.) Maxim. amurensis*).

2. При проращивании семян, наиболее эффективны концентрации растворов от $1 \cdot 3 \cdot 10^{-3}$ до $1 \cdot 5 \cdot 10^{-3}$.

3. Более высокие концентрации растворов ($1 \cdot 10^{-3}$ и $1 \cdot 2 \cdot 10^{-3}$) оказывают на энергию прорастания и лабораторную всхожесть семян ингибирующее влияние. Снижение концентрации раствора до $1 \cdot 6 \cdot 10^{-3}$ ослабляет эффективность действия препарата.

4. Трехкратная корневая подкормка сеянцев раствором Циркона, проведенная при появлении всходов, а затем в период интенсивного роста сеянцев, значительно стимулирует рост сеянцев по всем показателям роста. Начата реализация сеянцев на селецию.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Вакуленко, В.В. Регуляторы роста // Защита и карантин растений. 2004. №1. С. 24-46.
2. ГОСТ 13056.6-97. Семена деревьев и кустарников. Метод определения всхожести. – Взамен ГОСТ 13056.6-75. – М.: Изд-во стандартов, 1998. 28 с.
3. Гроздов, Б.В. Дендрология. – М.-Л.: Гослесбуиздат, 1952. 436 с.

4. Доев, С.К. Математические методы обработки и анализа лесоводственной информации: методические указания к практическим занятиям для студентов очной и заочной форм обучения ИЛХ по направлению подготовки 250100 – «Лесное дело». – Уссурийск: Приморская ГСХА, 2011. 68 с.
5. Никелл, Л. Регуляторы роста растений (применение в сельском хозяйстве) – М.: 1984. 190 с.
6. Острошенко, В.В. Эффективность применения стимуляторов роста при выращивании однолетних сеянцев пузыреплодника амурского (*Physocarpus* (Cambess.) Maxim.) / В.В. Острошенко, Л.Ю. Острошенко // Актуальные проблемы лесного комплекса. Сб. науч. тр. БГИТА; под ред. Е.А. Памфилова. – Брянск, 2014. № 38. С. 154-157.
7. Острошенко, В.В. Влияние стимуляторов роста на энергию прорастания и лабораторную всхожесть семян сосны обыкновенной (*Pinus silvestris* L.) / В.В. Острошенко, Л.Ю. Острошенко, Д.А. Ключников и др. // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2015. Т. 17, № 6. С. 242-247.
8. Пентелькина, Н.В. Экологически чистые технологии на основе использования стимуляторов роста // Экология, наука, образование, воспитание: Сб. науч. тр. Брянск. 2002. Вып. 3. С. 69-71.
9. Пентелькин, С.К. Итоги изучения стимуляторов и полимеров в лесном хозяйстве за последние 20 лет. – М.: Лесхоз. Информ. 2003. 20 с.
10. Список пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации. – М.: 2004. 575 с.
11. Урусов, В.М. Хвойные Российского Дальнего Востока – ценные объекты изучения, охраны, разведения и использования / В.М. Урусов, И.И. Лобанова, Л.И. Варченко. – Владивосток: Дальнаука, 2007. 440 с.
12. Усенко, Н.В. Деревья, кустарники и лианы Дальнего Востока. – Хабаровск: Хабаровское книжное издательство, 1969. 416 с.
13. Усенко, Н. В. Деревья, кустарники и лианы Дальнего Востока: справ. кн. 3-е изд., перераб. и доп. – Хабаровск: Издательский дом «Приамурские ведомости». 2010. 272 с.
14. Чайлахян, М.Х. Регуляторы роста в жизни растений и в практике сельского хозяйства // Вестник АН СССР. 1982. № 1. С. 11-26.
15. Чилимов, А.И. Проблемы использования стимуляторов роста в лесном хозяйстве / А.И. Чилимов, С.К. Пентелькин // Лесное хозяйство. 1995. № 6. С. 11-12.
16. Borno, C. The effect of high concentration of ethylene on seed germination of Douglas fir (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) / C. Borno, I.E. Taylor // Can. J. of Forest Research. 1975. № 5 (3). P. 419-423.
17. Magyar, L. Application of biostimulators in nursery / L. Magyar, Z. Barancsi, A. Dickmann etc. // Bulletin of the University of Agricultural Sciences & Veterinary. 2008. Vol. 65, Issue 1. P. 515.
18. Pat. USH620H. Conifer growth stimulation and forest management [Electronic resource] / Donald C. Young. – The electronic text is given. US07/119,638; st. 12.11.87; publ. 4.04.89. 10 p. Access mode: <http://www.google.com/patents/USH620#classifications>.

THE INFLUENCE OF GROWTH STIMULATORS ON SAWING QUALITIES OF SEEDS AND GROWTH OF ONE-YEAR SEEDLINGS OF AMUR NINEBARK (*PHYSOCARPUS* (CAMBESS.) MAXIM. *AMURENSIS*)

© 2017 V.V. Ostroshenko¹, L.Yu. Ostroshenko²

¹«MTS» - branch of the Federal Science Center of Biodiversity FEB RAS

² The Primorskiy State Agricultural Academy

With the germination of seeds of Amur ninebark (*Physocarpus* (Cambess.) Maxim. *amurensis*), immersed in a solution of Zircon stimulator, germinative energy was 43-62%, germination - 55-82%. The most effective concentrations of solutions are $1 \cdot 2 \cdot 10^{-3}$ and $1 \cdot 3 \cdot 10^{-3}$. Soil dressing of seedlings is more effective in a solution concentration of 1 ml / 5 l.

Key words: *growth stimulator, zircon, germinative energy, laboratory germination, sprout, seedling*

УДК 631.811.98 + 581.091

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ СТИМУЛЯТОРА РОСТА ЦИРКОН ПРИ ПРОРАЩИВАНИИ СЕМЯН СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ (*PINUS SILVESTRIS* L.)

© 2017 В. Ю. Острошенко¹, Т.Н. Чекушкина²¹ ГТС – филиал Федерального научного центра биоразнообразия ДВО РАН² Приморский научно исследовательский институт сельского хозяйства

Статья поступила в редакцию 19.05.2017

Стимулятор роста Циркон – регулятор роста комплексного характера. Положительно зарекомендовавший себя в сельском хозяйстве, стимулирует энергию прорастания, лабораторную всхожесть семян и биометрические показатели проростков древесной породы – сосны обыкновенной (*Pinus silvestris* L.). При проращивании семян энергия прорастания составила 49-69%, лабораторная всхожесть – 58-87%.

Ключевые слова: Циркон, стимулятор роста, качество семян, энергия прорастания, лабораторная всхожесть, проросток

Леса Дальнего Востока обширны. 70,6% их площади занимают хвойные древесные породы: кедр корейский (*Pinus koraiensis* Sieb. et Zucc.), лиственница амурская (*Larix amurensis* B. Kolesn.), ель аянская (*Picea ajanensis* (Lindl. et Gord.) Fisch. ex Carr.), пихта почкочешуйная (белокорая) (*Abies nephrolepis* Maxim.) и сосна обыкновенная (*Pinus silvestris* L.) [10].

Бореальным ценоэлементом области континентального и резко континентального климата, одной из наиболее изученных и вовлеченных в селекцию хвойных пород в мире, является сосна обыкновенная – древесная порода, имеющая огромное хозяйственное значение. Она используется для самых разнообразных народно-хозяйственных целей и пользуется большим спросом. В условиях горного рельефа, легкоранимых и трудно восстанавливаемых дальневосточных экологических систем, сосна обыкновенная – одна из лучших лесомелиоративных пород для закрепления оврагов, склонов, песков, полесозащитных и придорожных полос. Перспективна для интродукции в различных районах Российского Дальнего Востока как быстрорастущая, засухоустойчивая и холодостойкая древесная порода; для озеленительных целей и мелиорации [11, 12-14]. Основные массивы сосны обыкновенной приурочены к территориям Республики Саха (Якутия), Хабаровского края и Амурской области. В лесном фонде Дальнего Востока доля сосны обыкновенной составляет всего 5,7% от общей площади и 7,1% - от общего запаса. В лесном фонде Приморского края доля сосны обыкновенной составляет всего 0,6% от общей площади хвойных [10]. Для юга Российского Дальнего Востока – это экзот, в прибрежной части встречается редко [12-14].

Высокое народно-хозяйственное значение, биологические и экологические особенности сосны обыкновенной требуют ее охраны и проведения активных мероприятий по воспроизводству. Однако семенные годы в сосняках дальневосточного

региона наблюдаются через три-четыре малоурожайных [4, 6, 12-14]. При таком сроке хранения, семена снижают энергию прорастания и всхожесть. Повысить посевные качества семян может обработка их стимуляторами роста [1, 7].

Стимуляторы роста успешно применяются в сельском хозяйстве [1, 9]. В лесном хозяйстве работы в этом направлении проводятся в опытном порядке. Список стимуляторов роста, положительно зарекомендовавших себя в лесном хозяйстве, расширяется. В их число входит и стимулятор Циркон. Настоящая работа посвящена изучению возможности применения природного регулятора роста растений циркон для повышения энергии прорастания и лабораторной всхожести семян сосны обыкновенной – на первых этапах лесовосстановления.

Цель исследований: изучение стимулирующего эффекта водных растворов стимулятора роста Циркон и выявление доз, активизирующих энергию прорастания и лабораторную всхожесть семян сосны обыкновенной.

Исходя из поставленной цели, решались следующие задачи:

1. Заготовка семян сосны обыкновенной;
2. Замачивание семян сосны обыкновенной в водных растворах стимулятора роста Циркон различной концентрации;
3. Проращивание семян в лабораторных условиях;
4. Анализ влияния стимулятора роста Циркон на энергию прорастания и лабораторную всхожесть семян сосны обыкновенной.

Объекты и методика исследований. Объектом настоящего исследования являлись семена сосны обыкновенной (*Pinus silvestris* L.), заготовленные в 2017 г. в юго-восточной части Хабаровского края. Средняя масса 1 тыс. шт. семян – 5,82 г. Выявление стимулирующего эффекта стимулятора роста Циркон на посевные качества семян выявляли в лабораторных условиях, согласно действующего ГОСТа [2]. Для проращивания отбирали внешне неповрежденные семена, которые замачивали на 20 часов в водных растворах стимулятора роста. Опыт

Острошенко Валентина Юрьевна, младший научный сотрудник. E-mail: OstroschenkoV@mail.ru
Чекушкина Татьяна Николаевна, лаборант-исследователь. E-mail: Chekushkina.80@mail.ru

состоял из 7 вариантов (концентрации растворов препарата и воды составили: $1 \cdot 10^{-3}$, $1,2 \cdot 10^{-3}$, $1,3 \cdot 10^{-3}$, $1,4 \cdot 10^{-3}$, $1,5 \cdot 10^{-3}$, $1,6 \cdot 10^{-3}$ мл/л и контроль). В качестве контроля использовались семена, замачиваемые в дистиллированной воде. Принятое соотношение объема семян и раствора 1:5. Все эксперименты выполнены в четырехкратной повторности. Подготовленные к опытам семена по 100 шт. раскладывали в чашки Петри, на влажное ложе, подготовленное из фильтровальной бумаги, сложенной в четыре слоя, которую нарезали по размерам чашек Петри.

Проращивание семян проводили в термостате ТС-80 – «КЗМА» (электрический, суховоздушный, изготовлен на Казанском заводе медицинской аппаратуры). Чашки Петри выставляли в рабочей камере термостата. Ложе для проращивания семян поддерживали во влажном состоянии, периодически смачивая фильтровальную бумагу дистиллированной водой. Температуру поддерживали в пределах 25-27°C. Учет проростков проводили на 5, 7, 10, 15-ый день. В день каждого подсчета проростков с ложа удаляли нормально проросшие и загнившие семена и отмечали в карточке анализа, отдельно по каждой пробе, количество семян: нормально проросших, загнивших и оставленных на ложе не

проросших семян. Микрометром измеряли длину проростков. Их массу определяли взвешиванием на электронных весах.

Энергию прорастания определяли на 5-ый и 7-ой дни проращивания. В день окончательного учета всхожести, у оставшихся на ложе семян определяли количество здоровых, загнивших, запаренных, беззародышевых и пустых, зараженных вредителями семян. Полученные данные заносили в карточку анализа. Материалы опытов подвергали статистической обработке в прикладной программе Microsoft Excel [5].

Результаты исследований и обсуждение. Стимулятор роста Циркон произведен на основе цветка Эхинацеи пурпурной и содержит в своем составе сложные эфиры на основе растворенных в спирте гидроксикоричных кислот. Циркон действует как фитоактиватор болезнеустойчивости, проявляя противогрибную, антибактериальную и противовирусную активность. Соединение экологически чистое, используется и как регулятор роста комплексного характера. Он одновременно регулирует корнеобразовательные и ростовые процессы, является адаптогеном неблагоприятных и стрессовых явлений, активизируя при этом силы растений.

Таблица 1. Влияние стимулятора роста Циркон на лабораторную всхожесть семян сосны обыкновенной (*Pinus silvestris* L.)

Дата очередного подсчета проростков	Контроль (H ₂ O дист.)	Концентрации растворов, мл/л					
		$1 \cdot 10^{-3}$	$1,2 \cdot 10^{-3}$	$1,3 \cdot 10^{-3}$	$1,4 \cdot 10^{-3}$	$1,5 \cdot 10^{-3}$	$1,6 \cdot 10^{-3}$
Количество семян по концентрациям растворов, шт / % по отношению контролю							
5-ый день	51,3±1,3	41,3±0,9 -19,5	44,3±0,1 -13,6	52,0±2,4 +1,4	55,0±2,9 +7,2	54,3±1,3 +5,8	53,1±1,7 +3,3
Достоверность, t _m	41	48	43	21,5	19,2	43,4	31,4
7-ой день	14,5±0,7	7,8±0,8 -46,2	11,8±1,1 -18,6	14,8±1,1 +2,1	14,0±0,8 -3,4	10,8±0,9 -25,5	8,9±0,1 -38,6
Достоверность, t _m	22,3	10,4	10,6	13,3	17,1	12,4	111,3
10-ый день	8,8±0,9	4,8±0,9 -45,5	11,5±1,0 +30,7	9,1±0,4 +3,4	9,2±0,4 +4,5	6,0±0,4 -31,8	6,8±0,6 -27,7
Достоверность, t _m	10,2	5,6	11,1	21,2	21,4	14,6	10,8
15-ый день	2,3±0,5	3,5±0,7 +52,2	2,7±0,3 +17,4	2,7±0,9 +17,4	2,5±0,9 +8,7	4,8±0,9 +108,7	3,7±0,9 +60,9
Достоверность, t _m	4,8	5,4	8,2	3,1	2,9	6,4	4,2
Энергия прорастания, %	66	49	56	67	69	65	62
Всхожесть, %	77	58	70	79	81	87	72
Число не проросших семян, шт.	23	42	30	21	19	13	28
Из числа непроросших:							
здоровых	7	20	14	6	5	3	6
загнивших	1	2	1	1	-	-	3
запаренных	2	1	2	-	-	-	-
пустых	2	3	2	4	3	3	4
не нормально проросших	11	16	11	10	11	7	15
поврежденных вредителями	-	-	-	-	-	-	-

Примечание: Здесь и в табл. 2, 3 – $1 \cdot 10^{-3}$ - концентрация раствора 1мл препарата на 1 л воды; $1,2 \cdot 10^{-3}$ - концентрация раствора 1мл препарата на 2 л воды и т.д.

Таблица 2. Влияние стимулятора роста Циркон на длину проростка при проращивании семян сосны обыкновенной (*Pinus silvestris* L.)

Дата очередного подсчета проростков,	Контроль (H ₂ O дист.)	Концентрации растворов, мл/л					
		1·10 ⁻³	1·2·10 ⁻³	1·3·10 ⁻³	1·4·10 ⁻³	1·5·10 ⁻³	1·6·10 ⁻³
Средняя длина проростка, см. / % по отношению к контролю							
5-ый день	1,6±0,1	1,1±0,1 -31,2	1,4±0,1 -12,5	1,7±0,1 +6,3	1,8±0,1 +12,5	1,8±0,1 +12,5	1,7±0,1 +6,3
Достоверность, t _m	17,8	15,7	28	24,3	45	25,7	15,5
7-ой день	1,8 ±0,1	1,3±0,1 -27,8	1,6±0,1 -11,1	1,9±0,1 +5,6	2,1±0,1 +16,7	1,9±0,1 +5,6	1,9±0,1 +5,6
Достоверность, t _m	36	32,5	22,9	63,3	30	27,1	27,1
10-ый день	1,8±0,1	1,4±0,1 -22,2	1,7±0,1 -5,6	1,9±0,1 +5,6	2,0±0,1 +11,1	2,2±0,1 +22,2	1,9±0,1 +5,6
Достоверность, t _m	20	35	42,5	27,1	30	31,4	47,5
15-ый день	1,6±0,3	1,3±0,1 -18,7	1,5±0,1 -6,2	1,7±0,1 +6,3	1,8±0,1 +12,5	1,9±0,1 +18,8	1,7±0,1 +6,3
Достоверность, t _m	6,4	43,3	21,4	34	25,7	38	21,3

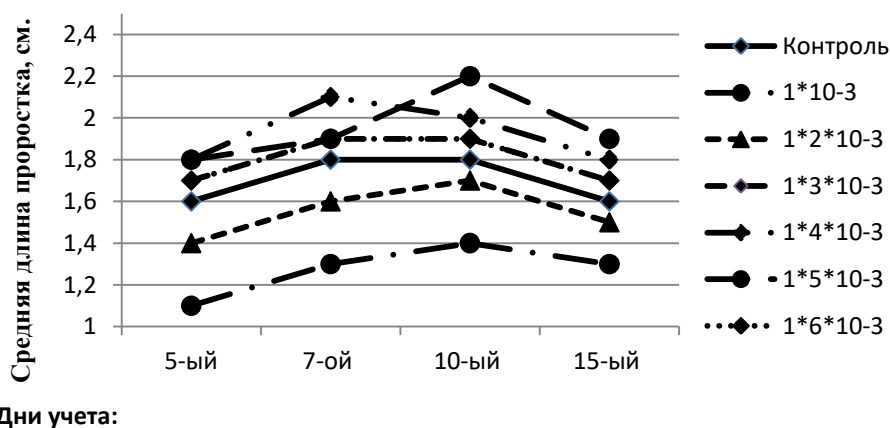


Рис. 1. Влияние стимулятора роста Циркон на длину проростка при проращивании семян сосны обыкновенной (*Pinus silvestris* L.), см.

Циркон стимулирует прорастание и всхожесть семян, корнеобразование и укоренение черенков декоративных, хвойных и плодовых деревьев, ягодных кустарников), корневой и внекорневой подкормки [9]. Препарат не обладает мутагенным действием, безопасен для человека, теплокровных животных, для рыб, полезных насекомых и пчел: полностью распадается и не накапливается в почве, не загрязняет окружающую среду. Класс опасности: ДВ – 4 класс (малоопасное вещество). Выпускается в упаковке и свободно реализуется торговой сетью [1, 8, 9]. Действующие инструкции по использованию стимулятора роста составлены для применения при выращивании сельскохозяйственных культур. В лесном хозяйстве эти работы проводятся в опытном порядке.

В результате проведенных опытов выявлено существенное влияние стимулятора Циркон на энергию прорастания и лабораторную всхожесть семян сосны обыкновенной. Так, более высокая концентрация растворов стимулятора (1·10⁻³ и 1·2·10⁻³) оказывает ингибирующее влияние на проращивание семян. Стимулирующее влияние на прорастание семян отмечено при использовании

растворов концентрацией 1·3·10⁻³ - 1·5·10⁻³, при которых энергия прорастания семян составляла достоверно 65-69%, лабораторная всхожесть – 79-87%, что соответствует 2-му классу качества [3]. Дальнейшее снижение концентрации раствора до 1·6·10⁻³ ослабляло эффективность препарата (табл. 1). Наблюдается зависимость концентрации раствора на нарастание проростков по длине и массе (табл. 2, 3, рис. 1, 2).

Высокие концентрации растворов (1·10⁻³ - 1·2·10⁻³) оказывали ингибирующее влияние и на рост проростков, достоверно снижая темпы их нарастания, в сравнении с контролем на 5,6-31,2%. Обработка семян стимулятором концентрацией растворов 1·3·10⁻³-1·5·10⁻³ обусловила повышение энергии нарастания, соответственно: на 5,6-22,2%. Дальнейшее ослабление концентрации раствора до 1·6·10⁻³, соответственно снижало темпы их роста по длине до 5,6-6,3%. Активность нарастания проростков по длине проявилась и по отношению к их массе (табл. 3, рис. 5). Более высокий эффект отмечен при замачивании семян в растворах концентрацией, соответственно: от 1·3·10⁻³ до 1·5·10⁻³.

Таблица 3. Влияние стимулятора роста Циркон на массу проростка при проращивании семян сосны обыкновенной (*Pinus silvestris* L.)

Дата очередного подсчета проростков	Контроль (H ₂ O дист.)	Концентрации растворов, мл/л					
		1·10 ⁻³	1·2·10 ⁻³	1·3·10 ⁻³	1·4·10 ⁻³	1·5·10 ⁻³	1·6·10 ⁻³
Средняя масса проростка, мг. / % по отношению к контролю							
5-ый день	8±0,3	5±0,3 -37,5	6±0,3 -25	8±0,3 -	9±0,3 +12,5	7±0,3 -12,5	6±0,3 -25
Достоверность, t _m	31,2	21,2	25,2	25,9	35,2	27,2	23,2
7-ой день	8±0,5	5±0,3 -37,5	5±0,4 -37,5	7±0,3 -12,5	9±0,3 +12,5	9±0,3 +12,5	5±0,3 -37,5
Достоверность, t _m	15	19,2	12,2	27,2	35,2	35,2	19,2
10-ый день	8±0,5	5±0,3 -37,5	6±0,3 -25	7±0,4 -12,5	8±0,6 -	9±0,3 +12,5	5±0,4 -37,5
Достоверность, t _m	15	19,2	21,2	17,1	12,4	35,2	12,2
15-ый день	7±0,3	5±0,3 -28,6	5±0,5 -28,6	7±0,3 -	8±0,3 +14,3	8±0,3 +14,3	6±0,3 -14,3
Достоверность, t _m	27,2	19,2	9	29,2	25,9	22,4	23,2

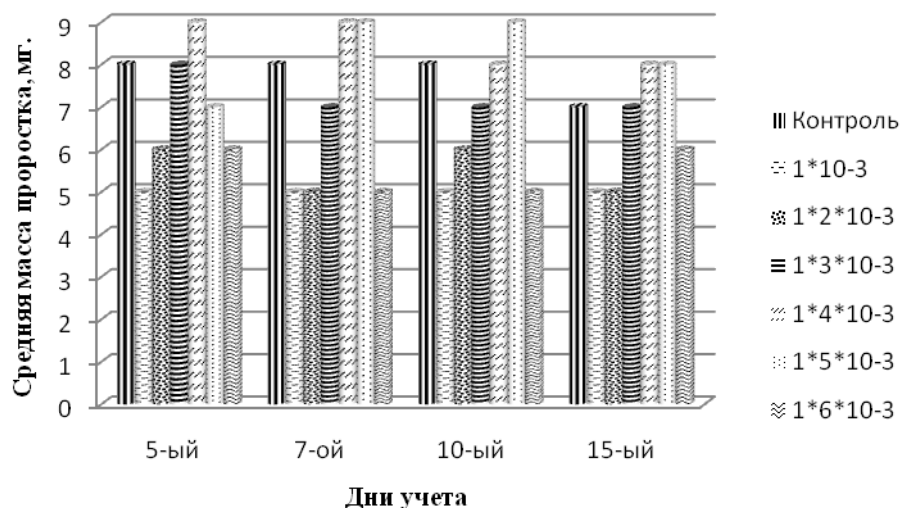


Рис. 2. Влияние стимулятора роста Циркон на нарастание массы проростка при проращивании семян сосны обыкновенной (*Pinus silvestris* L.), мг.

Выводы:

1. В практике лесного хозяйства природный стимулятор (регулятор) роста растений Циркон можно применять как для укоренения и стимулирования корнеобразования растений, так и для проращивания семян сосны обыкновенной (*Pinus silvestris* L.).

2. Наиболее эффективны концентрации растворов от 1·3·10⁻³ до 1·5·10⁻³.

3. Более высокие концентрации растворов (1·10⁻³ и 1·2·10⁻³) оказывают на энергию прорастания и лабораторную всхожесть семян ингибирующее влияние. Снижение концентрации раствора до 1·6·10⁻³ ослабляет эффективность препарата.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Вакуленко, В.В. Регуляторы роста // Защита и карантин растений. 2004. №1. С. 24-46.
2. ГОСТ 14161-86. Семена хвойных древесных пород. Посевные качества. Технические условия. – М.: Госстандарт СССР, 1986. 11 с.

3. ГОСТ 13056.6-97. Семена деревьев и кустарников. Метод определения всхожести. Взамен ГОСТ 13056.6-75. – М.: Изд-во стандартов, 1998. 28 с.
4. Гроздов, Б.В. Дендрология. – М.-Л.: Гослесбуиздат, 1952. 436 с.
5. Доев, С.К. Математические методы обработки и анализа лесоводственной информации: методические указания к практическим занятиям для студентов очной и заочной форм обучения ИЛХ по направлению подготовки 250100 – «Лесное дело» / ФГОУ ВПО «Приморская ГСХА». – Уссурийск, 2011. 68 с.
6. Острошенко, В.В. Влияние стимуляторов роста на энергию прорастания и лабораторную всхожесть семян сосны обыкновенной (*Pinus silvestris* L.) / В.В. Острошенко, Л.Ю. Острошенко, Д.А. Ключников и др. // Известия Самарского научного центра Российской Академии наук. 2015. Т. 17, № 6. С. 242-247.
7. Пентелькина, Н.В. Экологически чистые технологии на основе использования стимуляторов роста // Экология, наука, образование, воспитание: Сб. науч. тр. – Брянск. 2002. Вып. 3. С. 69-71.
8. Пентелькин, С.К. Итоги изучения стимуляторов и полимеров в лесном хозяйстве за последние 20 лет – М.: Лесохоз. Информ, 2003. 20 с.

9. Список пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации. – М., 2004. 575 с.
10. Справочник для учета лесных ресурсов Дальнего Востока / отв. составитель и научный редактор В.Н. Корякин. – Хабаровск: ДальНИИЛХ, 2010. 527 с.
11. Урусов, В.М. Хвойные Российского Дальнего Востока – ценные объекты изучения, охраны, разведения и использования / В.М. Урусов, И.И. Лобанова, Л.И. Варченко. – Владивосток: Дальнаука, 2007. 440 с.
12. Урусов, В.М. Хвойные деревья и кустарники Российского Дальнего Востока. География и экология (биология, изменчивость, экология, география голо-семенных / В.М. Урусов, И.И. Лобанова, Л.И. Варченко. – Владивосток: Дальнаука, 2004. 112 с.
13. Усенко, Н.В. Деревья, кустарники и лианы Дальнего Востока. – Хабаровск: Хабаровское книжное издательство, 1969. 416 с.
14. Усенко, Н.В. Деревья, кустарники и лианы Дальнего Востока: справ. кн. 3-е изд., перераб. и доп. – Хабаровск: Издательский дом «Приамурские ведомости». 2010. 272 с.

EFFICIENCY OF ZIRCON GROWTH STIMULATOR APPLICATION IN SEED SPROUTING OF SCOTS PINE (*PINUS SILVESTRIS* L.)

© 2017 V. Yu. Ostroshenko¹, T.N. Chekushkina²

¹MTS - branch of Federal Scientific Centre of Biodiversity FEB RAS

² Primorskiy Scientific Research Institute for Agriculture

Growth stimulator Zircon is a growth regulator of a complex nature. Positively proven in agriculture, it stimulates germinative energy, laboratory germination of seeds and biometric characteristics of sprouts of woody species - Scots pine (*Pinus silvestris* L.). With the germination of seeds, germinative energy was 49-69%, laboratory germination - 58-87%.

Key words: *Zircon, growth stimulator, seeds quality, germinative energy, laboratory germination, sprout*

Valentina Ostroshenko, Minor Research Fellow.

E-mail: OstroshenkoV@mail.ru

Tatiana Chekushkina, Laboratory Assistant-

Researcher. E-mail: Chekushkina.80@mail.ru

УДК 634.93; 551.0

АГРОЛЕСОМЕЛИОРАТИВНОЕ (ЛАНДШАФТНО-КЛАСТЕРНОЕ) УПРАВЛЕНИЕ ГИДРОЛОГИЧЕСКИМ РЕЖИМОМ ТЕРРИТОРИЙ, АГРОЭКОСИСТЕМАМИ БАССЕЙНОВЫХ ЛАНДШАФТОВ И ОЗДОРОВЛЕНИЕМ СРЕДЫ ОБИТАНИЯ ЧЕЛОВЕКА В СТЕПНОМ ЗАСУШЛИВОМ СУБРЕГИОНЕ

© 2017 В.И. Панов

Поволжская АГЛОС – филиал Федерального научного центра агроэкологии,
комплексных мелиораций и защитного лесоразведения РАН, г. Самара

Статья поступила в редакцию 30.05.2017

Степные сельскохозяйственные поля не защищены от ветров, суховеев и метелей в засушливом аридном субрегионе. Они бесполезно ежегодно теряют около 250–270 мм воды на сублимацию, физическое испарение и на поверхностный сток (от средней годовой суммы атмосферных осадков 450–480 мм). Агролесомелиоративные насаждения и мелиоративные ландшафтно-кластерные системы защищают поля и агроландшафты. Эти методы сокращают потери воды на 50–60%, что позволяет получить сельскохозяйственным растениям 120–170 мм дополнительной воды для прибавки урожая. Лесоаграрные комплексы улучшают гидрологический режим защищаемой территории, агроландшафтов. Они обеспечивают в них высокое качество природных вод.

Ключевые слова: *водный баланс, сублимация, атмосферные осадки, поверхностный сток, смыв, ветрометельная сублимация снега, инфильтрация, влагозапас, гидрологический режим, лесные полосы, техногенное и кластерно-синергетическое аграрное природопользование, катена, эрозия почв, водосборный бассейн, лёгкая вода, изотопы*

Лесостепь, степь и сухая степь юга и юго-востока европейской части России относятся к огромному трансграничному семиаридному и ариднему аграрному субрегиону. Он получил название «зоны рискованного земледелия» из-за жаркого, засушливого климата при постоянном, почти хроническом, дефиците воды и неравномерном во времени выпадении атмосферных осадков, частых засух, суховеев, пыльных бурь и широко развитых процессов водной эрозии. Вода является главным «минимум-фактором» всех естественных и искусственных аграрных экосистем. В числе самых первоочередных была и остается проблема решения нехватки водных ресурсов, преодоления засух, снижения их отрицательного воздействия на жизнь природы, людей и государства. Каковы же пути и методы решения этой сложной и очень важной проблемы?

Важнейшая задача – выйти на высокий уровень продуктивности и устойчивого развития сельского хозяйства, обеспечивающий благополучие всех аграрных и естественных экосистем, эколого-социально-экономическое процветание сельского населения региона. Здесь исключительно велика роль воды, поэтому надо обратить особое внимание на состояние использования местных водных ресурсов. Не секрет – в вопросах практического использования воды в засушливом регионе имеется много упущений, что связано с недостатком знаний по гидрологии аграрного природопользования. Для этого необходимо коренным образом изменить

наше отношение к воде – этой величайшей драгоценности степного края («минимум-фактор», «основа всего живого», «вода – ты сама жизнь»), соблюдать все необходимые условия по экономному, рациональному и бережному её использованию, особенно в засушливые и острозасушливые годы.

Цель исследований. Разработать высокоэффективные агролесомелиоративные (Докучаевские ландшафтно-кластерные системы) приёмы и методы воздействия, управления и преобразования гидрологических режимов, защищаемых территорий, агроценозов и бассейновых агроэколандшафтов, выявить их количественные величины и определить гидрологические факторы, улучшающие экологию среды обитания человека.

Регион исследований. Многолетние исследования эрозионно-гидрологических процессов и гидрологических режимов различных аграрных и естественных биогеоценозов и ландшафтов, в том числе и преобразованных и управляемых методами агролесомелиорации, проводились на Поволжской АГЛОС, на обыкновенных чернозёмах Самарского степного Заволжья, в 10 км южнее г. Самары. Полученные результаты применимы для обширного степного субрегиона Среднего Поволжья.

Как показывает действительность, в этом регионе существует и повсеместно распространена общепринятая методология аграрного природопользования, основанная на чрезмерно большой доли техногенности и энергоресурсозатратности в земледелии и растениеводстве, на не экономных, часто расточительных и затратных методах использования всех видов ресурсов, особенно воды. Непродуктивные, бесполезные потери воды допускаются во всех звеньях прихода и расхода местных

Панов Валерий Иванович, кандидат географических наук, старший научный сотрудник, заместитель директора по научной работе. E-mail: aglos163@mail.ru

водных ресурсов – при выпадении атмосферных осадков (ветро-метельная сублимация, ускоренное физическое испарение при ветровом обдуве разрыхлённых почв и посевов на незащищённых больших полях) и при формировании интенсивного агротехногенного поверхностного стока. Последствия этого – низкая урожайность сельскохозяйственных культур, нестабильность сельскохозяйственного производства.

Новизна исследований. Генеральный, перспективный и стратегически целесообразный путь дальнейшего прогрессивного развития и стабилизации сельского хозяйства и всего аграрного сектора экономики в засушливом степном поясе – это всемерное освоение докучаевского ландшафтно-кластерного принципа по упорядочению водного хозяйства в степях России [5]. Гениальная научная идея, предложенная в конце XIX столетия В.В. Докучаевым, получила своё дальнейшее развитие [14, 17]. В соответствие с ним необходимо перейти на освоение и введение здесь эколого-эрозионно-безопасного высокобиологизированного аграрного природопользования с агролесо- и гидромелиорацией полевых и степных угодий в пределах каждого водосборного бассейна (межхозяйственного бассейнового агроэкополиса) на принципах наиболее полного, экономного и рационального использования всех природных ресурсов, в первую очередь, воды. По докучаевскому ландшафтному принципу [5] в пределах каждого бассейнового агроэкополиса осуществляется противэрозионное ландшафтное земле-природообустройство, при котором соблюдается контурное размещение полей и лесных защитных насаждений (полос) с оптимизированными параметрами, размещением и соотношением основных элементов (типов угодий) любого ландшафта – пашни, степи, леса, воды, поселений. Используются разнообразные приёмы, методы и технологии (кластеры) сбережения и рационального использования местных природных ресурсов, в первую очередь, воды и почвенного плодородия. Все меры целостно направлены на наиболее полное сохранение и биопродуктивное использование всех местных водных и других природных ресурсов (получение синергетического ландшафтного эффекта) по улучшению и стабилизации экологической ситуации и эффективности аграрного природопользования.

Современное агроландшафтное обустройство землепользований. В настоящее время внутрихозяйственное землеустройство досталось от советских времён с прямолинейной нарезкой границ полей при их прямоугольной конфигурации и без учёта рельефа. Поля имеют предельно большие площади (200-300 га и больше), вследствие чего они продуваются сильными ветрами и метелями, происходит усиленная сублимация (возгонка) и сносленос снега зимой и большие непродуктивные потери влаги на физическое испарение в тёплый период. При таких размерах полей лесные полосы размещены редко, часто вдоль склонов и не выполняют свои противэрозионные и гидрологические

функции. Овраги не закрепляются и продолжают расти, нет и целенаправленного задержания поверхностного стока каскадами прудов и водохранилищ для орошения и комплексного народнохозяйственного использования. При таком земле- и ландшафтообустройстве вопросы почвенно-эрозионной безопасности не решены, происходит ускоренный смыв почвы и падение её плодородия. Разрушительная агротехногенная водная эрозия приобрела огромные масштабы и катастрофические формы. В целом ситуация на степных чернозёмных землях остаётся очень сложной и тревожной. Использование земли ведётся без соблюдения основ эрозионной безопасности. Аграрное природообустройство в агрохозяйствах нуждается в скорейшем совершенствовании и изменении на докучаевском ландшафтно-кластерном принципе.

Методика исследований, теоретические основы и опытные объекты. Важнейшим методом исследований гидрологических режимами территорий, агробиоценозов и катенно-бассейновых агроэколандшафтов, преобразования и управления ими, является водно-балансовый метод с использованием элементарных и комбинированных стоковых площадок, а также репрезентативных и опытных водосборов с разными агро- и биогеоценозами и комплексными сопряжёнными агроэколандшафтами. Стоковые площадки имеют разные агрофоны (разные виды зяблевой пахоты, стерни, сельхозкультур и др.); для изучения влияния лесных полос на защищаемое поле применяются комбинированные стоковые площадки, состоящие из участка поля и участка защищающей его лесной полосы. Площадки оборудованы водосливами для учёта поверхностного стока, на них осуществляется комплекс гидрометеорологических наблюдений (снежный покров, влажность почв, промерзание почв и грунта, снеготаяние, сток и другие). Опытные водосборы оснащены гидрометрическим оборудованием (водосливы, самописцы уровня воды «Валдай», мерзлотомерами и др.)

Стратегия решения проблемы хронического дефицита воды и негативных для страны последствий часто повторяющихся здесь засух в агроландшафтах наиболее перспективна с позиций синергетики [16, 17]. На них осуществляется комплекс гидрологических исследований водного баланса данного ландшафтного объекта – всех его приходных и расходных элементов (влагозапас в снеге, поверхностный сток, инфильтрация, испарение, смыв почвы, режим влажности почв, грунтовые воды, биопродуктивность ценозов и др.).

Теоретическая основа управления и преобразования гидрологических режимов ценозов и ландшафтов агролесомелиоративными (ландшафтно-кластерными) методами заключена в математической модели уравнения водного баланса – в изменении её элементов приходных и расходных статей под воздействием лесных насаждений, как защитно-мелиоративного барьера, и рубеже на пути полифазных (воздушных и водных) потоков.

В засушливых природных зонах (лесостепь, степь, пустыня) коренные зонально-природные аттрактивные экогеоландшафты адаптированы к минимум-фактору, влаге, и на её наиболее своевременное, эффективное, экономное и продуктивное использование при минимуме непродуктивных потерь. То же самое необходимо осуществлять в агроэколандшафтах, ориентируясь под сельхозкультуры. На основании анализа выполненных в нашей стране и за рубежом экспериментальных работ по динамике изотопного фракционирования поверхностных вод в ландшафтосфере, в работе приведены прогнозные расчёты (методом моделирования) сохранения в лесомелиорированных агро-

ландшафтах лёгкой (протиевой) воды, что благоприятно отражается на оздоровлении среды обитания человека в засушливом регионе.

Опытные объекты. В данном исследовании приведены результаты многолетних экспериментальных гидрологических и снегомерных исследований в естественных и рукотворных лесоаграрных ценозах и ландшафтах опытного хозяйства Поволжской АГЛОС. Элементы водного баланса приведены по исследованиям на нескольких опытных водосборах. Их краткая характеристика дана в табл. 1. Ниже приведена краткая характеристика видов ландшафтов на опытных водосборах.

Таблица 1. Основные показатели опытных водосборов Поволжской АГЛОС

Наименование водосбора	Общая площадь (га)	Экспозиция	Средняя над уровнем моря (м)	Средний уклон		Средние размеры (км)		Лесистость, (%)	
				средняя крутизна (0°)	длина	ширина	общая	противоэрозион. пашни	
Простые водосборы									
«Пастбище»	1,3	Ю	90-100	$\frac{0,100}{5,0}$	0,2	0,1	0	0	
«Полевой»	15,2	В	115-143	$\frac{0,035}{2,0}$	0,8	0,2	0	0	
«Лесомелиорированный»	14,7	Ю	105-135	$\frac{0,030}{1,7}$	1,0	0,15	4,6	4,6	
«Лесной массив»	4,2	З	120-140	$\frac{0,027}{1,7}$	0,6	0,1	100	100	
комплексные водосборы									
«Первомайский» (типичный, рядовой)	96,1	В	85-144	$\frac{0,033}{1,9}$	1,8	0,5	14,6	1,9	
«Питомник» (лесомелиорированный)	68,7	В	85-144	$\frac{0,033}{1,9}$	1,9	0,5	19,7	10,0	

«Пастбище» – типичное суходольное выпасное пастбище с разнотравным естественным травостоем. «Полевой» - представлен незащищённым (без лесных полос) пахотным полем, в большинстве лет, к снеготаянию, представлен зяблевой пашней (изредка – озимыми). «Лесомелиорированный» - водосбор с несколькими лесомелиорированными полями (лесоаграрные поля, лесоаграрный ландшафт), лесные полосы поперёк склона через 250 м друг от друга, для лучшего водопоглощения усилены валами по нижней опушки. «Лесной массив» - старые лесные культуры сосны обыкновенной, 60-70 лет, в хорошем состоянии, полнота 0,8. Комплексный водосбор – представлен целостной совокупностью нескольких ландшафтов, образующих единое целое. «Первомайский» - является типичным (репрезентативным) комплексным водосбором: полевая часть представлена обычным незащищённым полем (без лесных полос), крутосклоны представлены естественными пастбищами, гидрографическая сеть занята естественным балочным лесом. «Питомник» - комплексный водосбор, на

полевой части создан образцовый противоэрозионный лесоаграрный комплекс.

Результаты и их обсуждение. В основе гидрологического режима любой территории, биогеоценоза и биогеоландшафта лежит круговорот воды в природе (рис. 1). Большой гидрологический цикл воды в ландшафтосфере связан с природными гидротермическими процессами и её фазовыми переходами (вода в твёрдом, жидком и парообразном фазовом состоянии). Сущность его заключается в постоянном циркуляционном процессе: под влиянием Солнца океаническая вода испаряется, пар в атмосфере поднимается вверх, в верхних слоях он охлаждается, конденсируется, переходит в твёрдое состояние (кристаллы, снежинки, капли), облака и тучи переносятся ветрами по всей планете, в том числе, и над сушей, здесь они выпадают в виде снегопадов и дождей, частично впитываются, используются растениями на транспирацию и на физическое испарение, частично стекают в виде поверхностного стока и возвращаются в океан. И такой круговорот воды на Земле происходит всегда и постоянно.

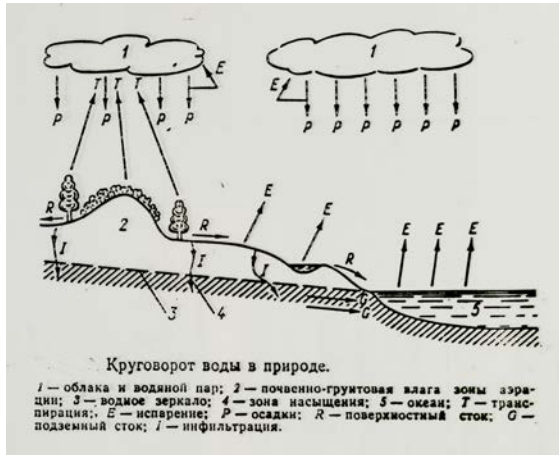


Рис. 1. Общая схема круговорота воды в природе

Годовой гидрологический режим территории определяется формулой водного баланса, включающей в себя следующие составляющие: остаточные запасы влаги прошлых лет в почвенном корнеобитаемом слое (dW), годовичное поступление атмосферных осадков (O) с суммированием их потерь в холодный (зимний) период на ветро-метельную сублимацию и снос снега (dO), суммарной инфильтрацией зимних и летних осадков (F) и частичной их аккумуляцией в неровностях почвенного рельефа, прудах и водоёмах (P) с вычетом потерь на поверхностный сток (S), на непродуктивное физическое испарение (E) и продуктивную транспирацию растениями (T). Формула водного баланса локализованной территории имеет вид:

$$O + dW + dO = F + S + E + T + dW_n$$

Из формулы водного баланса видно, что для эффективного ослабления хронического дефицита влаги на территориях, используемых под аграрное природопользование, необходимо комплексом ландшафтно-кластерных мер (противоэрозийной организацией территорий, влагосберегающей агротехникой, мульчированием, системой агролесомелиоративных и других лесонасаждений, структурой посевных площадей, орошением на местном стоке, подбором высокопродуктивных засухоустойчивых видов и сортов и т.д.) добиваться всемерного снижения непродуктивных потерь влаги на ветро-метельную сублимацию снега и его снос с полей, увеличивать остаточные запасы влаги в корнеобитаемом слое почвы (с прошлых лет), увеличивать почвенную инфильтрацию и её расход растениями. Для этого надо сокращать поверхностный сток и все виды непродуктивного физического испарения. Незарегулированный остаточный поверхностный сток должен максимально задерживаться каскадами искусственных водоёмов – прудов и водохранилищ на местном стоке для комплексного последующего использования (вспомогательное орошение, рыбозаведение, спорт, туризм, рекреация и другое). В аридных регионах именно вода как «минимум-

фактор» в целом определяет биопродуктивность агроландшафта:

$$M = f(W_{пр}, T),$$

где M - масса биопродукции агроландшафта; $W_{пр}, T$ - продуктивно используемая влага, транспирационная влага.

В качестве математической модели преодоления засухи, вместо урожая, биопродуктивности и его повышения, можно использовать его аналог, продуктивно используемую воду, идущую на транспирацию ($W_{пр}, T$), то есть взять уравнение годового водного баланса и, путём воздействия и управления его составляющими элементами, с помощью многих агролесомелиоративных природно-кластерных (докучаевского ландшафтного принципа) методов, максимизировать транспирационную (продукционную) составляющую:

$$\{T = (O + dO + dW) - S - E = F + P - E\} \rightarrow \max$$

где: O - годовая сумма осадков; dO - потери снега на ветро-метельный перенос и переотложение; dW - остаточные (с прошлых лет) переходящие запасы продуктивной влаги в корнеобитаемом слое; F - инфильтрация; P - поверхностное задержание осадков (неровности почвы, емкости, водоёмы); S - поверхностный сток; E - потери на все виды физического испарения и сублимации (возгонки) твёрдых и жидких осадков.

Рассмотрим теперь результаты водобалансных исследований элементов весеннего водного баланса различных ландшафтов на опытных водосборах (табл. 2).

Полученные материалы исследований представляют большой научный и практический интерес. Наглядно видно, элементы весеннего водного баланса в разных ландшафтах существенно отличаются. Очевидно ландшафты специфично воздействуют на приходные и расходные элементы своего баланса и, тем самым, определяют его гидрологический режим. Наихудший гидрологический режим имеет водосбор «Пастбище». Ветроударный склон южной экспозиции сильно теряет снег на снос и сублимацию (влагозапас в снеге всего 118 мм). Утрамбованная копытами животных почва при невысоком снеге за зиму глубоко промерзает и плохо впитывает талую воду: сток составил 57 мм, впиталось 61 мм, коэффициент стока (KC) равен 0,48. Несколькая иная гидрологическая ситуация на водосбора «Полевой», занятого пашней, к весне в большинстве лет занятого зяблевой пахотой (глубина вспашки 23-27 см) и изредка озимыми. Склон восточной снегозаносимой экспозиции, поэтому влагозапас в снеге к периоду весеннего снеготаяния 144 мм. Благодаря глубокой зяблевой пахоте, обладающей высоким гидрологическим эффектом, весенняя инфильтрация (впитывание, водопоглощение, а поверхностный сток достигло здесь 127 мм, поверхностный сток составил 17 мм ($KC=0,12$), то есть потери на сток составили 12%, при величине смыва почвы $1,07 \text{ м}^3/\text{га}$.

Таблица 2. Основные элементы весеннего водного баланса простых и комплексных опытных водосборов Поволжская АГЛОС (данные за 20 лет)

Наименования опытных водосборов	Запас снеговой воды + осадки периода таяния (мм)	Впиталось в почву – валовое увлажнение, (мм)	Поверхностный сток (мм)	Коэффициент стока	Смыв почвы (м ³ /га)
простые водосборы					
«Пастбище»	118	61	57	0,48	0,14
«Полевой»	144	127	17	0,12	1,07
«Лесомелиорированный»	173	158	14	0,05	0,35
«Лесной массив»	188	188	00	0	
комплексные водосборы					
«Первомайский» типичный	152	129	23	0,15	0,92
«Питомник» (эталонный, лесомелиорированный)	186	177	9	0,05	0,12

Примечание: 1. В графе «впиталось в почву (мм)» данные приведены без учета слоя испарившейся воды с поверхности почвы и снега за период снеготаяния. 2. В лесном массиве влагозапас в снеге скорректирован на среднюю величину испарившегося снега за зиму, задержанного охвоенными кронами

Опытный водосбор «Лесной массив» представлен 60-70-летними сосновыми культурами 1-го класса бонитета в хорошем состоянии. Их гидрологический режим резко отличается от первых двух ландшафтов: нет больших ветро-метельных потерь снега на сублимацию и снос-перенос и на поверхностный сток. Правда, исследованиями установлено, что хвойные деревья в лесостепной зоне за зиму теряют на испарение порядка 15-20 мм снеговой влаги, задержанной охвоенными кронами (уточненный влагозапас в хвойном лесном массиве составил в среднем 188 мм). Поверхностный сток не формировался, водопоглощение в этом лесу составило 188 мм (с учётом испарения снега, задержанного кронами).

Опытный водосбор «Лесомелиорированный», эталонный по противоэрозионной лесомелиоративной защите, представляет собой несколько полей шириной 250 м, расположенных поперёк склона, на границах которых созданы стокорегулирующие лесополосы с гидроусилением (обвалованы вдоль нижней опушки для повышения водопоглощения талых вод). Он может служить образцом по противоэрозионной лесомелиоративной защите и агролесомелиоративному управлению и преобразованию гидрологического режима аграрного (рукотворного) ландшафта. Средний влагозапас в снеге лесные насаждения на нём сохраняют высокий 73 мм (ветро-метельные потери снега на сублимацию и перенос с незащищённых полевых ценозов, в сравнении с «Полевым», составили 141 мм – 100 мм = 51 мм). Благодаря улучшению водопоглощения в стокорегулирующих лесных полосах и утеплённых снегом полях, поверхностный сток сократился до 15 мм, существенно возросло водопоглощение – до 158 мм (фактически увеличилась влагообеспеченность сельхозкультур и деревьев на водосборе). Сокращение поверхностного стока приводит к ослаблению и

локализации разрушительной антропогенной (агротехногенной) водной эрозии (смыв почвы составил всего 0,12 м³/га).

Полученные результаты подтверждают теоретические расчёты и предположения о высоком защитно-мелиоративном воздействии систем агролесомелиоративных насаждений в сочетании с другими ландшафтными кластерами (агротехника, противоэрозионная организация полей и угодий, структура и размещение посевных площадей, залужение и другие), управлении природными процессами водно-воздушных полифазных потоков (снег, почвенный мелкозём, энерго-массоперенос) и в их преобразовании – улучшение гидрологического режима территорий и агроландшафтов через влияние и управление элементами водного баланса. Аналогичное подтверждение этого вывода дают данные исследований водного баланса и на двух опытных больших комплексных водосборах, площадью около 70-100 га, где представлены сочетания разных аграрных и естественных (природных) ландшафтов (табл. 2, комплексные водосборы): «Первомайский» – контрольный, типичный (репрезентативный), с полевой частью незащищённой от ветров, метелей и водных потоков лесными полосами, и «Питомник» – эталонный, образцовый по агролесомелиоративной защите полевой его части. Элементы водного баланса «Питомника» существенно изменились под управляющим защитно-мелиорирующим агролесомелиоративным воздействием на водно-воздушные потоки на водосборе: по снегу на 34 мм, по поверхностному стоку – на 14 мм, по инфильтрации – на 48 мм.

Из результатов исследований видно, что в условиях высокой испаряемости (700-900 мм/год) и недостаточности среднегодовой нормы осадков в степи (в среднем 400-450 мм), оптимизация увлажнения данной территории достигается путём максимального задержания и сбережения выпавших

здесь атмосферных осадков $O + dO$ (твёрдых и жидких), сокращения поверхностного стока S и всех видов физического испарения и сублимации E .

Наши многолетние специально поставленные исследования формирования снежного покрова в разных природных (лесных), аграрных и агролесомелиорированных (лесоаграрных) ландшафтах [18] позволили выявить высокий защитно-барьерный эффект лесных насаждений (рис. 2) на пути снежно- и пыле-ветровых полифазных потоков; в зависимости от своих аэродинамических преградных воздействий, они снижают их скорость и взвесенесущую способность, за полосой возникают турбулентные завихрения, снег и пыль оседают. Чем короче линия снегопереноса, тем меньше его потери на ветро-метельную сублимацию и снос. При длине линии переноса 1300 м и более, общие потери снега с этого поля к концу зимы достигают 50-60% и более (50-70 мм или 500-700 м³/га и более). Пока об

этих огромных потерях драгоценной и дефицитной степной влаги сельские труженики практически ничего не знают, а это важнейший неиспользуемый резерв и важный ресурс повышения и стабилизации урожайности и продуктивности степного сельского хозяйства. Важнейший, самый экономичный, экологичный и долговременно действующий метод их сохранения на полях – создание оптимизированных по параметрам лесоаграрных или агролесомелиорированных агроценозов (полей) и катенно-бассейновых агроэколандшафтов. Только из-за дополнительно сохранённого на лесомелиорированных полях снега, каждый гектар способен дополнительно дать прибавку урожая на 5-7 ц/га. Эти новые знания позволят коренным образом изменить отношение хлеборобов к лесным полосам, увидеть в них своего верного и надёжного помощника.

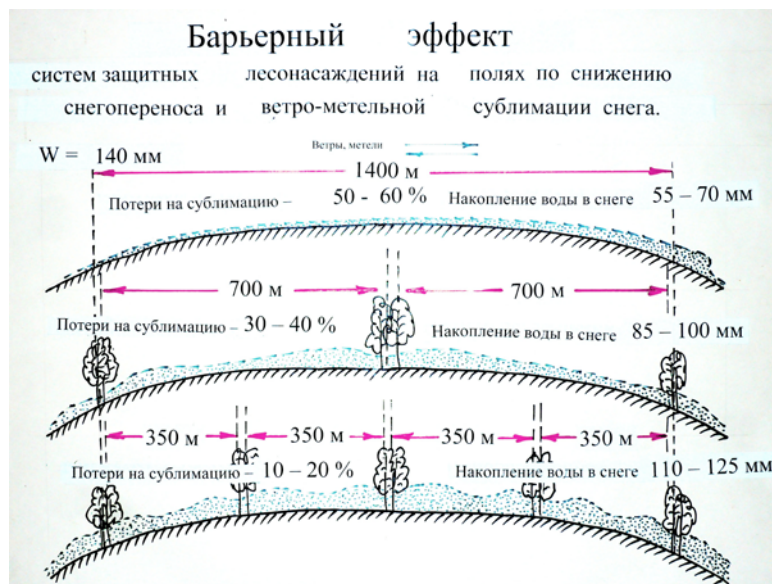


Рис. 2. Схема барьерного эффекта действия защитной лесной полосы по снижению ветро-метельной сублимации и сноса-переноса снега с защищёнными лесными полосами полей

Теперь коснёмся вопросов коренного улучшения и преобразования гидрологического режима степных, незащищённых лесными полосами, полей (ценозов) и больших пахотных угодий (бассейновых агроландшафтов). По нашим исследованиям [17, 18] и по обобщённым литературным данным А.М. Бялого, Д.И. Бутова, А.Р. Константинова, М.И. Львовича, Г.П. Сурмача и многих других исследователей [3, 4, 9], в чернозёмной степи Среднего Поволжья при средней годовой сумме атмосферных осадков $O = 400-450$ мм, усредненные непродуктивные потери водного баланса в техногенном, незащищённом лесными полосами агроландшафте, составляют: снега на ветро-метельную сублимацию (возгонку) за холодный период года – 40-60 мм, на поверхностный сток – 15-35 мм и больше, на метельный перенос dO (переотложение снега в понижениях рельефа и у различных преград) – 10-20 мм, на физическое испарение с поверхности почвы от схода снега и до

начала полевых работ – 20-45 мм, с начала полевых работ и до смыкания травостоя сельхозкультур – 55-65 мм, на эпизодический ливневой сток – 10-15 мм, на испарение дождевой влаги с поверхности листьев и ветвей растений – 20-40 мм, с оголенной вспаханной почвы после уборки урожая и до устойчивого снежного покрова – 60-75 мм.

Пашня в течение почти 5 месяцев (150 суток; апрель – май в начале вегетации и сентябрь – ноябрь в конце) находится в оголенном от растительного покрова состоянии с низким альбедо (с низкой отражательной способностью); почва сильно нагревается и усиленно теряет влагу из почвенного горизонта. Это нерационально и расточительно. Общие суммарные непродуктивные потери влаги в техногенном, незащищённом лесными полосами агроландшафте за холодный период (декабрь – март) составляют 55-115 мм, в среднем 75-90 мм или 17-19%, а за теплый – 180-240 мм (в среднем 200-210

мм) или более 41-45% годовой нормы осадков. Общие годовые непродуктивные потери осадков за год достигают 250-290 мм или более 55-60%. На продуктивный транспирационный (Т) расход, связанный с расходом влаги на биопroduкцию – на получение урожая, остается 160-200 мм, что при норме расхода 10 мм на 1 ц зерна позволяет получить средний урожай всего 16-20 ц/га, а в засушливые и острозасушливые годы – много ниже – всего 6-10 ц/га.

Из приведенных материалов видно, что непродуктивные потери влаги в техногенных незащищенных агроландшафтах очень велики, расточительны и при кластерно-синергетических принципах агроприродопользования [17] могут быть значительно (на 50-65% и более) уменьшены. Следовательно, потенциальный урожай при этом увеличится в 2-2,5 раза в обычные годы и в 1,5-2 раза в острозасушливые годы; амплитуда колебаний урожайности зерна и общей биопroduктивности сельскохозяйственных культур в многолетнем ряду резко уменьшится, что свидетельствует об увеличении устойчивости земледелия при положительном решении проблем гидрологии агроценозов и агроландшафтов. При использовании кластерно-синергетического влагосберегающего и эрозивно-безопасного агроприродопользования с агролесомелиорацией (реализация докучаевского ландшафтного принципа), это достигается целостной системой влагонакопительных, влагосберегающих и гидромелиоративных мер, условно объединенных в кластерные блоки, изложенные в специальной работе [17].

Все это и многие другие приемы позволят реально сократить чрезмерно большой непродуктивный расход воды на 50-60% от его суммарной величины 250-280 мм, что добавит запас продуктивной влаги на 125-170 мм и позволит частично использовать его на формирование дополнительной прибавки урожая зерна до 12-17 ц/га к среднегодовой его величине, доведя его на первом этапе до 25-30 ц/га и более, а в острозасушливые годы – до 15-20 ц/га, на втором усовершенствованном этапе – до 50-60 ц/га зерна и выше.

Из приведенных материалов видно, как не экономно, а чаще расточительно и непродуктивно используется имеющаяся в аридном регионе дефицитная и жизненно необходимая влага при обычном, чрезмерно техногенном, несберегающем и лесонезащищенном агроприродопользовании. Это большой и пока слабо используемый резерв стабилизации аграрного производства, роста урожайности. По данным гидрологических исследований комплексное агролесомелиоративное или ландшафтно-кластерное управление и преобразование гидрологического режима незащищенных (открытых ветрам, суховеям и метелям) полей, приводит не только к большому количественному, но и к вероятным существенным качественным изменениям сохраненной в защищенных агроландшафтах воды. Проведенный нами анализ условий и факторов непродуктивных потерь атмосферных осадков на ветро-метельную сублимацию (возгонку) и ветровой

снос-перенос снега на больших равнинных незащищенных полях и при физическом испарении с поверхности почвы и надземных частей растений показывает, что существование различных изотопов водорода и кислорода порождает наличие разных изотопных модификаций или изотопных фракций молекул воды, обладающих разными физико-химическими свойствами, в силу чего они будут сублимироваться и испаряться при разных воздействующих условиях. Теоретический аспект этих процессов фракционирования изотопных модификаций молекул воды базируется на следующем фундаментальном принципе: молекулы воды, состоящие из наиболее легких изотопов водорода и кислорода, по своей природе являются более подвижными и активными, легче поддаются возбуждению внешними источниками воздействия или активируются меньшим количеством внешней энергии. Иными словами, в процессах энергомассопереноса молекул воды, в первую очередь возбуждаются и испаряются (сублимируются) наиболее легкие по молекулярному весу фракции молекул воды. Таким образом, при сублимации и испарении, теряются фракции молекул легкой, протиевой воды (протий – самый легкий изотоп водорода, ядро которого состоит из одного протона), а остаются молекулы тяжелой или дейтериевой воды (дейтерий – тяжелый изотоп водорода, в составе ядра которого один протон и один нейтрон). Следовательно, применяя методы агролесомелиорации и ландшафтно-кластерные системы управления, защиты и преобразования гидрологических режимов агроценозов и агроландшафтов, мы сохраняем для продуктивного использования (для производства сельхозпродукции и для питьевых целей родниковой и колодезной воды) легкую, протиевую, наиболее ценную для всего живого воду [8, 11-13, 19]. Тем самым мы оздоравливаем степную засушливую и водodefицитную среду жизнеобитания многих людей. По существу, лесомелиорация степного пояса с агролесомелиорацией пахотных земель есть лесофитобиологизация степных агроэколандшафтов, выступающая как перспективная стратегия, направленная в будущее, по биогенному улучшению изотопного фракционирования состава природных вод и биосистем этого жизненно важного обширного субрегиона.

Вода, несмотря на свою кажущуюся простоту состава химической формулы (H_2O) – одно из самых удивительных и загадочных веществ в Мире. Вода – это главная активная среда и условие самоорганизации рельефа поверхности суши, живой материи, биосферы, основное «рабочее тело» терморегуляции земного шара, его ландшафтной сферы. Всё живое на 2/3 состоит из атомов водорода, на 1/4 из атомов кислорода и на 1/10 из атомов углерода. Известно, что молекула воды состоит из 2 химических элементов – водорода и кислорода, каждый из которых имеет несколько изотопов. Как правило, вещество с более тяжелыми изотопами обладает меньшей физико-химической активностью. Разнообразие условий среды благоприятствуют изменчивости

изотопного состава природных вод, их фракционирования в разных географических условиях при различных гидрофизических, гидрохимических, гидробиологических и биологических процессах с фазовыми переходами в системе «жидкость – пар – твёрдое тело (лёд, снег) – пар».

В природе и природных водах водород представлен смесью трёх изотопов: одного лёгкого (наиболее распространённого) – протия (^2H , H) и двух тяжёлых – дейтерия (D, ^2D), - стабильного, нерadioактивного, и трития (^3T) – нестабильного, радиоактивного, встречается в природе в ничтожном количестве. Особое значение имеет дейтериевая или тяжёлая вода, в химический состав молекулы которой входит один или два атома дейтерия – HDO и D₂O (в природе – как малая примесь к обычной «лёгкой» или протиевой воде). Она не радиоактивна, но обладает особыми свойствами (используется в ядерной физике), замедляет физические, химические, биохимические, биофизиологические и другие процессы. На долю дейтерия в природных водах приходится 0,15 – весовых процента или 1 атом дейтерия на каждые 4000 атомов протия. Кислород также представлен несколькими изотопами, что влияет на молекулярный вес и активность модифицированных молекул воды. Это соотношение в разных условиях различно из-за различий свойств протия и дейтерия; процесс природного разделения молекул воды с разным изотопным составом получил название природного фракционирования, сепарации или сегрегации. Процесс обогащения воды дейтериевой фракцией называется дейтеризацией.

Установлено (И. Киршенбаум, В.М. Мухачёв, Ю.А. Поляков, О.В. Мосин, И. Игнатов и др.) [8, 12, 20], что повышенные концентрации тяжёлой воды отрицательно влияют на всё живое, а, следовательно, и на человека – на его физиологию, иммунитет, здоровье [11, 13], процесс старения и продолжительность жизни. Дейтериевая вода понижает активность биохимических и биофизических процессов. Отсюда следствие – человек должен предпринимать всё возможное по снижению концентрации дейтерия в питьевой воде и пище.

Большой научный и практический интерес представляют антропогенные воздействия на изотопный состав поверхностных, почвенных, грунтовых и биогенных (в биопродукции) вод в процессе аграрного природопользования. Целесообразны такие действия человека в природопользовании, которые предотвращают или ослабляют процессы усиленной или чрезмерной дейтеризации природных вод и биопродукции, в аридных регионах [1, 2, 10, 14]. Эта генеральная идея должна лежать в основе экологобезопасного агроприродопользования [1, 7, 10, 15].

В работе выдвигаются некоторые теоретические аспекты решения этой проблемы и практические направления реализации. В частности, предлагается метод лесофитоаграрной биологизации бассейновых ландшафтов в качестве эффективного средства антидейтеризации гидрологического режима (природных вод агроэколандшафтной

геосистемы), для использования «дейтериевой метки» при исследованиях разнообразных процессов в ландшафтах, а также при мониторинге природных и искусственных агробиоландшафтных геосистем. Предпринята попытка на основе теоретических физико-химических предпосылок и по результатам опубликованных экспериментальных исследований В.С. Брезгунова, В.В. Нечаева, А.И. Бродского, Л.С. Власовой, А.Д. Есикова, Дж. Мартинека, О.В. Мосина, Д. Смита, В.И. Ферронского и др. [7, 15, 20], провести прогнозно-ориентировочные расчёты изотопного фракционирования атмосферных осадков, природных вод и биопродукции в аридно-континентальных ландшафтах (аглоландшафтах) степного субрегиона Европейской части России. Сделана попытка прогнозно-ориентировочно оценить методы агролесомелиоративного (ландшафтно-кластерного, биогенного или биосинергетического) воздействия и управления этим процессом в катенно-бассейновых лесофитоаграрных консолидированных ландшафтах через управление элементами местного водного баланса [15].

Лесомелиорация и дальнейшая биологизация агроландшафтов позволяют целенаправленно и экономно использовать местные водные ресурсы, существенно уменьшая непроизводительные потери её наиболее ценной – протиевой фракции во всех звеньях круговорота: при физическом испарении, ветро-метельной сублимации, других фазовых переходах и на стадии прохождения поверхностного стока. Огромный аридный субрегион Европейской части России, включающий лесостепь, степь, сухую степь и полупустыню – главная житница России, арена активного фракционирования природных вод и биопродукции преимущественно в сторону их усиленной дейтеризации. Малое количество атмосферных осадков (200-550 мм), большое количество тепла и света, жаркий и сухой климат с высокой испаряемостью (600-1000 мм), ярко выраженный ветровой режим (метели, суховеи, пыльные бури и т.д.) – всё это благоприятствует ускоренному испарению воды и, в силу физических особенностей атомно-молекулярного состава, в первую очередь, лёгкой, протиевой фракции, что приводит в этом регионе к общему фоновому обогащению местных природных вод и живой материи изотопами дейтерия.

Показаны теоретико-прогнозные аспекты, особенности и закономерности изотопного фракционирования природных вод в разных звеньях круговорота, дана физико-химическая сущность процессов фазовых переходов в системе «жидкость (лёд) – пар» или «пар – жидкость (лёд)». Приведены особенности изотопного фракционирования атмосферных осадков над континентами и связанное с этим обеднение океанического пара тяжёлыми изотопами за счёт, так называемого, «континентального эффекта»: при движении облаков вглубь континента происходит многократное выпадение осадков, их повторное испарение и конденсация, сопровождающиеся всё более глубоким фракционированием атмосферных вод, – по мере продвижения

облаков в глубь континента наблюдается общая тенденция их обогащения лёгкой протиевой водой и общим снижением содержания дейтерия. По уравнению Крейга построены прогнозные кривые годовой концентрации дейтерия ($\delta D\text{‰}$) в атмосферных осадках, их сезонные флуктуации (рис. 3). Так, в бассейне р. Волги среднегодовые концентрации дейтерия в атмосферных осадках колеблются от

$\delta D = -115\text{‰}$ в Перми до -95‰ в Самаре. В Волгограде и Астрахани δD составляет $-75-70\text{‰}$. В бассейне реки Дон $\delta D = +80$ $+63\text{‰}$, р. Урала $\delta D = -98\text{‰}$, р. Кубани $\delta D = -59\text{‰}$. Сезонные колебания дейтериевой фракции в атмосферных осадках определённого пункта весьма значительны (рис. 3). Так, для Самары, δD зимн. = -130‰ , а δD летн. = -58‰ , для Волгограда δD зимн. = -105‰ , δD летн. = -34‰ и т.д.

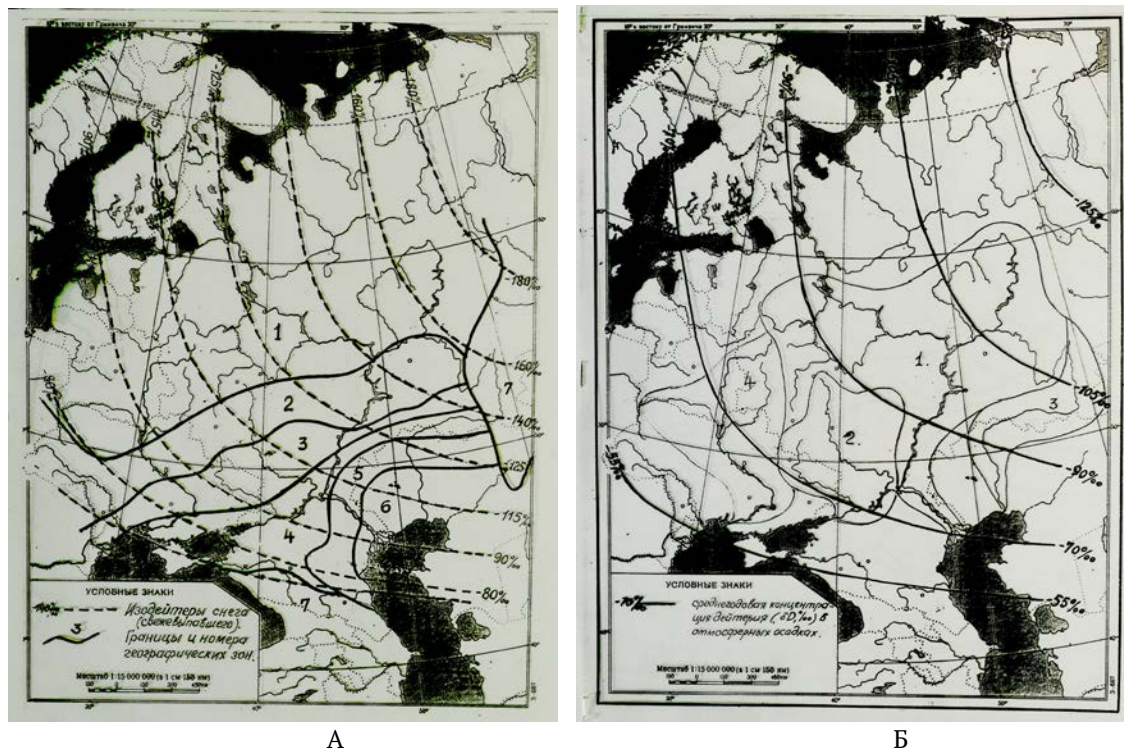


Рис. 3. Расчётно-прогнозное содержание дейтерия ($\delta D\text{‰}$) в атмосферных осадках: А – в свежеснеге, Б – в среднегодовых осадках

Впервые показан механизм и даны ориентировочно-прогнозные величины обогащения оставшегося неиспарившегося снега изотопами дейтерия в процессе ветро-метельной сублимации (возгонки). Составлена карто-схема изодейтер (линии с одинаковой концентрацией дейтерия в снежном покрове) для европейской части России в свежеснеге. К концу зимы снег за счёт ветро-метельного переноса и сублимации (возгонки) преимущественно теряет лёгкую (протиевую) фракцию, обогащается (+) дейтерием на $\delta D +15\text{‰} - +60\text{‰}$.

Показана специфика и особенности изотопного фракционирования поверхностных вод и суши во всех звеньях водного баланса и круговорота. Составлен ориентировочный прогноз концентрации дейтерия в весеннем паводочном и летнем меженином стоке основных притоков бассейнов рек Волги, Дона, Днепра, Урала и Кубани. Рассмотрены особенности изотопного сверхфракционирования поверхностных вод в замкнутых бессточных и малопроточных водоёмах (озерах, прудах, водохранилищах). Предложена версия механизма изотопного фракционирования почвенных вод и верхнего горизонта грунтовых вод и верховодки, их связь с

природными водами, ландшафтами и зональными условиями.

Рассмотрен механизм биогенного фракционирования в природных и антропогенных биогеоценозах и биогеоландшафтах, методы управления этим процессом биологизацией ландшафтов. Ориентировочные расчёты по моделям подтверждают возможности такого воздействия и целенаправленного управления, что открывает большие возможности на ближайшее будущее. По прогнозным расчётам, в биологизированном лесофитоаграрном (агрофитолесном, лесоаграрном) ландшафте концентрация дейтерия в продуктивной влаге (и биопродукции) ниже, чем в техногенном. В лесостепи в техногенном ландшафте почвенная продуктивная влага обогащается дейтерием на 35‰ (при 75‰ -ом фракционировании) до величины -62‰ . В степной зоне техногенный агроландшафт увеличивает концентрацию дейтерия за счёт непродуктивных расходов (потерь) на 40‰ до величины в продуктивном (транспирационном) расходе $\delta D = -45\text{‰}$, а в биологизированном лесоаграрном обогащение продуктивной влаги дейтерием составляет ориентировочно 15‰ , общая концентрация δD прод. = -66‰ . В целом по аридному субрегиону (сухая степь + степь

+ лесостепь), ориентировочная концентрация дейтерия в продуктивном расходе техногенного агроландшафта составляет δD техн. = - 54‰, а в биологизированном лесоаграрном δD биолог. = - 73‰ (δD = 19‰ при 75%-ном фракционировании).

По расчётам лесофитобиологизация агроландшафтов снизит дейтеризацию природных вод в 1,3-2,0 раза, на 90-190 мм и более повысит влагообеспеченность почв и растений (продуктивная влага) за счёт существенного целенаправленного сокращения непроизводительных потерь природных вод, преимущественно легкого противевого состава, наиболее полезных для всего живого. Вследствие этого большая часть лёгкой («живой») воды пойдёт на формирование тканей растений и животных, а по трофическим цепям и через питьевую воду – в ткани людей. Это, несомненно, приведёт существенному оздоровлению и улучшению экологической ситуации для обширного аридного субрегиона. Лесофитобиологизация агроландшафтов, создание оптимально лесомелиорированных агроэколандшафтов – эффективное и перспективное направление экологического безопасного агроприродопользования с целенаправленным управлением изотопного фракционирования природных вод и биосистем, оздоровления гидрологии и экологии аридных регионов.

Выводы: агролесомелиоративное или ландшафтно-кластерное комплексное воздействие и управление гидрологическим режимом степных равнинных территорий с незащищёнными до этого от ветров, суховеев и метелей полями (агроценозами) и бассейновыми агроэколандшафтами, является эффективным средством его существенного преобразования и улучшения. Изменения затрагивают все приходно-расходные элементы водного баланса, значительно увеличивая приходные и сокращая непродуктивные расходные (сублимацию и снос снега, физическое испарение в тёплое время года, поверхностный сток). Незащищённые поля ежегодно, в зимний период, в результате ветро-метельной сублимации и сноса-переноса снега, теряют 40-75 мм и более снеговой влаги, а с учётом потерь на физического испарения почвенной влаги весной за период от схода снега и до кущения посевов и смыкания травостоя – порядка 70-110 мм, (что в сумме составляет 110-180 мм); при весенне-летней засухе яровые зерновые обречены на снижение ожидаемого урожая, как минимум, на 30-60% (озимые более продуктивно используют осенне-зимне-весеннюю влагу). Общие суммарные непродуктивные потери влаги с незащищённых полей достигают в среднем 250-270 мм с колебаниями в разные годы от 230 до 290 мм.

Агролесомелиоративное ландшафтно-кластерное управление гидрологическим режимом защищаемой территории, агроценозов и агроландшафтов позволяет на 50-60% сократить непродуктивные потери влаги и направить их (120-170 мм) на прибавку урожая. При этом по предварительным прогнозным расчётам ожидается качественное

улучшение природных вод региона за счёт сокращения больших непродуктивных потерь лёгкой противевого воды, происходящих, в первую очередь, из-за её высокой активности и подвижности (молекулы фракций тяжёлой воды имеют низкую активность). Сохранение лёгкой воды в гидрологическом режиме лесофитобиологизированных агроэколандшафтов на всей обширной территории степного региона будет дополнительно способствовать, наряду с другими мерами, оздоровлению среды обитания людей в этом большом и благоприятном для проживания людей регионе.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Брезгунов, В.С. Закономерности распределения стабильных изотопов водорода и кислорода природных вод при их глобальном круговороте // В кн.: Изотопия природных вод. – М.: Наука, 1978. С. 10-45.
2. Бродский, А.И. Химия изотопов. – М.: Изд-во АН СССР, 1957. 595 с.
3. Буров, Д.И. Научные основы обработки почвы Заволжья. – Куйбышев, Куйбышевское. кн. изд-во, 1970. 204 с.
4. Бялый, А.М. Водный режим в севообороте на чернозёмных почвах Юго-Востока. – Л.: Гидрометеорологическое изд-во, 1971. 232 с.
5. Докучаев, В.В. Наши степи прежде и теперь (1892). – М.-Л., ОГИЗ-Сельхозгиз, 1936. 118 с.
6. Дюнин, А.К. В царстве снега. – Новосибирск: Наука, Сибирское отд., 1983. 161 с.
7. Изотопия природных вод. – М.: Изд-во «Наука», 1978. 244 с.
8. Киришенбаум, И. Тяжёлая вода. – М.: Иностранная литература, 1953. 438 с.
9. Константинов, А.Р. Испарение в природе. – Л.: Гидрометеорологическое изд-во, 1963. 592 с.
10. Кулик, К.Н. Лесофитобиологизация агроландшафтов как стратегия биогенного управления изотопным фракционированием (дейтеризацией) природных вод и биосистем в аридном субрегионе (теоретический аспект) / К.Н. Кулик, В.И. Петров, А.Т. Барабанов и др. / Мат-лы. международ. науч.- практ. конф. Волгоград, 24-27 сентября 2011 г. – Волгоград, ВНИАЛМИ, 2001. С. 190-191.
11. Мосин, О.В. Осознание воды как субстанции жизни / О.В. Мосин, И. Игнатов // Сознание и физическая реальность. – М.: Изд-во Фолиум, 2011. Т.16, № 12. С. 9-21.
12. Мосин О.В., Игнатов И. Изотопный состав воды и происхождение жизни / О.В. Мосин, И. Игнатов // Биология в школе. 2013. № 3. С. 5-16.
13. Мухачёв, В.М. Живая вода. – М.: Наука, 1975. 143 с.
14. Панов, В.И. Теоретические и практические вопросы совершенствования противоэрозионного комплекса / В.И. Панов, В.И. Петров, И.Г. Зыков // Сб. трудов Поволжской АГЛЮС «Эрозия, защитное лесоразведение и урожай». – Куйбышев: Куйб. кн. изд-во, 1982. С. 3-13.
15. Панов, В.И. Биогенно-ландшафтное управление снижением содержания дейтерия в поверхностных водах и биосистемах в семиаридно-аридном субрегионе // Мат-лы науч.- практ. конф. «Соц.-эконом. и экологич. проблемы сельск. и водн. хоз-ва», Часть 3 «Водные объекты». – М. МГУП, 2010. С. 179-185.
16. Панов, В.И. Синергетическое эрозиоландшафтоведение (теория и практика самоорганизации гидрологии

- ческих и эрозионных процессов, рельефа и ландшафтов // Мат-лы научно-практ. конф. Волгоград, 17-19 октября 2011 г. – Волгоград, ВНИАЛМИ, 2011. С. 231-240.
17. *Панов, В.И.* Кластерно-синергетическое влагоберегающее агроприродопользование с лесофитомелиорацией // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса. Агронимия и лесное хозяйство. 2012. № 2 (23). С. 67-73.
18. *Панов, В.И.* Потери атмосферных осадков с незащищённых полей в степном засушливом субрегионе, их существенное снижение и стабилизация гидросурсного потенциала земледелия созданием лесомелиорированных (лесоаграрных) бассейновых агроэколандшафтов // Известия Самарского научного центра РАН. Том 18, № 2(2), 2016. С. 472-478.
19. *Тейс, Р.В.* Роль воды в распределении изотопов кислорода и водорода в природе // Диссерт. на соиск. уч. ст. к.х.н. – М.: Институт геохимии и аналитической химии им. Вернадского, 1958. 24 с.
20. *Ферронский, В.И.* Изотопия гидросферы / *В.И. Ферронский, В.А. Поляков.* – М.: Изд-во «Наука», 1983. 280 с.

AGRO FOREST MELIORATIVE (LANDSCAPE-CLUSTER) MANAGEMENT OF HYDROLOGICAL REGIME OF TERRITORIES, AGROECOSYSTEMS OF BASIN LANDSCAPES AND HEALTH IMPROVEMENT OF PEOPLE ENVIRONMENT IN THE STEPPE ARID SUBREGION

© 2017 V.I. Panov

Volga Region AGLOS – Branch of Federal Scientific Center of Agroecology,
Complex Melioration and Protective afforestation RAS, Samara

Steppe agricultural fields are not protected from winds, hot dry winds and blizzards in the droughty arid subregion. They it is useless annually lose about 250-270 mm of water on sublimation, physical evaporation and on the surface drain (from the average annual sum of atmospheric precipitation of 450-480 mm). Agroforest meliorative plantings and meliorative landscape-cluster systems protect fields and agrolandscapes. These methods reduce losses of water by 50-60% that allows to receive for agricultural plants 120-170 mm of padding water for a harvest increase. Forest agrarian complexes improve the hydrological mode of the protected territory, agrolandscapes. They provide in them high quality of natural waters.

Key words: *water balance, sublimation, atmospheric precipitation, surface drain, washout, wind-blizzard sublimation of snow, infiltration, moisture content, hydrological mode, forest strips, technogenic and cluster-synergetic agrarian environmental management, catena, erosion of soils, catchment basin, light water, isotopes*

УДК 635.925+582.4+581.2

ОЦЕНКА ЖИЗНЕННОГО СОСТОЯНИЯ ДЕРЕВЬЕВ В УРБАНИЗИРОВАННЫХ УСЛОВИЯХ КАЗАНИ

© 2017 Н.Б. Прохоренко, Г.В. Демина, Д.Н. Мингазова

Казанский (Приволжский) Федеральный Университет

Статья поступила в редакцию 23.05.2017

Было проведено исследование древостоев в садах, парках и скверах центра Казани. Установлено, что большинство видов деревьев, произрастающих в центре Казани, характеризуются снижением темпов роста в высоту, у некоторых видов это коррелирует с интенсивным нарастанием в толщину. В условиях городской среды у деревьев наиболее распространены такие инфекционные заболевания как пятнистости, ржавчины и мучнистая роса. Значения показателя жизненного состояния у разных видов варьирует от 46,2% (усыхающие) до 100% (здоровые). Городские популяции 58,7% обследованных видов не имеют явных повреждений и формируют здоровые насаждения, 34,5% видов образуют насаждения со слабыми повреждениями, тогда как насаждения со значительными повреждениями выявлены у 7,3% видов.

Ключевые слова: *городские насаждения, интродуценты, рост и развитие деревьев, жизненное состояние, болезни*

Спецификой урбанизированных территорий, в том числе и г. Казани, выступает значительная степень загрязненности всех компонентов географической оболочки [1-4]. Воздух крупных городов содержит сравнительно высокие концентрации газообразных, твердых и других вредных химических веществ по сравнению с природными ландшафтами [3, 4]. Городские почвы характеризуются высокой плотностью, повышенной кислотностью, загрязненностью тяжелыми металлами и нефтепродуктами. Эти особенности влияют на низкое видовое разнообразие почвенной мезофауны и микроорганизмов, уменьшение массы корнеобитаемого слоя и, как следствие, замедление процессов гумусообразования [5-9]. Кроме того, в условиях города природные комплексы чередуются с различными постройками, парковками, заасфальтированными участками и т. п., что приводит к снижению водного режима почв в сторону увеличения поверхностного стока и уменьшения процессов инфильтрации воды [10].

Под влиянием комплекса неблагоприятных факторов городской среды древесные растения характеризуются рядом изменений в росте и развитии, отмиранием многолетних побегов. Они в большей степени подвержены различными заболеваниями вследствие снижения иммунитета. Устойчивость отдельных видов растений определяется наследственными признаками, возрастом растений и комплексом влияющих условий окружающей среды [11, 12]. Одним из показателей, который отражает степень устойчивости растений в ходе роста и развития, выступает жизненное состояние. Под

жизненным состоянием растений понимается совокупность морфоструктурных и ростовых особенностей, эффективность использования ресурсов местообитания, а также способность противостоять стрессовым воздействиям [13]. Оценка жизненного состояния у древесных растений, используемых в городском озеленении, дает возможность обосновать рекомендации для создания наиболее продуктивных и долговечных зеленых насаждений.

Цель исследований: выявление жизненного состояния деревьев, используемых в озеленении центра Казани, и определение группы видов, наиболее устойчивых к произрастанию в условиях города.

Материалы и методы. В ходе полевых работ, которые проводятся, начиная с 2013г., в центральной части г. Казани обследованы искусственные зеленые насаждения, относящиеся к категории садов, парков и скверов. Проведение полевых работ основывалось на методах закладки пробных площадей (ПП) [14]. Всего было заложено 8 ПП размером 500-1000 м² разной конфигурации. На ПП определялись количественные (численность) и морфометрические (высота и диаметр на высоте 1,3 м) показатели для всех древесных растений. Все морфометрические данные (высота и диаметр) обработаны статистико-информационными методами с учетом возрастного состояния растения.

Жизненное состояние деревьев в полевых условиях оценивалось согласно разработанной методике [10] визуально по процентному соотношению здоровых и усыхающих ветвей, по наличию или отсутствию болезней, а также повреждений от грызущих насекомых на листьях. Для общей оценки жизненного состояния каждого вида использовали 5 балльную шкалу, где: 1 балл – здоровое растение, не имеет внешних признаков повреждения кроны и стволов, повреждение листьев и хвои не более 10%; 2 балла – поврежденное (ослабленное) растение, наличие 30% усыхающих ветвей, либо суммарное ослабление жизнеспособности на 30%; 3 балла – сильно поврежденное (сильно ослабленное) растение,

Прохоренко Нина Борисовна, кандидат биологических наук, доцент кафедры ботаники и физиологии растений. E-mail: nbprokhorenko@mail.ru

Демина Галина Владимировна, кандидат биологических наук, доцент кафедры ботаники и физиологии растений. E-mail: deminagv@mail.ru

Мингазова Дамира Наилевна, студентка

характерны те же признаки поражения, только эффект составляет 60%; 4 балла – отмирающее растение, густота кроны менее 15-20%, хвоя и листья хлоротичны, свыше 70% ветвей кроны усыхающие или сухие, поражение вредителями и болезнями; 5 баллов – сухостой (отмершее в год исследования с сохранением листвы или ранее, постепенно утрачивающее ветви и кору). Жизненное состояние видов и насаждений в целом определяли по формуле В.А. Алексеева [15]: $L_n = (100n_1 + 70n_2 + 40n_3 + 10n_4 + 5n_5) / N$, где L_n – жизненное состояние, n_1 – число здоровых деревьев, n_2 – ослабленных, n_3 – сильно ослабленных, n_4 – отмирающих, n_5 – сухостой, N – общее число деревьев на пробной площадке.

В соответствии с полученными данными значения L_n обследованные популяции древесных видов были поделены на четыре категории состояния (КС):

КС I – насаждения здоровые, у которых $L_n = 80-100\%$.

КС II – насаждения со слабым повреждением древостоя, у которых $L_n = 50-79\%$.

КС III – насаждения со значительным повреждением, у которых $L_n = 20-49\%$.

КС IV – насаждения усыхающие, у которых $L_n =$ менее 20%.

В ходе фитопатологического мониторинга осуществлялось определение типа и характера болезней (инфекционной или неинфекционной природы), давность поражения, выявление видового

состава возбудителей наиболее значимых инфекционных болезней. Помимо выявления заболевания и патогена, его вызывающего, проводился учет интенсивности и распространенности болезней на конкретных породах [16, 17]. Для учета интенсивности заболеваний использовалась глазомерная 4-х балльная шкала, по которой: 0 баллов соответствует отсутствие поражений; 1 балл – поражено до 10% поверхности; 2 балла – поражено 11 – 25%; 3 балла – поражено 26 – 50%; 4 балла – более 50% поверхности. Распространенность болезни высчитывали как количество больных растений, выраженное в проценте к общему числу осмотренных. Латинские названия растений в работе приводятся по сводке «Сосудистые растения Татарстана» [17].

Результаты исследований и их обсуждение. Наши исследования показали, что в составе исследованных насаждений популяции таких видов как *Acer negundo*, *A. platanoides*, *Betula pendula*, *Larix sibirica*, *Sorbus aucuparia*, *Tilia cordata*, *Ulmus laevis* представлены разными возрастными состояниями: от молодых вегетативных (v) до старых генеративных (g3) (табл. 1). Городские популяции остальных видов образованы либо только молодыми растениями: виргинильными (v) и молодыми генеративными (g1), как у *Picea x fennica*, *Pinus sibirica*, *Pinus sylvestris*, *Quercus robur*, либо – средневозрастными растениями: зрелыми (g2) и старыми (g3) генеративными, как у *Populus balsamifera* и *Picea pungens f. glauca*.

Таблица 1. Морфометрические параметры древесных пород на разных этапах их возрастного развития в садах, парках и скверах центра Казани

Вид растения	Возр. сост.	Высота ствола, м					Диаметр ствола, см				
		M	M ₀	X _{min-max}	±δ	V, %	M	M ₀	X _{min-max}	±δ	V, %
<i>Acer negundo</i> L.	v-g1	7,3	9	4-9	2,9	39	5	5	5	–	–
	g2-g3	11,3	11	11-12	0,5	44	31	–	19-44	12,8	41
<i>Acer platanoides</i> L.	v-g1	12,3	13	7-14	2,4	21	12,7	17	4-17	4,5	35
	g2-g3	15,6	14	13-21	3	19	42,1	–	30-63	10,8	26
<i>Betula pendula</i> Roth.	v-g1	9,8	9	7-14	2,4	24	21,9	19,5	15-27	3,6	16
	g2-g3	16,3	15	13-22	2,9	18	24,6	38	15-38	8,9	36
<i>Larix sibirica</i> Ledeb.	v-g1	10	13	5-13,5	2,7	27	12,7	8	5-24	5,1	40
	g2-g3	16	–	15-17	1	6	21,3	–	11-14	1,5	12
<i>Malus sp. (gr. кумайка)</i>	v-g1	5,9	9	3,5-9	2,3	39	8,9	11	6-11	1,8	20
	g2-g3	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
<i>Picea x fennica</i> (Regel) Kom.	v-g1	10,4	7	7-14	2,6	25	19,2	24	11,5-27	5,2	27
	g2-g3	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
<i>Picea pungens f. glauca</i> Reg	v-g1	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	g2-g3	8,5	8	7-10	1,1	13	18,6	18	15-22	2,6	14
<i>Pinus sibirica</i> Du Tour	v-g1	4,8	4,5	3,5-6	0,9	18	9,9	12	4-16	3,5	35
	g2-g3	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
<i>Pinus sylvestris</i> L.	v-g1	8,7	–	7-10	1,5	17	17,3	18	16-18	1,2	7
	g2-g3	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
<i>Populus balsamifera</i> L.	v-g1	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	g2-g3	21,4	23	15-25	3,3	15	56,9	63	40-75	12	21
<i>Quercus robur</i> L.	v-g1	11	11	11	–	–	23,5	–	20-27	4,9	21
	g2-g3	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
<i>Sorbus aucuparia</i> L.	v-g1	4,2	4,5	3,5-4,5	0,6	14	13,5	–	10,5-17	3,3	24
	g2-g3	6	–	5-7	1	17	16,8	–	14-19,5	2,8	16
<i>Tilia cordata</i> Mill.	v-g1	7,2	8	6-8	0,8	12	13,2	11	11-17	2,7	20
	g2-g3	19,1	19	16-23	2,2	11	41,9	54	17-54	11,7	28
<i>Ulmus laevis</i> Pall.	v-g1	13,7	12	12-17	2,9	21	14	–	13-15	1	7
	g2-g3	20,2	19	19-22	1,3	7	57,6	–	55,5-62	2,6	5

Анализ параметров ствола у наиболее широко распространенных пород показал наличие изменений в параметрах роста по сравнению с условиями внутригородских лесопарков естественного происхождения. Так, у быстрорастущей *Betula pendula* в искусственных насаждениях средняя высота зрелых деревьев не превышает 16,3 м (максимальная – 22 м), при среднем диаметре 24,6 см, что соответственно в 1,5 и 1,7 раза ниже по сравнению с естественными городскими лесами. Молодые растения *Tilia cordata* в парках и скверах не отличаются по параметрам роста от растений естественного происхождения. Зрелые деревья *Tilia cordata* (g2-g3) в сравниваемых категориях насаждений не отличаются по высоте, которая составляет в среднем около 19 м, однако в садах, парках и скверах средний диаметр стволов в 1,5 раза выше, чем в естественных городских лесах. Сходные особенности формирования деревьев со сравнительно большим диаметром (в 1,8 и 1,9 раз) при сохранении высоты отмечается также для *Acer platanoides* и *Ulmus laevis*. Следовательно, реакцией на специфические условия городской среды у клена, липы и вяза выступает накопление биомассы за счет нарастания в толщину, у березы – снижение темпов роста, как в высоту, так и

в толщину. Выявленные значения морфометрических параметров для данных видов и видов, которые произрастают только в искусственных посадках, следует считать стандартными при проектировании мероприятий, связанных с озеленением Казани.

Фитопатологический мониторинг показал, что обследованные виды деревьев страдают преимущественно от инфекционных заболеваний, вызываемых грибами (87%). Доля неинфекционных болезней не превышает 13%, они представлены механическими повреждениями коры, суховершинностью, краевым некрозом листьев, а также усыханием листьев и хвои. Среди инфекционных заболеваний были отмечены пятнистости, ржавчины, мучнистая роса, малиниоз и др. Распространенность болезней в составе исследованных популяций древесных видов находится в пределах 8–98% (табл. 2). Высокие показатели интенсивности и распространенности отмечены для таких заболеваний, как пятнистости у клена остролистного, мучнистая роса у клена остролистного и дуба черешчатого, парша и малиниоз у яблони домашней, кармашки у черемухи обыкновенной.

Таблица 2. Болезни и повреждения древесных растений в садах, парках и скверах центра Казани

Древесная порода	Типы болезней и повреждений							
	механические повреждения/суховершинность	некрозы	усыхание листьев/хвои	парша	молиниоз/кармашки	пятнистости	ржавчины	мучнистая роса
<i>Acer negundo</i> L.	–	–	–	–	–	1/12	–	–
<i>Acer platanoides</i> L.	–	–	–	–	–	2-3/28	–	1-3/34
<i>Betula pendula</i> Roth.	–	–	–	–	–	–	1-2/18	1-2/10
<i>Malus domestica</i> Borkh.	–	–	–	3/98	3/97	–	–	–
<i>Pinus sylvestris</i> L.	1/12	–	–	–	–	–	–	–
<i>Picea pungens</i> Engelm.	–	–	2/7	–	–	–	–	–
<i>Populus balsamifera</i> L.	–	–	–	–	–	–	1-2/12	–
<i>Padus avium</i> Mill.	–	–	–	–	2/89	–	–	–
<i>Quercus robur</i> L.	2/8	–	–	–	–	–	–	1-2/47
<i>Tilia cordata</i> Mill.	–	2/12	–	–	–	–	–	–

Примечание: в числителе интенсивность заболевания (в баллах), в знаменателе распространенность заболевания (в %)

Значение показателя жизненного состояния (Ln) в городских популяциях деревьев варьирует от 15% (усыхающие) до 100% (здоровые). Расчеты показали, что 32 вида и форм (58,7% от состава анализируемой дендрофлоры) характеризуются категорией состояния КС I, так как не имеют явных повреждений (табл. 3). Среди представителей этой группы видов – *Acer platanoides* 'Drummondii', *A. negundo*, *Fraxinus pennsylvanica*, *Quercus rubra*, *Picea pungens* и ее формы, *Populus balsamifera*, *Robinia pseudoacacia*, *Tilia platyphyllos* и др. – входят в состав сравнительно молодых насаждений парка «Миллеиум» и сквера «Университетский дворик». Многие из них – интродуценты из Северной Америки, они зимостойки, малотребовательны к плодородию

почвы и не подвержены воздействию вредителей. Категория состояния КС II выявлена у 18 видов и форм (34,5%): *Acer platanoides*, *Aesculus hippocastanum*, *Betula pendula*, *B. pubescens*, *Picea x fennica*, *Quercus robur*, *Sorbus aucuparia*, *Taxus baccata* и др. Большинство из них – аборигенные виды местной флоры. Для них отмечены наличие отдельных сухих ветвей в кроне, повреждение корки, а также листьев или хвои. В частности листья клена повреждены черной пятнистостью (*Rhytisma acerinum* (Pers.) Fr.) и мучнистой росой (*Uncinula aceris* Sacc.), листья рябины обыкновенной – ржавчиной (*Crymposporangium juniper* Link.), листья дуба – мучнистой росой (*Erysiphe quercina* Schwein.), а также дубовой одноцветной молью (*Tischeria ekebladella* Bjerkaner), листья березы

– мучнистой росой (*Erysiphe ornate* U. Braun & S. Takam.). Кроме того, на трещинах в коре, а также на многолетних побегах клена и ильма распространена вторичная инфекция, вызванная *Schizophyllum commune* (Fries) и *Nectria cinnabarina* Fr..

Таблица 3. Жизненного состояния видов деревьев в садах, парках и скверах центра Казани

№	Древесная порода	Кол-во, шт.	Ln, %	КС вида
1	<i>Abies concolor</i> (Gord) Engelm.	1	100	I
2	<i>Acer ginnala</i> Maxim.	3	100	I
3	<i>Acer negundo</i> L.	6	85	I
4	<i>Acer platanoides</i> L.	15	74	II
5	<i>Acer platanoides</i> 'Crimson king'	5	40	III
6	<i>Acer platanoides</i> "Drummondii"	3	100	I
7	<i>Acer saccharinum</i> 'Laciniatum Wieri'	6	100	I
8	<i>Acer tataricum</i> L.	10	61	II
9	<i>Aesculus hippocastanum</i> L.	19	70	II
10	<i>Betula pendula</i> 'youngii'	6	70	II
11	<i>Betula pubescens</i> Ehrh.	19	67	II
12	<i>Betula pendula</i> Roth.	19	79	II
13	<i>Cotinus cogyria</i> Scop.	3	100	I
14	<i>Crataegus</i> sp. (крупн. л., не рассеч., опуш.)	3	100	I
15	<i>Crataegus</i> sp. (с рассеч. мелкими л.)	50	100	I
16	<i>Crataegus</i> sp. (крупн.л., не рассеч. без опуш.)	5	100	I
17	<i>Elaeagnus angustifolia</i> L.	2	85	I
18	<i>Fraxinus pennsylvanica</i> Marsh.	6	100	I
19	<i>Juglans mandshurica</i> Maxim.	1	100	I
20	<i>Larix</i> sp.	6	100	I
21	<i>Larix sibirica</i> Ledeb.	47	60	II
22	<i>Malus</i> sp. (гр. китайка)	16	77,5	II
23	<i>Malus</i> sp. (гр. китайка с бордовыми л. и пл.)	2	100	I
24	<i>Padus maakii</i> (Rupr.) Kom.	5	100	I
25	<i>Padus virginiana</i> (L.) M. Roem.	2	100	I
26	<i>Padus avium</i> Mill.	20	80,5	I
27	<i>Picea x fennica</i> (Regel) Kom.	34	66	II
28	<i>Picea omorika</i> Purk.	3	100	I
29	<i>Picea pungens</i> f. <i>glauca</i> 'globosa'	2	100	I
30	<i>Picea pungens</i> f. <i>glauca</i> Reg.	23	93	I
31	<i>Picea pungens</i> Engelm.	13	91	I
32	<i>Pinus mugo</i> 'Gnom'	2	100	I
33	<i>Pinus sibirica</i> Du Tour.	28	64,5	II
34	<i>Pinus sylvestris</i> L.	10	62	II
35	<i>Populus balsamifera</i> L.	11	100	I
36	<i>Populus simonii</i> Carr.	11	100	I
37	<i>Populus alba</i> L.	9	63	II
38	<i>Populus</i> sp.	7	70	II
39	<i>Prunus spinosa</i> L.	1	70	II
40	<i>Quercus rubra</i> L.	1	100	I
41	<i>Quercus robur</i> L.	14	68	II
42	<i>Sorbus aucuparia</i> L.	25	70	II
43	<i>Robinia pseudoacacia</i> L.	4	92,5	I
44	<i>Salix caprea</i> L.	4	70	II
45	<i>Salix matsudana</i> f. <i>tortuosa</i>	1	100	I
46	<i>Salix</i> sp. (гр. размаринолистные, л. мелкие)	26	100	I
47	<i>Salix</i> sp.(гр. размаринолиственные, л. крупные)	11	100	I
48	<i>Taxus baccata</i> L.	2	70	II
49	<i>Thuja occidentalis</i> L.	38	65	II
50	<i>Tilia cordata</i> Mill.	34	46,2	III
51	<i>Tilia platyphyllos</i> Scorp.	27	100	I
52	<i>Ulmus glabra</i> Huds.	7	40	III
53	<i>Ulmus laevis</i> Pall.	5	100	I
54	<i>Ulmus minor</i> Mill.	1	100	I
55	<i>Ulmus pumila</i> L.	5	40	III

Наибольшие повреждения отмечены лишь у 4 видов деревьев (7,3%), которые образуют насаждения третьей категории КС III (*Acer platanoides* 'Crimson king', *Tilia cordata*, *Ulmus glabra* и *Ulmus pumila*). Данные виды относятся как к аборигенным, так и к интродуцентам. В составе их популяций растения отличаются высоким процентом сухих ветвей, а также пораженных болезнями и вредителями листьев. Так, например, в период исследований листья клена остролистного формы 'Crimson king' были массово поражены мучнистой росой клена (*Uncinula aceris* Sacc.). Листья липы мелколистной, несмотря на высокую зимостойкость и устойчивость к загрязнению воздуха этой породы, в большинстве исследованных насаждениях подвержены краевому некрозу, который обусловлен неправильной агротехникой выращивания, пересыханием почвы и частичным отмиранием корневой системы. В разные годы были отмечены массовое поражение листьев липы галловым клещом (*Eriophyes tiliae* Nal.), тлей (*Eucallipterus tiliae* L.), что существенно ослабляет деревья в черте города. В обследованных парках и скверах ни один из видов деревьев не характеризуется категорией состояния IV.

Выводы: установлено, что древесные виды, произрастающие в садах, парках и скверах центра Казани, отстают в росте, что представляет собой приспособительные реакции к условиям городской среды обитания. При этом береза и ель колючая отвечают на стресс городских условий и повышенное освещение снижением темпов роста в высоту и толщину, другие – липа, ильм и клен – сохранением высоты при активном нарастании в толщину. Городские популяции деревьев в разной степени устойчивы к неблагоприятному воздействию условий городской среды и подвержены ряду инфекционных (пятнистости, ржавчины, мучнистая роса, малиниоз и др.), а также неинфекционных (повреждения коры, суховершинность, краевой некроз листьев, усыхание листьев и хвои) заболеваний. Диагностика жизненного состояния выявила, что городские популяции 32 видов и форм, относящихся преимущественно к интродуцентам, образуют здоровые насаждения и не имеют видимых повреждений вегетативных частей (КС I). Некоторые из входящих в эту группу видов представлены в насаждениях Казани крайне низко и могут быть рекомендованы для более широкого внедрения в систему озеленения. Деревья из состава местной флоры в большинстве своем образуют слабо поврежденные (КС II) или реже значительно поврежденные (КС III) насаждения. Несмотря на наибольшую приспособленность к природным условиям нашего региона, они страдают от поражения целого спектра фитопатогенов и вредителей, а также неправильной агротехники, используемой при озеленении.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Nowak, D.J. Air pollution removal by urban trees and shrubs in the United States / D.J. Nowak, D.E. Crane, J.C. Stevens // Urban Forestry & Urban Greening. 2006. V.4. P. 115-123.
2. Rucandio, M.I. Biomonitoring of chemical elements in an urban environment using arboreal and bush plant species / M.I. Rucandio, M.D. Petit-Domínguez, C. Fidalgo-Hijano, R. García-Giménez // Environmental science and pollution research. 2010. Vol. 18, № 1. P. 51-63.
3. Климат и окружающая среда Приволжского федерального округа / науч. ред. М.Л. Верецагин. – Казань: Изд-во Казанского ун-та, 2013. 274 с.
4. Переведенцев, Ю.П. Климат Казани и его изменения в современный период / Ю.П. Переведенцев, Э.П. Наумов, К.М. Шанталинский и др. – Казань: Казанский гос. университет, 2006. 216 с.
5. Строганова, М.Н. Городские почвы: опыт изучения и систематика (на примере почв юго-западной части г. Москвы) / М.Н. Строганова, М.Г. Азаркова // Почвоведение. Т. 7. 1992. С. 16-24.
6. Turer, D.G. Heavy metal contamination in soils of urban highways: comparison between runoff and soil concentrations at Cincinnati, Ohio / D.G. Turer, J.B. Maynard, J.J. Sansalone // Water, Air and Soil Pollution. 2001. V. 132. P.293-314.
7. Wang, X.S. Spatial distribution of metals in urban topsoils of Xuzhou (China): controlling factors and environmental implications / X.S. Wang, Y. Qin. – Springer-Verlag. 2005. P. 905-914.
8. Шергина, О.В. Морфологические и физико-химические особенности почв города Иркутска // География и природные ресурсы. 2006. № 1. С. 82-90.
9. Kosheleva, N.E. Assessment of heavy metal pollution of soils in industrial cities of Mongolia / N.E. Kosheleva, N.S. Kasimov, D. Dorjgotov et al // Geography, Environment, Sustainability. 2010. №3. P. 51-65.
10. Kurbanova, S.G. The Role of Vegetation in Conservation of Small Rivers in the Middle Volga / S.G. Kurbanova, N.B. Prokhorenko // Mediterranean Journal of Social Sciences. 2015. Vol. 6. No 1 S3. P. 242-246.
11. Шихова, Н.С. Комплексная оценка состояния лесов зеленой зоны Владивостока // Лесоведение. 2015. № 6. С. 436-446.
12. Шихова, Н.С. Деревья и кустарники в озеленении города Владивостока. Монография. // Н.С. Шихова, Е.В. Полякова. – Владивосток: Дальнаука, 2006. 236 с.
13. Злобин, Ю.А. Принципы и методы изучения ценологических популяций растений. – Казань: Казанский университет, 1989. 146 с.
14. Сукачев, В.Н. Методические указания к изучению типов леса / В.Н. Сукачев, С.В. Зонн – М.: Изд-во АН СССР, 1961. 143 с.
15. Алексеев, В.А. Диагностика жизненного состояния деревьев и древостоев / Лесоведение. 1989. №4. С. 51-57.
16. Сафин, Р.И. Фитосанитарный мониторинг. Учебное пособие. – Казань: Издательство КГСХА, 2004. 100 с.
17. Соколова, Э.С. Состояние древесных и кустарниковых пород в живых изгородях и их повреждаемость болезнями // Экология, мониторинг и рациональное природопользование: науч. тр. – М.: МГУЛ, 1998. Вып. 294(1). С.41-46.
18. Бакин, О.В. Сосудистые растения Татарстана / О.В. Бакин, Т.В. Рогова, А.П. Ситников. – Казань: Изд-во Казан. ун-та, 2000. 496 с.

**ASSESSMENT OF THE TREES VITAL STATE
IN THE URBANIZED CONDITIONS OF KAZAN CITY**

© 2017 N.B. Prokhorenko, G.V. Demina, D.N. Mingazova

Kazan (Volga) Federal University

The research of forest stands in gardens, parks and squares of the center of Kazan was conducted. It is established that the majority of species of the trees, growing in the center of Kazan, are characterized by depression of growth rates in height, at some types it correlates with intensive increase in thickness. In the conditions of the urban environment such infectious diseases as blotches, rusts and powdery mildew are most widespread among trees. Values of vital state indicator at different types varies (drying-out) to 100% (healthy) from 46,2%. City populations of 58,7% of the surveyed types have no obvious damages and form healthy plantings, 34,5% of types form plantings with weak damages whereas plantings with appreciable damages are taped at 7,3% of types.

Key words: *city plantings, introduced species, body height and development of trees, vital state, illnesses*

*Nina Prokhorenko, Candidate of Biology, Associate Professor
at the Department of Botany and Plants Physiology. E-mail:
nbprokhorenko@mail.ru*

*Galina Demina, Candidate of Biology, Associate Professor
at the Department of Botany and Plants Physiology. E-mail:
deminagv@mail.ru*

Damira Mingazova, Student

УДК 57.045+574.24

ПОПУЛЯЦИОННЫЙ АНАЛИЗ ГЕЛЬМИНТОФАУНЫ ГРЫЗУНОВ В УРБАНИЗИРОВАННЫХ ЭКОСИСТЕМАХ КИРОВСКОЙ ОБЛАСТИ

© 2017 О.М. Родионова, Н.А. Черных, В.В. Ерофеева, Ю.И. Баева, В.В. Глебов

Российский университет дружбы народов, г. Москва

Статья поступила в редакцию 21.03.2017

Представлены результаты изучения гельминтофауны грызунов на урбанизированных территориях Кировской области. Выявлено 10 видов грызунов, относящихся к 3 семействам: Мышиные (Muridae), Хомяковые (Cricetidae) и Белычьи (Sciuridae). Получены закономерности распространения грызунов на исследуемой территории в зависимости от уровня урбанизации. Показано, что все изученные грызуны были заражены различными видами гельминтов. Максимальная экстенсивность заражения (87,5%) выявлена у серой крысы. По числу видов паразитических червей у грызунов на уровне классов доминируют нематоды, которые представлены 11-ю видами, что составляет больше половины (55%) от общего количества обнаруженных видов всех гельминтов. Далее следуют цестоды, которые представлены 5-ю видами гельминтов (25% от общего количества зарегистрированных гельминтов). Минимальным видовым разнообразием характеризуются трематоды - они составляют 20% и представлены 4-мя видами гельминтов. В работе экспериментально доказано, что дождевые черви, обитающие в почвах урбанизированных территорий, являются паратеничными хозяевами токсокар и, выполняя, с одной стороны, санитарную роль по очистке почвы от инвазионных яиц токсокар, с другой являются альтернативными источниками заражения человека и других восприимчивых животных (хозяев).

Ключевые слова: *грызун, урбанизированная территория, гельминт, дождевые черви, токсокар*

По данным Всемирной Организации Здравоохранения (ВОЗ) паразитарными заболеваниями поражено более 85% населения планеты; третье место в мире по числу больных среди всех наиболее значимых инфекционных и паразитарных заболеваний занимают гельминтозы (1,4 млрд. больных). В Российской Федерации гельминтозы включены Постановлением Правительства РФ от 01.12.2004 г. № 715 в «Перечень заболеваний, представляющих опасность для окружающих». По оценке Всемирного банка, экономический ущерб от кишечных паразитозов занимает четвертое место среди потерь, наносимых всеми болезнями и травмами [9].

Паразитозы – чрезвычайно широко распространённые заболевания человека, животных и растений. Это глобальная общечеловеческая проблема. Болезни, возбудители которых естественным путём передаются от позвоночных

животных к человеку, называют зоонозами. Специфические черты природноочаговых болезней заключаются в том, что возбудители этих болезней постоянно циркулируют в популяциях диких и домашних животных. У животных и людей паразитирует несколько сотен видов гельминтов и простейших. Это способствует обсеменению различных компонентов окружающей среды (почва, поверхностные и подземные водные объекты – источники питьевого водоснабжения населения, продукты питания растительного и животного происхождения) яйцами и личинками гельминтов, а также цистами кишечных патогенных простейших, увеличивая риск новых заражений людей и животных [11].

Большая часть населения РФ (73%) проживает в городах, где промышленные предприятия, жилищно-коммунальные хозяйства и автотранспорт осуществляют выбросы и сбросы загрязняющих веществ, в том числе и биологических, которыми насыщены практически все природные среды [1, 19]. Вокруг городов сформировались территории хронического загрязнения почв радиусом до 5-10 км, а в некоторых случаях и до 60 км [2, 16]. Использование необеззараженных сточных вод и их осадков, навоза и стоков животноводческих ферм в сельском, городском, индивидуальных и фермерских хозяйствах способствует контаминации инвазионным материалом почвы, сельскохозяйственных, овощных и ягодных культур, создавая тем самым высокий риск новых заражений животных и людей возбудителями гельминтозов [3, 9, 12, 13, 15].

Родионова Ольга Михайловна, кандидат медицинских наук, доцент кафедры судебной экологии с курсом экологии человека. E-mail: rodionova_ot@rudn.university.ru

Черных Наталья Анатольевна, доктор биологических наук, профессор, заведующая кафедрой судебной экологии с курсом экологии человека. E-mail: chernykh_na@rudn.university.ru

Ерофеева Виктория Вячеславовна, кандидат биологических наук, ассистент кафедры судебной экологии с курсом экологии человека. E-mail: erofeeva_vv@rudn.university.ru

Баева Юлия Игоревна, кандидат биологических наук, доцент кафедры судебной экологии с курсом экологии человека. E-mail: baeva_yui@rudn.university.ru

Глебов Виктор Васильевич, кандидат биологических наук, доцент кафедры судебной экологии с курсом экологии человека. E-mail: glebov_vv@rudn.university.ru

Так как в населенных местах почва постоянно подвергается инфицированию возбудителями инфекционных заболеваний и гельминтозов, постоянно сохраняется её высокая эпидемиологическая опасность. Источниками загрязнения почвы являются фекалии, моча, навоз, мусор, трупы, сточные воды и др. Основная масса жизнеспособных возбудителей находится на глубине от 1 до 10 см и с почвенной водой попадает в подземные и поверхностные водоисточники, с почвенной пылью – в воздух, приводит к загрязнению овощей и ягод, рук и других участков кожи человека, переносу грызунами, мухами и другими насекомыми. Это определяет пути передачи через почвенную среду инфекционных заболеваний и инвазий: *фекально-оральный, контактный, воздушно-пылевой*. Через почву могут передаваться различные заболевания: кишечные инфекции, антропозоозы, гельминтозы, столбняк, микозы и другие.

Особую роль играет почва в распространении *гельминтозов*. С фекалиями больного человека и животных в почву выбрасывается громадное количество незрелых яиц гельминтов – *аскарид, власоглава* и др. В почве они завершают цикл развития, позволяющий приобрести им инвазивные свойства, в связи с чем такие гельминты называются *геогельминтами*. Находящиеся на поверхности почвы яйца гельминтов погибают от инсоляции и высыхания, тогда как залегающие на глубине 2-10 см сохраняют жизнеспособность до 7-10 лет [6].

За последние десятилетия значительно выросшая численность собак и кошек в городах и несоблюдение правил их содержания привели к массивному загрязнению яйцами гельминтов почвы. В основном, это яйца токсокар, вызывающих *токсокароз* – заболевание, характеризующееся поражением различных органов и систем организма человека, выраженными аллергическими проявлениями и рецидивирующим течением. Эпидемиологическое значение почвы обуславливается также тем, что она является средой обитания переносчиков и резервуаров возбудителей различных инфекционных заболеваний. Так, грызуны и дождевые черви являются резервуарами для возбудителей гельминтозов, в том числе, токсокароза и источниками опасных антропозоозов – чумы, туляремии, лептоспирозов, бешенства.

На кафедре судебной экологии с курсом экологии человека экологического факультета РУДН проводятся исследования природных и антропогенных факторов, способствующих распространению гельминтозов в различных регионах мира. В статье представлены результаты исследований, проводившихся с целью установления роли различных видов грызунов и дождевых червей в передаче человеку такого опасного гельминтоза как токсокароз.

Несмотря на то, что источником токсокарной инвазии для человека являются в основ-

ном собаки, прямой контакт с ними не играет исключительной роли в заражении людей. Установлено, что на первом месте по значимости находится почва как фактор передачи возбудителя. Собаки выделяют с фекалиями в окружающую среду яйца токсокар, которые созревают в почве до инвазионной стадии. В средней полосе России яйца могут сохраняться жизнеспособными в почве в течение всего года, хорошо переживая под снегом. При среднесуточной температуре + 13-18°C на это потребуется около 36 суток, при температуре +25°C – около 15 суток. Яйца токсокар сохраняются в почве жизнеспособными в течение нескольких лет [8].

Пути передачи токсокар осуществляются как прямым путем, так и с участием факультативного хозяина (один из вариантов): окончательный хозяин (псовые) – почва – факультативный (резервуарный, паратенический) хозяин – окончательный хозяин (псовые). Механизм передачи инвазии при этом варианте геооральный – ксенотрофный. Паратеническим (резервуарным) хозяином могут быть грызуны, свиньи, овцы, птицы, земляные черви. Заражение человека токсокарами происходит при контакте с землей (игра в песочницах, проведение земляных работ на строительстве, работа в огороде, ремонтные работы и др.), загрязненной яйцами токсокар инвазированных собак.

В последние десятилетия на территории мегаполисов большой экологической проблемой становится биологическое загрязнение окружающей среды яйцами гельминтов домашних животных, а также мелких млекопитающих. Охрана окружающей среды урбанизированных территорий от загрязнения инвазионным материалом, является актуальной проблемой на современном этапе развития. Она занимает ведущую роль в государствах, различных международных организациях, у учёных и практических работников ветеринарии и здравоохранения всего мира.

Жизненные циклы паразитов, представляющих опасность для заражения человека, имеют свою специфику, которая обуславливает существенные особенности эпидемиологии паразитарных заболеваний. Особенностью этой специфики является паратенический (резервуарный паразитизм) – распространённое эколого-паразитологическое явление. Проявляется, обычно, как способность инвазионных стадий зоопаразитов многих систематических групп, оказавшихся в несвойственных им хозяевах, в числе которых может быть и человек, оседать в их органах и тканях.

Почвенная среда урбосистем – главный источник заражения человека гельминтозами, в ней ежегодно происходит накопление большого количества инвазионного материала. Весьма опасны для человека яйца токсокар, которые распространяют кошки и собаки. Дождевые черви, обитающие в почве, могут выступать в качестве паратенических хозяев и накапливать в себе личинки токсокар.

Эпидемиологически значимым является фактор загрязнения окружающей среды фекалиями собак, что приводит к значительной обсемененности почвы яйцами токсокар. В Астраханской области в 2004 г яйца токсокар обнаружены в 6,6% проб, в 2008 – 10,8%. В Ростовской области интенсивность контаминации почвы яйцами данного возбудителя находилась в пределах от 1,2 до 16,67 экз. на 1 кг почвы. Показатели жизнеспособности яиц варьировали от 20% до 84% [10, 17].

Большинство заражений, вызываемой *Toxosaga sp.* происходит у маленьких детей от 1 до 4 лет, которые легко заражаются по методу «грязных рук», т.к. могут употребить в пищу то, что лежит на земле. Тем не менее, среди гельминтозов токсокароз занимает второе место по частоте заражения взрослых в развитых странах [20]. Так, Малышевой Н.С. (2006) [9] было выявлено, что на территориях Рьльского, Суджанского, Хомутовского районов РФ, пограничных с Украиной, показатели обсемененности объектов окружающей среды выше: почвы в 2,5 раза, воды поверхностных водоисточников в 1,8 раза, что создает потенциальную опасность риска заражения. Уровень пораженности населения гельминтозами в районах подтопления и затопления в 4,324,84 раза ($p < 0,001$) выше, чем в районах, не подвергавшихся воздействию природных неблагоприятных факторов и выше средних показателей по РФ в целом в 2 раза ($p < 0,001$). Гузеевой М.В. (2009) [4] было показано, что истинная заболеваемость токсокарозом значительно выше официально регистрируемых данных. Риск заражения возбудителем токсокароза возрастает в связи с увеличением численности собак и высокого уровня зараженности их токсокарами. По данным ВНИИ гельминтологии им. К.И. Скрябина в Москве токсокарами заражены до 39,6% собак [4]. В результате несоблюдения правил содержания домашних собак, а также большой

численности бродячих собак проблема загрязнения почвы в крупных городах обостряется. Санитарно-гельминтологическое исследование проб почвы с территорий детских площадок Москвы показало, что яйца токсокар выявлялись в 8,5% из 900 исследованных проб [18]. При активной циркуляции возбудителя токсокароза в Москве (зараженность домашних собак в среднем составила 18,1%, бродячих – 25,9%, обсемененность почвы яйцами токсокар – 13,5%) выявлены недостаточный уровень знаний медицинских работников о токсокарозе (правильные ответы в среднем дали 54,5±3,5% анкетированных) и наличие низких титров антител к антигену токсокар (в 80,6±7,1% серопозитивных реакциях) при отсутствии ярко выраженной клинической картины, что является причинами редкой регистрации токсокароза в Москве.

Материалы и методы. В данном исследовании был использован комплекс различных методик изучения мелких млекопитающих и беспозвоночных. Биологическому анализу и полному гельминтологическому вскрытию по методике А.К. Скрябина (1928) [14] в модификации Ивашкина и др., (1971) [5] была подвергнута 171 тушка грызунов. Дождевые черви *Eisenia fetida* (в количестве 520 особей) были подвергнуты препарированию (отделяли кишечник от кожно-мышечного мешка).

Результаты исследований. Был проведен популяционный анализ гельминтофауны грызунов в урбанизированных экосистемах городской среды (г. Киров и Кировская обл.), при котором выявлено на урбанизированных территориях 10 видов грызунов, относящихся к 3 семействам: Сем. Мышиные (Muridae) – крыса серая, мышь домовая, мышь полевая, мышь лесная; Сем. Хомяковые (Cricetidae) – полевка обыкновенная, полевка рыжая, красная полёвка, водяная полевка, ондатра; Сем. Белчицы (Sciuridae) – белка обыкновенная (табл. 1).

Таблица 1. Видовой состав исследованных грызунов

Вид грызунов	Латинское название	Кол-во, (n)
мышь домовая	<i>Mus musculus</i> L., 1758	30
мышь лабораторная	<i>Mus musculus</i> cf.	25
крыса серая	<i>Rattus norvegicus</i> Berkenhout, 1769	7
крыса лабораторная	<i>Rattus norvegicus</i> cf.	1
мышь полевая	<i>Apodemus agrarius</i> Pallas, 1771	6
мышь лесная	<i>Apodemus uralensis</i> Pallas, 1811	8
полевка обыкновенная	<i>Microtus arvalis</i> Pallas, 1778	28
полевка рыжая	<i>Clethrionomys glareolus</i> Schreber, 1780	31
красная полёвка	<i>Clethrionomys rutilus</i> Pallas, 1779	4
водяная полевка	<i>Arvicola terrestris</i> L., 1758	2
ондатра	<i>Ondatra zibethicus</i> L., 1766	25
белка обыкновенная	<i>Sciurus vulgaris</i> L., 1758	4
Итого:		171

Места обитания синантропных грызунов тесно связаны с жильём человека. Остальные

виды, приведенные в таблице 2, также смогли адаптироваться в антропогенных ландшафтах.

Деятельность человека приводит к увеличению мозаичности ландшафтов, благоприятной для большинства диких животных, и к появлению многочисленных мелких пятен новых высокопродуктивных и богатых кормами биотопов. Возникают «бахромчатые местообитания», где некоторые виды диких грызунов и их эктопаразиты достигают особенно высокой численности [7]. Мышевидные грызуны достаточно многочисленны в черте города. Причём синантропные виды (мышь домовая и серая крыса) абсолютно доминируют в постройках самого различного типа: от жилых до хозяйственных строений и промышленных объектов. На окраинах городов, в садах и сельских поселениях стали обычными обыкновенная и рыжая полевки, встречаются мышь полевая и лесная, красная полевка, ондатра, водяная полевка и белка. К доминирующему виду на урбанизированных территориях следует отнести полевку обыкновенную.

Все изученные грызуны были заражены различными видами гельминтов. Экстенсивность заражения наибольшая – 87,5% у серой крысы, у рыжей полевки, полевки обыкновенной, красной полевки от 71 до 75%. Проведенные исследования гельминтов мышевидных грызунов в условиях урбанизированных территорий, позволили определить по каждому из видов: 1) систематическое положение; 2) список хозяев, их ранг (дефинитивные, промежуточные, резервуарные); 3) локализация; 4) места обнаружения; 5) распространение данного гельминта. Всего в изученном нами материале было обнаружено 20 видов гельминтов, принадлежащим к двум типам: плоским червям (*Plathelminthes*) и круглым червям (*Nemathelminthes*) и трем классам: *Trematoda* (4 вида, 4 рода, 3 семейства), *Cestoda* (5 видов, 4 рода, 4 семейства), *Nematoda* (11 видов, 6 родов, 5 семейств). Наибольшее число видов паразитических червей зарегистрировано у обыкновенной полевки (9 видов), 6 видов у рыжей полевки, 4 вида у мыши лесной, по 3 вида у крысы пасюк (серой крысы), домовая мышь и красной полевки, по 2 вида – ондатры, 1 вид у белки. Анализ этих данных на уровне классов (крупных таксономических единиц) паразитических червей, показал, что по числу видов доминируют нематоды, которые представлены 11-ю видами. Это составляет больше половины (55%) от общего количества обнаруженных видов всех гельминтов грызунов. Далее по числу доминирующих видов паразитов, следуют цестоды, которые представлены 5-ю видами гельминтов (один из которых является личиночной стадией), и в целом они составляют 25% от общего количества зарегистрированных гельминтов. Минимальным видовым разнообразием характеризуются трематоды, они составляют 20% (представлены 4-мя видами гельминтов, включающих одну личиночную стадию).

На следующем этапе работы проводилось изучение зараженности и заражаемости дождевых червей (*Eisenia fetida*), которых содержали в пластиковых цилиндрах, заполненных почвенным гумусом, глубиной 10 см, при комнатной температуре. Перед началом эксперимента случайным образом были выбраны 10 дождевых червей и исследованы методом трихинеллоскопии для обнаружения личинок токсокар, приобретенных в естественных условиях. 420 дождевых червей, приблизительно равных по размеру, были разделены на две группы: 320 (группа 1 – экспериментальная) и 100 (группа 2 – контрольная) и помещены в отдельные пластиковые цилиндры, заполненные 150 г почвы. Почву для заражения обсемили 10000 инвазионных яиц *Toxocara* (*T. cati* или *T. canis*) и тщательно перемешали смесь, затем добавили в неё дождевых червей из группы 1 и содержали их в этой почве 4 дня при комнатной температуре. Червей из группы 2 содержали в качестве контрольной группы с необсеменной почвой.

Выводы и рекомендации. В нашем исследовании впервые была показана интегрирующая роль городской фауны и феномена паратении в циркуляции зоонозных инвазий на урбанизированных территориях. Были выявлены доминирующие виды грызунов на урбанизированных территориях – обыкновенная полевка, мышь домовая, серая крыса, рыжая полевка и показано наличие возбудителей паразитарных болезней грызунов опасных для человека: аляриоз; гименолепидоз; гидатигероз и стробилоцеркоз, сифациоз, токсокароз.

Экспериментальным путём доказано, что инвазионные яйца *Toxocara cati* и *Toxocara canis*, попав естественным путем (или искусственным путём при пероральном заражении) в дождевых червей *Eisenia fetida*, выходят в кишечнике из яйцевых оболочек и внедряются в кожно-мышечный мешок или сохраняются в подвижном и инвазионном состоянии в кишечнике продолжительное время: 75 дней для *Toxocara cati* и 38 дней для *Toxocara canis*. Таким образом было доказано, что дождевые черви, обитающие в почве урбанизированных территорий, являются паратеничными хозяевами токсокар и выполняя, с одной стороны, санитарную роль по очистке почвы от инвазионных яиц токсокар, с другой – являются альтернативными источниками заражения человека и других восприимчивых животных (хозяев).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Абрацумян, В. В. Экологическая безопасность автомобильного транспорта: учеб. пособие / В.В. Абрацумян, В.Б. Носов и др. – М.: Научтехлитиздат, 1999. 208 с.
2. Баева, Ю.И. Судебная экология: Том I. Исследование экологического состояния объектов почвенно-геологического происхождения: учебное пособие / Ю.И. Баева, Н.А. Черных. – М.: Изд-во РУДН, 2016. 252 с.

3. *Горохов, В.В.* Возвращающиеся инвазии / *В.В. Горохов, Т.Г. Сыскова* // Здоровье населения и среда обитания. 2005. № 10. С. 28-30.
4. *Гузеева, Т.М.* Паразитарные ассоциации, их структура и распространение на экологически неблагоприятных территориях // Мат-лы Всерос. конф. с межд. участ., посвящ. 70-летию теории академ. Е. Н. Павловского о природной очаговости. – Омск, 2009. С. 36-38.
5. *Ивашкин, В.М.* Методы сбора и изучения гельминтов наземных млекопитающих / *В.М. Ивашкин, В.Л. Контримавичус, Н.С. Назарова*. – М.: Наука, 1971. 121 с.
6. *Комунальна гігієна / Є.Г. Гончарук, В.Г. Бар, С.І. Гаркавий та ін.; за ред. Є.Г. Гончарука* // – К.: Здоров'я, 2006. 792 с.
7. *Кучерук, В.В.* Избранные труды. – М.: Т-во научных изданий КМК, 2006. С. 308-321.
8. *Лысенко, А.Я.* Токсокароз: учебное пособие / *А.Я. Лысенко, Т.Н. Константинова, Т.И. Авдюхина* - М., Российская медицинская академия последипломного образования, 2004. 40 с.
9. *Мальшиева, Н.С.* Экологический мониторинг и профилактика паразитарных болезней в Центрально-Черноземной зоне Российской Федерации. Диссертация ... д.б.н., 2006. 313 с.
10. *Постнова, В.Ф.* Оценка эпидемиологической значимости почвы при токсокарозе / *В.Ф. Постнова, Г.Л. Шендо, А.Ф. Джаркенов* и др. // Теория и практика борьбы с паразит. болез.: ма-тер. докл. науч. конф. – М., 2009. Вып. 10. С. 304-306.
11. *Романенко, Н.А.* Гигиенические вопросы профилактики паразитарных болезней // Гигиена и санитария. 2003. №3. С. 6-18.
12. *Романенко, Н.А.* Гельминтозы Востока и Севера России. – Хабаровск, 2005. 215 с.
13. *Сергиев, В.П.* Паразитарные болезни и биобезопасность России // Молек. медицина. 2004. № 3. С. 32-35.
14. *Скрябин, К.И.* Метод полных гельминтологических вскрытий позвоночных, включая человека. – М.: Изд-во МГУ, 1928. 45 с.
15. *Успенский, А.В.* Паразитарная ситуация в России по новым и возвращающимся гельминтозам / *А.В. Успенский, В.В. Горохов, В.П.Сергиев, Н.А. Романенко* // Ветеринария. 2006. №3. С. 3-6.
16. *Черных, Н.А.* Экологический мониторинг токсикантов в биосфере / *Н.А. Черных, С.Н. Сидоренко*. – М.: Изд-во РУДН, 2003. 430 с.
17. *Чернышева, Е.С.* Гельминтозы человека – важная экологическая проблема / *Е.С. Чернышева, Л.С. Соколова, Е.Г. Лагуткина* // Актуальные проблемы экологии и природопользования: Сб. науч. тр. Вып.13. – М.: РУДН, 2011. Ч.1.С. 348-352.
18. *Шишканова, Л.В.* Обсемененность почвы яйцами гельминтов в Ростовской области / *Л.В. Шишканова, Ю.И. Васерин, Е.П. Хроменкова* и др. // Теория и практика борьбы с паразитарными болезнями: мат-лы. докл. науч. конф. – М., 2009. Вып. 10. С. 439-441.
19. *Alekseev, A.N.* Stability of parasitic systems under conditions of anthropogenic pressure / *A.N. Alekseev, H.V. Dubinina* // Contributions Zool. Inst. RAS, 2002. No. 6. P. 43.
20. *Done, J.T.* Experimental visceral larva migrans in the pig / *J.T. Done, M.D. Richardson, T.E. Gibson* // Res. Vet. Sci. 1960. №1. P. 133-151.

POPULATION ANALYSIS OF RODENTS HELMINTHOFAUNA IN THE URBANIZED ECOSYSTEMS OF KIROV OBLAST

© 2017 O.M. Rodionova, N.A. Chernykh, V.V. Erofeeva, Yu.I. Baeva, V.V. Glebov

Russian Peoples' Friendship University, Moscow

Results of studying the rodents helminthofauna in the urbanized territories of Kirov oblast are presented. 10 species of rodents belonging to 3 families are revealed: Muridae, Cricetidae and Sciuridae. Regularities of distribution the rodents in the explored territory depending on urban saturation are gained. It is shown that all studied rodents have been infected with different types of helminths. The maximum extensiveness of infection (87,5%) is revealed at a gray rat. By number of species of helminths at rodents at the level of classes nematodes which are presented by 11 types that makes more than a half (55%) of total of the found types of all helminths dominate. Further tsestoda which are presented by 5 types of helminths (25% of total of the registered helminths) follow. The minimum specific variety characterizes trematoda - they make 20% and are presented by 4 types of helminths. In work it is experimentally proved that the earthworms living in soils of the urbanized territories are paratenic owners of toxocars and, carrying out, on the one hand, a sanitary role on weeding from invasive toxocars eggs with another are alternative sources of infection of the person and other susceptible animal (owners).

Key words: *rodent, urbanized territory, helminths, earthworms, toxocar*

Olga Rodionova, Candidate of Medicine, Associate Professor at the Department of Forensic Ecology with the Course of Human Ecology. E-mail: rodionova_om@rudn.university.ru; Natalia Chernykh, Doctor of Biology, Professor, Head of the Department of Forensic Ecology with the Course of Human Ecology. E-mail: chernykh_na@rudn.university.ru; Viktoriya Erofeeva, Candidate of Biology, Assistant at the Department of Forensic Ecology with the Course of Human Ecology. E-mail: erofeeva_vv@rudn.university.ru; Yulia Baeva, Candidate of Biology, Associate Professor at the Department of Forensic Ecology with the Course of Human Ecology. E-mail: baeva_yui@rudn.university.ru; Viktor Glebov, Candidate of Biology, Associate Professor at the Department of Forensic Ecology with the Course of Human Ecology. E-mail: glebov_vv@rudn.university.ru

УДК 612.821

ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ МОЗГА И МЕЖПОЛУШАРНЫЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ПРИ ФОРМИРОВАНИИ ИНТЕРНЕТ-ЗАВИСИМОСТИ

© 2017 А.И. Рабаданова, Д.У. Черкесова, Э.М. Бабаева, М.И. Ашурбекова

Дагестанский государственный университет, г. Махачкала

Статья поступила в редакцию 23.05.2017

Изучена электрическая активность мозга и межполушарные взаимодействия у интернет-зависимых и интернет-независимых лиц. У интернет-зависимых при спокойном бодрствовании выявлена значительная дезорганизация волновой активности электроэнцефалограммы (ЭЭГ). В состоянии покоя присутствует низкоамплитудный, нерегулярный альфа-ритм низкого индекса с преобладанием острых волн, преимущественно в левой переднелобной области. Для ЭЭГ интернет-зависимых характерно смещение спектрально-амплитудных характеристик в сторону преобладания дельта-, тета- и быстрых бета-волн. Локализация медленноволновой активности в левом полушарии у интернет-зависимых в состоянии покоя, присутствие бета-активности с высоким индексом выраженности бета₂-поддиапазона в правом полушарии свидетельствует о правополушарной активации мозга. Неустойчивое функциональное состояние мозга интернет-зависимых проявляется также в снижении активной реакции на функциональные пробы.

Ключевые слова: интернет-зависимость, электроэнцефалограмма, ритмы, дезорганизация, асимметрия волн

Интернет-зависимость становится одной из актуальных проблем современного мира, оказывающей влияние на психическое и соматическое здоровье человека. Термин «интернет-зависимость» («Internet Addiction Disorder», IAD) впервые введен американским психиатром А.К. Голдбергом в 1995 г. для описания психического расстройства, проявляющегося в навязчивом желании подключиться к интернету и болезненной неспособности вовремя отключиться от интернета. В настоящее время число пользователей интернет-сетей по миру насчитывает 2,5 млрд. человек, а по России, которая занимает первое место в Европе и шестое в мире после Китая, США, Индии, Японии, Бразилии, эта цифра составляет 68 млн. [9, 13]. Согласно опросу, проведенному в сентябре 2013 г. Фондом общественного мнения, более 50% россиян проводят за компьютером 3 и более часов и не мыслят жизни без интернета. Этот вид зависимости еще не включен в официальный список заболеваний, однако Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) намерена признать интернет-зависимость психическим расстройством, которая войдет в новую классификацию 2017 г. психологических и химических зависимостей [1, 3, 10]. Несмотря на различные мотивы формирующие интернет-зависимость и вялотекущий характер ее протекания в отличие от различных химических зависимостей, возникающих вследствие повышения толерантности организма к препарату, комплекс психологических расстройств, сопровождающих интернет-аддикцию, позволяет говорить об общности нейрофизиологических механизмов при различных видах аддикций.

Социально-значимой негативной стороной интернет-аддикции, как и химической зависимости, является ее связь с криминалом. Многочисленные криминальные случаи, имевшие место среди интернет-аддиктов, послужили основанием для Китая признать на государственном уровне интернет-зависимость болезнью и серьезной проблемой. Проблема интернет-зависимости обсуждается на государственном уровне в Южной Корее, Таиланде и Вьетнаме, где также приняты меры по ограждению подростков от излишнего увлечения виртуальной реальностью [2, 6]. Проблема интернет-зависимости привлекает к себе внимание психологов, медиков, социальных работников, государственные органы во многих странах мира. Увеличивается число публикаций, как в интернете, так и в периодической печати, посвященные зависимостям от глобальной сети, в которых описывается целый ряд психосоматических патологий у интернет-зависимых лиц [1-3, 11].

Интернет-зависимость сопровождается целым комплексом негативных проявлений, таких, как нарушение в эмоциональной сфере, повышенная нервная возбудимость, ухудшение памяти, нарушение мыслительных процессов, деградация личности, подверженность депрессиям, стрессам и т.д. [3, 8]. Комплекс психосоматических симптомов у интернет-зависимых позволяет говорить о возможном проявлении мозговых и межполушарных дисфункций. Есть основания рассматривать сознание интернет-зависимого субъекта как состояние, сходное с феноменом лобного синдрома [5, 6]. Вместе с тем, исследования в области изучения функциональной активности мозга у интернет-аддиктов пока еще недостаточны.

Цель исследования: изучение электрической активности мозга, межполушарных взаимодействий (по показателям частотных, амплитудных характеристик) у интернет-независимых и интернет-зависимых лиц.

Рабаданова Амина Ибрагимовна, кандидат биологических наук, доцент кафедры зоологии и физиологии. E-mail: ashty06@mail.ru

Черкесова Дилара Улубиевна, доктор биологических наук, профессор кафедры психологии развития и профессиональной деятельности. E-mail: cher2005@mail.ru

Бабаева Эльмира Мадатовна, магистр

Ашурбекова Марьям Идрисовна, студентка

Материал и методы. Исследования проводили на базе психофизиологической лаборатории кафедры психологии развития и профессиональной деятельности Дагестанского государственного университета. В исследовании приняло участие 20 человек в возрасте от 20 до 25 лет. Интернет-зависимость определяли с помощью психодиагностического теста-опросника Г. Янга [14]. Для проведения стационарных ЭЭГ исследований использовали электроэнцефалограф-анализатор ЭЭГА-21/26 «Энцефалан-131-03». Регистрацию ЭЭГ проводили в системе отведений «10-20» по 8 каналам в положении пациента сидя. Неполаризующиеся активные электроды фиксировали на голове испытуемого с помощью специального шлема из резиновых трубок, с соблюдением симметричности и равенства межэлектродных расстояний. Референтные электроды фиксировали на мочке уха. Нейтральный электрод для выравнивания потенциалов пациента и усилителя устанавливали на лбу. Контроль подэлектродных импедансов, необходимый для качественной регистрации ЭЭГ осуществляли при пороговом значении $R_x=30$ кОм с помощью индикаторов на лицевой панели электроэнцефалографа. Электрическую активность мозга в исследуемых группах регистрировали в состоянии покоя при закрытых глазах, а также при функциональных пробах – Открытые глаза и Закрытые глаза после пробы «Открытые глаза».

Полученные ЭЭГ подвергали статистическому анализу с использованием программного обеспечения и классификатора Е.А. Жирмунской (1991), предназначенного для формализованной оценки функционального состояния головного мозга, который базируется на кодировочной таблице, состоящей из 6 признаков: главная активность (наиболее

выраженные компоненты), амплитуда биопотенциалов главной активности, характеристика альфа-активности, зональные различия, характеристика бета-активности, характеристика медленной тета и дельта-активности. На основании анализа этих 6 признаков осуществляется классификация по 5 типам: I – организованный, II – гиперсинхронный, III – десинхронный, IV – дезорганизованный (с преобладанием альфа-активности), V – дезорганизованный (с преобладанием тета- и дельта-активности).

Результаты исследований. Наши результаты показали (табл 1, рис. 1 и 2) различия ЭЭГ у интернет-зависимых и интернет-независимых лиц. Как следует из анализа данных у интернет-независимых доминирующим ритмом покоя при закрытых глазах является достаточно организованный альфа-ритм, с выраженной модуляцией по амплитуде, представленный в правой затылочной (O2) и лобной (F4) областях. Амплитуда альфа-ритма достигает 114 мкВ, при этом повышение амплитуды значительно (на 35%) в правом полушарии. Размах колебаний частоты альфа-ритма составляет 9,9-11,6 Гц, индекс выраженности – 88%. При открытых глазах отмечается четкая депрессия и дезорганизация альфа-ритма, снижение амплитуды до 57 мкВ, низкий индекс выраженности в левом полушарии по сравнению с правым (разница 28%). Появление быстрой волновой активности в состоянии покоя при открытых глазах связано с усилением бета1- и бета2-ритмов. Амплитуда бета 1- волн составляет 22 мкВ, индекс выраженности до 30%, с превышением на 24% в правом полушарии. Бета 2-активность имеет меньшие значения амплитуды (16 мкВ) и более низкий индекс выраженности (20%). Наибольшая представленность бета1- и бета2- ритмов обнаруживается в затылочном отведении справа (O2).

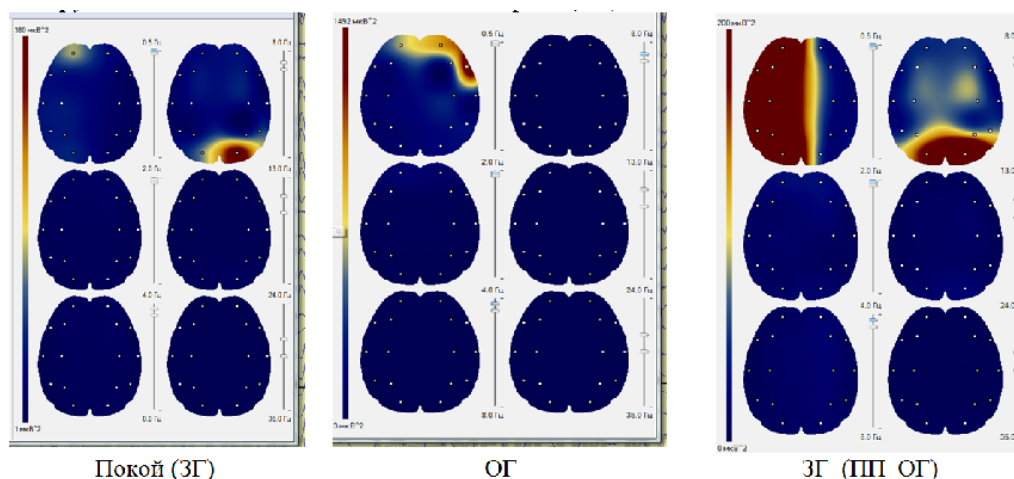


Рис. 1. Представленность амплитудных характеристик ритмов ЭЭГ у интернет-независимых лиц в покое и при различных функциональных пробах: ОГ – открытые глаза, ЗГ – закрытые глаза, ПП – после пробы

При открытых глазах в фоновой ЭЭГ интернет-независимых лиц обнаруживается медленно-волновая активность, представленная дельта1-, дельта 2- и тета-ритмами. Тета-активность с

амплитудой 66 мкВ, индексом 10% преимущественно регистрируется в переднелобных отведениях левого и правого полушарий (Fp2 и Fp1). При этом отмечается определенная дезорганизация альфа

ритма, снижение индекса выраженности до 27%. Анализ ЭЭГ у интернет-независимых лиц позволяет констатировать, что она соответствует ЭЭГ здорового человека. Такие значимые характеристики, как доминирование фоновой альфа-активности, ее организованный регулярный характер при отсутствии сенсорных раздражителей, десинхронизация альфа активности и замена ее низкоамплитудной, высокочастотной бета – активностью при открытых глазах указывают на нормальное функциональное состояние мозга (соответствующее по классификации Жирмунской 1 типу).

Особенностью ЭЭГ у интернет-зависимых лиц в состоянии покоя при закрытых глазах является дезорганизация волновой активности, доминирование бета-активности, присутствие низкоамплитудного, нерегулярного альфа-ритма, низкого

индекса с преобладанием острых волн, наиболее выраженного в левой переднелобной области. Ослабление альфа-ритма ЭЭГ отражает неуравновешенное беспокойное состояние интернет-зависимых лиц. Электрическая активность мозга здорового человека характеризуется преобладанием альфа-активности. Появление же дезорганизованного альфа-ритма с низкой амплитудой свидетельствует об ухудшении функционального состояния головного мозга [12, 13]. Характерной особенностью фоновой ЭЭГ интернет-зависимых при открытых глазах является доминирование дельта-активности в виде групп волн с амплитудой до 32 мкВ, индексом до 40% и доминирующей частотой около 1,3 Гц, отмечается значительная амплитудная (больше слева на 66%) асимметрия.

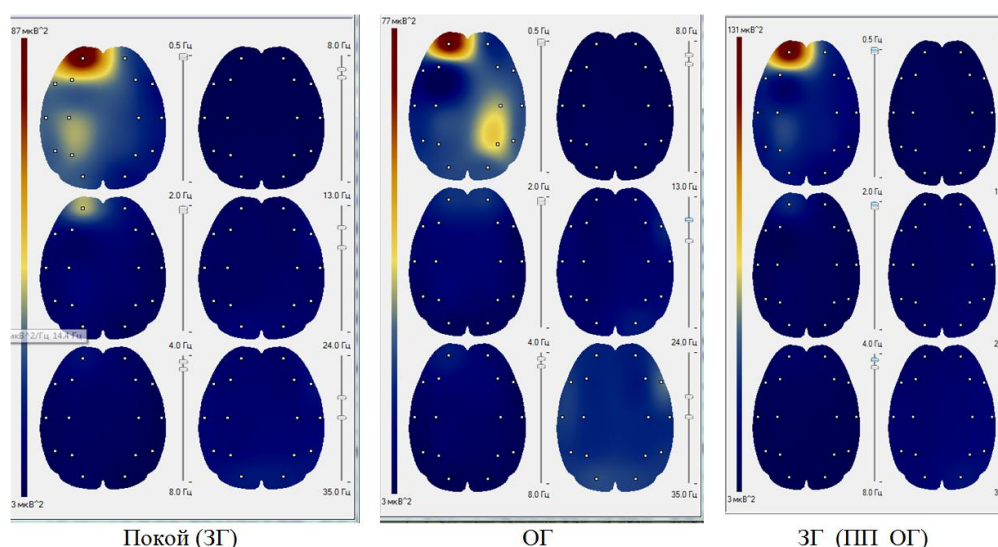


Рис. 2. Представленность амплитудных характеристик ритмов ЭЭГ у интернет-зависимых лиц в покое и при различных функциональных пробах: ОГ – открытые глаза, ЗГ – закрытые глаза, ПП – после пробы

Доминирование на ЭЭГ интернет-зависимых лиц дельта-ритма с теми же амплитудными и частотными характеристиками отмечается и при закрытии глаз. Кроме того, наблюдается тета-активность с амплитудой до 28 мкВ, индексом до 5%, наиболее выраженным в левой переднелобной области (Fp1) с незначительной амплитудной (больше слева на 22%) асимметрией.

Характерно также изменение амплитудно-частотных характеристик бета-активности. Бета-ритм наиболее выражен в правом полушарии: передневисочной, затылочн-теменной, задневисочной областях (F8, O2, P4, T6). В левом полушарии бета-активность представлена в передневисочной и затылочной областях (O2, F7, T3). Выявлены также различия в амплитудах бета 1-(18 мкВ) и бета 2-(27 мкВ) - поддиапазонов. Индекс выраженности бета 2-ритма составляет 49% и превышает таковой показатель (38%) бета 2-активности. Разброс частоты для бета 1-активности составляет 14,3-21,2 Гц, а для бета 2 -активности -28,3-33,7 Гц. Электрическая

активность мозга интернет-зависимых по классификации Жирмунской соответствует III типу - десинхронизированный.

Таблица. Показатели отношений амплитуды альфа- к тета- и дельта- ритмам при различных отведениях у интернет-независимых и интернет-зависимых лиц (n=20)

Отведения	Интернет-независимые	Интернет-зависимые
F2	4,7±0,8	0,6±0,09
F1	4,0±0,7	0,4±0,01
O2	26,7±1,2	1,4±0,07
O1	25,0±1,3	0,8±0,06
T2	7,8±0,5	1,2±0,04
T1	4,6±0,3	0,6±0,05
P2	6,8±0,9	1,1±0,02
P1	4,2±0,1	0,9±0,09
C2	4,2±0,3	0,8±0,03
C1	5,1±0,8	0,4±0,01

Для сравнительной оценки состояния функциональной активности мозга у интернет-независимых и интернет-зависимых лиц определяли показатель отношения амплитудных характеристик альфа- к тета- и дельта- ритмам, характеризующий степень стабилизации корковой активности (табл. 1).

Как видно из представленных данных, в группе интернет-зависимых по сравнению с интернет-независимыми лицами отмечается значительное нарушение стабилизации корковой активности во всех отведениях с преимущественной выраженностью в правом полушарии. Диффузный характер распределения медленной активности свидетельствует о снижении уровня бодрствования и неуравновешенности протекания процессов возбуждения и торможения в головном мозге интернет-зависимых лиц.

Наиболее характерным для интернет-зависимых лиц, по сравнению с группой контроля, является усиление выраженности медленной активности диффузно по всей коре, что свидетельствует о значительном присутствии тормозных, сомногенных влияний на формирование корковой ритмики одновременно с присутствием типовых признаков бодрствования: наличия бета-ритма в передних отделах, сохранности правильности зонального, частотного и амплитудного распределения ритма. Повышение активности медленных волн диффузно или регионарно на ЭЭГ у интернет-зависимых лиц в сочетании с другими психическими проявлениями, должно трактоваться, как проявление диссоциации уровня бодрствования, ее неоднородности. Это не противоречит регулирующему механизму восходящих активирующих и тормозящих влияний на кору головного мозга и согласуется с основными психическими признаками интернет-зависимости: снижению вниманию, расторможенности, возбудимости и т.д.

Наличие бета- активности в состоянии покоя у интернет-зависимых с высоким индексом выраженности высокочастотного бета2-поддиапазона указывает на значительную активацию мозга, которая имеет место преимущественно в правом полушарии мозга. Следует отметить, что в обоих полушариях, однако, доминирует медленная активность. Об активации правого полушария у интернет-зависимых свидетельствует также преобладание медленноволновой тета-, дельта1- и дельта2-активности в левом полушарии. Так, тета-активности с амплитудой до 28 мкВ обнаруживает больше слева на 22% амплитудную асимметрию, с индексом до 5%, выраженным в левой переднелобной области (Fp1). Дельта1-активность с амплитудой до 41 мкВ также имеет значительную, больше слева, амплитудную асимметрию, с доминирующей частотой около 1,3 Гц, индексом до 35%. Это же касается и дельта2- поддиапазона с амплитудой до 36 мкВ, значительной амплитудной, больше слева на 53% асимметрией, индексом до 11%.

Выводы: анализ ритмических составляющих ЭЭГ позволяет сделать вывод о значительной дезорганизации волновой активности у интернет-зависимых лиц при спокойном бодрствовании, смещении спектрально-амплитудных характеристик в сторону преобладания медленноволновой активности (дельта- и тета-волн) и быстрых бета-волн. Характерной особенностью ЭЭГ интернет-зависимых лиц является снижение активной реакции на функциональные пробы, а также преимущественно левополушарная локализация медленноволновой активности, что свидетельствует о неустойчивости функционального состояния мозга интернет-зависимых.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. *Войскунский, А.Е.* Актуальные проблемы зависимости от интернета // Психологический журнал. 2004. Т. 25. № 1. С. 90-100.
2. *Джолдыгулов, Г.А.* К вопросу о механизмах формирования чрезмерной увлеченности компьютерными играми / *Г.А. Джолдыгулов, Р.М. Гусманов, Ю.С. Шевченко* // Дискуссионные вопросы наркологии: профилактика, лечение и реабилитация: Мат-лы Российской науч.-практ. конф. – Иваново, 2005. С. 111-112.
3. *Дрена, М.И.* Психологический портрет личности интернет-зависимого студента // Вестник ТГПУ. 2009. №4 / <http://cyberleninka.ru/article/n/psichologicheskii-portret-lichnosti-internet-zavisimogo-studenta>.
4. *Егоров, А.Ю.* О нарушении межполушарного взаимодействия при психопатологических состояниях // Журнал эволюционной биохимии и физиологии. 2003. Т. 39. № 1. С. 41-52.
5. *Егоров, А.Ю.* К вопросу о новых теоретических аспектах аддиктологии // В кн.: Наркология и аддиктология. Сб. науч. тр. / Под. ред. проф. В.Д. Менделевича. – Казань: Школа, 2004. С. 80-88.
6. *Егоров, А.Ю.* Нехимические (поведенческие) аддикции (обзор), 2009 // <http://www.narcom.ru/cabinet/online/88.html>
7. *Жирмунская, Е.А.* Клиническая электроэнцефалография (обзор литературы и перспективы использования метода). – М.: МЭЙБИ, 1991. 120 с.
8. *Кристал, Г.* Нарушения эмоционального развития при аддиктивном поведении // Психология и лечение зависимого поведения. – М, 2007. 350 с.
9. *Малыгин, В.Л.* Интернет-зависимое поведение у подростков / *В.Л.Малыгин* и др. – М.: Мнемозина, 2014. 136 с.
10. *Менделевич, В.Д.* Психология девиантного поведения: учебн. пособ. – М., МЕДпресс. 2001. 432 с.
11. *Менделевич, В.Д.* Зависимость как психологический и психопатологический феномен (проблемы диагностики и дифференциации) / *В.Д. Менделевич, Р.Г. Садыкова* // Вестник клинической психологии. 2003. Т. 1. № 2. С. 153-158.
12. *Скоромец, А.А.* Диагностика и принципы патогенетической терапии дисциркулярной энцефалопатии. – СПб.: ЭльбиСПб, 2005. 103 с.
13. *Старшенбаум, Г.В.* Аддиктология. – СПб.: Питер-СПб, 2017. 320 с.
14. *Янг, К.* Диагноз – интернет-зависимость // Мир Internet. 2000. №2. С. 24–29.

**THE BRAIN ELECTRIC ACTIVITY AND INTERACTIONS BETWEEN HEMISPHERES
AT FORMATION OF INTERNET DEPENDENCE**

© 2017 A.I. Rabadanova, D.U. Cherkesova, E.M. Babaeva, M.I. Ashurbekova

Dagestan State University, Makhachkala

Studied the brain electrical activity and hemispheric interaction among Internet addicts and Internet independent persons. In Internet addicts during quiet wakefulness revealed a significant disruption of EEG wave activity. In the resting state present low amplitude, irregular alpha rhythm with a predominance of low index sharp waves, mainly in the left prefrontal region. EEG Internet-dependent characteristic of the displacement of spectral amplitude characteristics in the predominance of delta, teta and fast beta waves. Localization of slow-wave activity in the left hemisphere of Internet addicts in a state of rest, the presence of beta activity with a high severity index beta2-subband in the right hemisphere shows hemispheric brain activation. Unstable functional state of the brain Internet-dependent reduction is also seen in response to the active functional assays.

Key words: Internet *dependence, electroencephalogram, rhythm, disorganization, waves asymmetry*

*Amina Rabadanova, Candidate of Biology, Associate
Professor at Zoology and Physiology Department.*

E-mail: ashty06@mail.ru

*Dilara Cherkesova, Doctor of Biology, Professor at
the Department of Development Psychology and
Occupational Activity. E-mail: cher2005@mail.ru*

Elmira Babaeva, Master

Maryam Ashurbekova, Student

УДК 58.009. (470-67)

КОНЦЕНТРАЦИИ, ЗАПАСЫ И БАЛАНС ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ В ТРАВЯНЫХ ЭКОСИСТЕМАХ ПРЕДГОРНОЙ ПОДПРОВИНЦИИ ДАГЕСТАНА

© 2017 Н.И. Рамазанова, М.А. Яхияев, К.Б. Гимбатова, Ж.О. Шайхалова, В.В. Семенова

Прикаспийский институт биологических ресурсов ДНЦ РАН

Статья поступила в редакцию 09.05.2017

В работе представлены данные по видовому составу и формированию зеленой массы, ветоши, войлока и подземной массы естественным фитоценозом. Рассмотрены вопросы концентрации и накопления запасов биофильных элементов – фосфора, калия, кальция в блоках органической массы по экспозициям склонов Предгорной подпровинции Дагестана.

Ключевые слова: баланс, химические элементы, фитоценоз, экспозиция склона, блок органического вещества

В Дагестане проведено немало исследований по изучению компонентов биосферы, биологии развития различных представителей фитоценозов в горных условиях. Выполненные до сих пор исследования по рассматриваемым вопросам посвящены анализу видового состава естественных фитоценозов и технологии возделывания лугопастбищных трав [1, 2]. Горным ботаническим садом Дагестанского научного центра РАН (ГорБС ДНЦ РАН) исследованы биологические особенности различных представителей травяных и других фитоценозов [4, 5, 8]. Нами изучены видовой состав и продуктивность естественных фитоценозов по экспозициям горных склонов предгорий на экспериментальной базе «Цудахарский» ГорБС ДНЦ РАН [6, 7]. Однако исследования по концентрации и запасам химических элементов, определение их баланса в блоках органической массы, применительно к различным экспозициям склона в рассматриваемых условиях ранее не проводились.

Цель исследований: определение концентрации и транслокации запасов фосфора, калия и кальция по блокам органического вещества на северном и южном экспозициях склонов, расчет балансов этих элементов в экосистемах Предгорной подпровинции Дагестана.

Методика исследований. Исследования проводились на северном и южном экспозициях хребта Чакулабек отрогов горы Шунудаг на высоте 1000 м над уровнем моря (экспериментальная база «Цудахарский» Горного ботанического сада ДНЦ РАН). Почва южного склона – лугово-степная карбонатная среднесуглинистая на валунно-галечниковых отложениях, северного – горно-долинная лугово-степная карбонатная, среднесуглинистая на

древнеаллювиальных карбонатных суглинках. Климатические условия приведены по данным метеостанции Куппа. Исследования проводились на экспериментальных участках площадью по 100 м² в 4-х кратной повторности. Запасы надземного и подземного растительного вещества учитывались по А.А. Титляновой [12], концентрация и запасы химических элементов и компенсированности их баланса по А.А. Титляновой [12]. Определение содержания калия, кальция в растениях произведено при помощи системы капиллярного электрофореза – «Капель-105М» (в режиме определения катионов и анионов) [9]. Определение содержания фосфора в растениях проводили методом озольнения [10] с последующим определением на КФК-2МП.

Результаты и обсуждение. Речные долины Дагестана занимают 113,7 тыс. га. Это основные водосборные бассейны, где зарождается и формируется речной сток, создающий необходимые запасы воды для орошаемого земледелия республики. Характерный для засушливых долин теплый климат, без резких колебаний суточных и годовых температур, благоприятен для производства кормов и другой продукции аграрного производства. Они благоприятны для производства кормов, плодов, овощей и винограда, а также для круглогодичного пастбищного содержания овец и крупного рогатого скота. Поэтому исследование видового состава и продуктивности фитоценозов горных долин имеет актуальное значение для биологической и аграрной наук.

Нами исследована продуктивность травяных экосистем на границе предгорной (1000 м) и среднегорной (1700 м) провинций Дагестана: на Северном, Южном склонах хребта Чакулабек межгорной долины Кази-Кумухского Койсу, на территории экспериментальной базы Горного ботанического сада ДНЦ РАН. Климатические условия Предгорной подпровинции, особенно речных долин, характеризуются засушливым теплым климатом без резких колебаний суточных и годовых температур. Среднегодовая температура воздуха колеблется в пределах 10,0-10,8°C, сумма эффективных температур 3100-3300°C, годовая сумма осадков – 350-400 мм, продолжительность вегетационного периода составляет

Рамазанова Нуржаган Идрисовна, научный сотрудник. E-mail: nurjagan@yandex.ru

Гасанов Гасан Никуевич, доктор сельскохозяйственных наук, профессор. E-mail: nikuevich@mail.ru

Салихов Шамиль Курамагомедович, научный сотрудник. E-mail: salichov72@mail.ru

Яхияев Магомедпазиль Атагишиевич, младший научный сотрудник. E-mail: pazil59@mail.ru

Гимбатова Кабират Бадыровна, младший научный сотрудник

Шайхалова Жамилат Омаровна, старший лаборант

Семенова Виктория Валентиновна, старший лаборант

225-230 дней. Почвы подпровинции имеют различную мощность и слоистость профиля, не содержат вредных для растений легкорастворимых солей. Они обладают хорошими водно-физическими свойствами.

Условия увлажнения рассматриваемой территории для вегетации фитоценозов по С.А. Сапожникову [11] были «незначительно засушливыми» – 2011-2013 гг. и «влажными» – 2014-2015 гг., со значениями ГТК – 1,3-1,6. Климатические условия в 2011-2016 гг. были благоприятны для функционирования фитомассы, однако температура существенно меняется по экспозициям склонов. Снижению влажности почвы на южной экспозиции в условиях предгорий способствовали более высокие

температуры воздуха: по сравнению с северным склоном средняя температура воздуха за годы исследований повышалась на 4,3°C (18,7°C против 14,4°C).

На южном склоне доминировали: *Bothriochloa ischaemum* (L.) Keng, *Salvia canescens* C. A. Mey., *Artemisia salsoloides* Willd., *Onobrychis cornuta* (L.) Desv., *Stipa caucasica* Schmalh., *Festuca woronowii* Hack. Основными доминантами на северной экспозиции склона экспериментального участка явились: *Carex humilis* Leyss., *Elytrigia gracillima* (Nevski) Nevski, *Bothriochloa ischaemum* (L.) Keng, *Salvia canescens* C. A. Mey., *Medicago falcata* L., *Festuca woronowii* Hack. *Euphrasia tatarica* Fisch. ex Spreng. (табл. 1).

Таблица 1. Флористический состав и проективное покрытие видов на учётных площадках Цудахарской базы ГорБС ДНЦ РАН, %

№	Общий список видов	Южный склон	Северный склон
1	<i>Bothriochloa ischaemum</i> (L.) Keng	55	9,2
2	<i>Calamagrostis arundinacea</i> (L.) Roth	-	2
3	<i>Salvia canescens</i> C. A. Mey.	15	4,5
4	<i>Carex humilis</i> Leyss.	-	12,4
5	<i>Medicago falcata</i> L.	-	3,8
6	<i>Elytrigia gracillima</i> (Nevski) Nevski	-	9,6
7	<i>Festuca woronowii</i> Hack.	1,6	3,6
8	<i>Artemisia salsoloides</i> Willd.	5	-
9	<i>Pastinaca pimpinellifolia</i> Bieb.	-	0,2
10	<i>Euphrasia tatarica</i> Fisch. ex Spreng.	-	2,9
11	<i>Onobrychis cornuta</i> (L.) Desv.	2,8	-
12	<i>Stipa caucasica</i> Schmalh.	2,8	-
13	<i>Salvia verticillata</i> L.	-	2,3
14	<i>Helianthemum nummularium</i> (L.) Mill.	0,2	2,4
15	<i>Leontodon danubialis</i> Jacq.	-	0,6
16	<i>Inula britannica</i> L.	-	0,6
17	<i>Potentilla verna</i> L.	-	1,2
18	<i>Taraxacum officinale</i> Wigg.	-	2
19	<i>Festuca sclerophylla</i> Boiss. ex Bisch.	-	2
20	<i>Astragalus onobrychioides</i> Bieb.	-	2
21	<i>Satureja subdentata</i> Boiss.	-	1,8
22	<i>Astragalus alexandri</i> Char.	-	1,8
23	<i>Oxytropis dasypoda</i> Rupr. ex Boiss.	-	1,7
24	<i>Alchemilla sericata</i> Reichenb.	-	0,8
25	<i>Trifolium pratense</i> L.	-	0,4
26	<i>Filipendula vulgaris</i> Moench	-	1,4
27	<i>Cruciata humifusa</i> (Willd.) A. D. Mikheev	-	0,3
28	<i>Coronilla varia</i> L.	-	0,8
29	<i>Teucrium polium</i> L.	0,7	0,4
30	<i>Ephedra procera</i> Fisch. et C. A. Mey.	1,2	-
31	<i>Seseli alexeenkoi</i> Lipsky	-	1,2
32	<i>Juniperus oblonga</i> Bieb.	-	1
33	<i>Rosa pimpinellifolia</i> L.	-	1
34	<i>Bupleurum polyphyllum</i> Ledeb.	-	0,8
35	<i>Viola somchetica</i> C. Koch	-	0,1
36	<i>Scabiosa gumbetica</i> Boiss.	-	0,7
37	<i>Androsace villosa</i> L.	-	0,7
38	<i>Thymus collinus</i> Bieb.	-	0,2
39	<i>Anthyllis lachnophora</i> Juz.	-	0,6
40	<i>Thalictrum foetidum</i> L.	-	0,6
41	<i>Asperula alpina</i> Bieb.	-	0,6
42	<i>Gentiana grossheimii</i> Doluch.	-	0,5
43	<i>Linum tenuifolium</i> L.	-	0,4

Продолжение таблицы 1			
44	<i>Anthemis fruticulosa</i> Bieb.	-	0,4
45	<i>Juniperus oblonga</i> Bieb.	-	0,4
46	<i>Alyssum daghestanicum</i> Rupr.	0,3	-
47	<i>Campanula daghestanica</i> Fomin	-	0,2
48	<i>Thalictrum minus</i> L.	-	0,2
49	<i>Thesium ramosum</i> Hayne	-	0,2
50	<i>Rhamnus tortuosa</i> Somm. et Levier	-	0,2
51	<i>Berberis vulgaris</i> L.	-	0,2
52	<i>Teucrium chamaedrys</i> L.	-	0,2
53	<i>Thesium procumbens</i> C.A. Mey.	-	0,2
54	<i>Pinus kochiana</i> Klotzsch	-	0,2
55	<i>Fumana procumbens</i> (Dun.) Gren. et Godr.	-	0,2
56	<i>Medicago dagestanica</i> Rupr.	-	0,2
57	<i>Silene chloropetala</i> Rupr.	0,1	-
58	<i>Allium daghestanicum</i> Grossh.	0,1	-
59	<i>Polygala sosnowskyi</i> Kem.-Nath.	-	0,1
60	<i>Campanula charadzae</i> Grossh.	-	0,1
Всего видов		12	53

Важнейшей характеристикой экосистемы, которая обеспечивает прохождение биологического круговорота веществ и энергии в природе, является органическое вещество, созданное фитоценозом за единицу времени на единице площади [12]. Расчет проводится на безморозный период, поскольку вегетация естественного фитоценоза продолжается вплоть до нулевой температуры воздуха. Для расчета запасов питательных элементов в фитоценозах, их деструкции и потребления в последующем для создания новой продукции нами использованы расчеты по транслокации их по блокам органического вещества. Благоприятные, в целом, климатические условия обеспечили достижение высокой продуктивности фитоценозов в подпровинции. Но на северной экспозиции из-за относительно высокой влажности почвы урожайность вегетирующей массы повысилась на: 21,0%, ветоши – на 24,8%, степного войлока – на 33,1%, всей надземной массы – на 26,7%. Но подземная масса фитоценозов на этом склоне повышается на относительно меньшую величину – всего на 8,5%. Вызвано это тем, что соотношение подземной массы к надземной на этом склоне на 0,7 меньше, чем на южной, и составляет 4,9 (табл. 2).

Таблица 2. Накопление надземной и подземной фитомассы в блоках органического вещества по экспозициям склонов Предгорной подпровинции, 2011-2016 гг., кг/га в сутки

Блок органического вещества	Экспозиция склона	
	северная	южная
зеленая масса	11,5	9,5
ветошь	20,1	16,1
войлок	17,3	13,0
вся надземная масса	48,9	38,6
живая подземная масса	124,2	111,1
мертвая подземная масса	82,0	78,9
вся подземная масса	206,2	190,0
вся фитомасса	255,1	228,5
доля подземной массы в общей фитомассе, %	80,8	83,1

Биогенные элементы – фосфор, калий, кальций играют важную физиологическую роль в растениях. Фосфор необходим для синтеза нуклеиновых кислот, фосфолипидов и ряда коферментов [12], калий – в регуляции осмотических процессов и в поддержании структуры и активности протоплазмы [12], кальций находится в растениях в основном в клеточных оболочках, связываясь с пектиновой кислотой в виде соли, содействует регуляции роста [12]. Максимальная концентрация фосфора в фитомассе содержится в блоке «зеленая масса» – 0,18%. В ветоши она снижается в три раза, в войлоке – на 36%, в подземных органах – в 2,3 раза (табл. 3).

Таблица 3. Концентрация (% от сухой массы) химических элементов в фитомассе по гипсометрическим отметкам, экспозициям склонов предгорной подпровинции (2011-2016 гг.)

Блок органического вещества	Элемент	Концентрация	
		северный склон	южный склон
зеленая масса, G	фосфор	0,18	0,18
	калий	2,43	2,72
	кальций	0,39	0,46
ветошь, D	фосфор	0,06	0,06
	калий	0,42	0,43
	кальций	0,48	0,48
войлок, L	фосфор	0,12	0,12
	калий	0,42	0,45
	кальций	1,12	1,17
в подземных органах, R + V	фосфор	0,08	0,09
	калий	0,52	0,54
	кальций	1,20	1,18

Относительное содержание калия также много в зеленой массе – в 5,8-6,5 раза больше, чем в ветоши и войлоке, в 4,7-5,0 раз – чем в подземной фитомассе. Это, безусловно, связано с физиологической ролью этого элемента в поддержании структуры и активности протоплазмы [12]. Но максимальная концентрация кальция отмечено в войлоке и

корневой массе. В зеленой массе по сравнению с корневой, она снижается в 2,6-3,1 раза, в ветоши – в 2,5 раза. Что касается концентрации биофильных элементов по экспозициям склонов, то существенных отклонений по этому признаку нами не обнаружено, за исключением случая увеличения ее в зеленой массе на южном склоне на 0,29%. Отношение Са:К значительно меняется в разных блоках. Оно составляет всего 0,2% в надземной фитомассе и увеличивается до 2,9% в подстилке и в корневой массе.

Подстилка, в которой интенсивно протекают микробиологические процессы, и где деструкция органического вещества сопровождается его синтезом, служит биохимическим барьером, задерживающим химические элементы. Для того, чтобы оценить дифференциацию химических элементов между надземной и подземной фитомассой, вычисляют

величину отношений зеленой массы к подземной фитомассе, показывающего, во сколько раз подземные органы обеднены или обогащены каким-либо элементом по сравнению с надземными. В наших исследованиях подстилка оказалась богаче химическими элементами, чем ветошь, из которой она формируется. Отмечена также большая концентрация калия и фосфора в надземной фитомассе, кальция – в подземных органах. Запасы перечисленных химических элементов в фитомассе является функцией накопленного органического вещества и концентрации этих элементов. На южном склоне запасы химических элементов в фитомассе снижается, и составляют: по фосфору – 95,5%, калию – 93,6%, кальцию – 79,8% по отношению к их запасам на северной экспозиции склона, а суммарные запасы всех трех элементов – 85,2% (табл. 4).

Таблица 4. Запасы (кг/га) химических элементов в фитомассе по гипсометрическим отметкам, экспозициям склонов предгорной подпровинции (2011-2016 гг.)

Блок органического вещества	Элемент	Запасы	
		северный склон	южный склон
зеленая масса, G	фосфор	2,1	1,7
	калий	27,9	25,8
	кальций	4,5	4,4
ветошь, D	фосфор	1,2	1,0
	калий	8,4	6,9
	кальций	9,6	7,7
войлок, L	фосфор	2,1	1,6
	калий	7,3	5,8
	кальций	19,4	14,6
в подземных органах, R + V	фосфор	16,5	17,1
	калий	107,2	102,6
	кальций	247,4	224,2

Максимальное количество во всей надземной массе на северном склоне отмечено кальция – 280,9 кг/га, калия выносятся 150,8 кг, фосфора – 22,4 кг/га. С учетом полученных данных нами составлены балансы этих элементов в травяных экосистемах. По каждому из них получены положительные показатели на обеих экспозициях склонов с учетом в приходной части количества элемента, закреп-

ленного в ветоши, и, возвращенное в почву. На северной экспозиции склона скомпенсированность баланса составила по: фосфору – 25,1%, калию – 2,0%, кальцию – 9,0% (табл. 5). На южной экспозиции склона эти показатели снизились соответственно до 17,3; 3,3 и 1,0%. Средний показатель скомпенсированности трех элементов на северной экспозиции составил 11,4%, на южной 7,2%.

Таблица 5. Баланс фосфора, калия и кальция в естественных фитоценозах по экспозициям склонов среднегорной провинции Дагестана

Показатели	Экспозиция склонов					
	северная			южная		
	P	K	Ca	P	K	Ca
Всего потреблено	21,9	150,8	280,9	21,4	141,1	250,9
Закреплено в ветоши	1,2	8,4	8,8	1,0	6,9	12,4
Возвращено в почву:						
-выщелочено из надземных органов	1,5	18,4	0,0	0,7	18,4	0,0
-выделено прижизненно:						
- из подземных органов	1,8	14,0	15,0	1,8	14,0	15,0
-при разложении войлока	2,1	7,3	17,1	1,6	5,8	31,9
-при разложении подземных органов	16,5	107,2	247,4	17,1	102,6	224,2
Всего	21,9	146,9	279,5	21,2	140,8	244,6
Баланс	+5,5	+3,0	+2,6	+3,7	+4,7	+2,4

Выводы: в условиях Предгорной подпровинции Дагестана процессы прихода и убыли растительного вещества относительно сбалансированы на обеих экспозициях склонов. На них также складывается скомпенсированный баланс всех трех биофильных элементов. На северной экспозиции склона Предгорной подпровинции Дагестана накапливается 48,9 кг/га сутки надземной и 206,2 кг/га сутки подземной органической массы, или соответственно на 26,7% и 8,5% больше, чем на южной экспозиции. Возврат в почву фосфора на северной экспозиции склона превышает потребление фитocenозом на 5,5%, калия – на 2,0%, кальция – на 9,0%, на южной экспозиции соответственно на 17,3%, 3,3 и 1,0%. Полученные результаты могут быть положены в основу научного прогноза устойчивости и продуктивности экосистем подпровинции по экспозициям склонов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. *Атаев, З.В.* Ландшафтная структура Предгорного Дагестана «антропогенные ландшафты», структура, методы и прикладные аспекты изучения. – Воронеж: изд.-во Воронежского университета, 1988. С. 79-89.
2. *Базилевич, Н.И.* Биотический круговорот на пяти континентах: азот и зольные элементы в природных наземных экосистемах / *Н.И. Базилевич, А.А. Титлянова*. – Новосибирск: изд.-во СО РАН, 2008. 380 с.
3. *Баламирзоев, М.А.* Почвы Дагестана. Экологические аспекты их рационального использования / *М.А. Баламирзоев, Э.М.-Р. Мирзоев, А.М. Аджиев, К.Г. Муфараджев*. – Махачкала: Дагкнигоиздат, 2008. 336 с.
4. *Габимова, А.Р.* Фенология развития интродуцированных видов жимолости на Гунибской базе Горного ботанического сада / *А.Р. Габимова, М.А. Газиев, З.М. Асадуллаев* // Мат-лы 7 междунар. конф. «Биологическое разнообразие Кавказа». – Теберда, 2005. С. 39-41. *Гамзатова М.З.* Межпопуляционная дифференциация *Trifolium campestre* Schreb по высотному градиенту в условиях Дагестана / *М.З. Гамзатова, А.Д. Хабибов* // Мат-лы 7 междунар. конф. «Биологическое разнообразие Кавказа». – Теберда, 2005. С. 53-55.
5. *Гасанов, Г.Н.* Видовой состав и продуктивность горно-долинных фитocenозов Дагестана / *Г.Н. Гасанов, Н.И. Рамазанова, К.М. Гаджиев* // Известия ДГПУ. 2014. № 3. С. 35-42.
6. *Гасанов, Г.Н.* Продуктивность горно-долинных почв Дагестана / *Г.Н. Гасанов, Н.И. Рамазанова, К.М. Гаджиев* // Горное сельское хозяйство. 2015. № 1. С. 34-39.
7. *Дибиров, М.Д.* Результаты интродукционных исследований малораспространенных кормовых растений в Гунибском плато / *М.Д. Дибиров, А.М. Мусаев, Г.А. Абдулкадырова* // Мат-лы 7 междунар. конф. «Биологическое разнообразие Кавказа». – Теберда, 2005. С. 52-53.
8. *Комарова, Н.В.* Практическое руководство по использованию систем капиллярного электрофореза «КАПЕЛЬ» / *Н.В. Комарова, Я.С. Каменцев*. – СПб., 2006. 212 с.
9. *Ягодин, Б.А.* Практикум по агрохимии / *Б.А. Ягодин, И.П. Дерюгин* и др. – М.: Агропромиздат, 1987. 512 с.
10. *Сапожников, С.А.* Агроклиматические ресурсы Дагестанской АССР. – Л.: Гидрометиздат, 1975. 11 с.
11. *Титлянова, А.А.* Продуктивность травяных экосистем «Биологическая продуктивность травяных экосистем». – Новосибирск: «Наука», Сибирское отделение, 1988. С. 109-127.

CONCENTRATIONS, STOCKS AND BALANCE OF CHEMICAL ELEMENTS IN THE HERBAL ECOSYSTEMS OF DAGESTAN PREMOUNTAIN SUB-PREVENTION

© 2017 N.I. Ramazanova, G.N. Gasanov, Sh.K. Salikhov, M.A. Yakhiyaev, K.B. Gimbatova, Zh.O. Shaikhalova, V.V. Semenova

PreCaspian Institute of Biological Resources DSC RAS

The paper presents data on the species composition and formation of green mass, rags, felt and ground mass by a natural phytocenosis. The problems of concentration and accumulation the stocks of biophilic elements - phosphorus, potassium, calcium in blocks of organic mass on the exposures of the slopes of the Piedmont subprovince of Dagestan are considered.

Key words: *balance, chemical elements, phytocenosis, slope exposition, block of organic matter*

Nurgazhan Ramazanova, Research Fellow. E-mail: nurjagan@yandex.ru

Gasan Gasanov, Doctor of Agriculture, Professor.

E-mail: nikuevich@mail.ru

Shamil Salikhov, Research Fellow. E-mail:

salichov72@mail.ru

Magomedpazil Yakhiyaev, Minor Research Fellow.

E-mail: pazil59@mail.ru

Kabirat Gimbatova, Minor Research Fellow

Zhamilat Shaikhalova, Senior Laboratory Assistant

Viktoriya Semenova, Senior Laboratory Assistant

УДК 631.4

ТЕМПЕРАТУРНЫЙ РЕЖИМ ИЛЛЮВИАЛЬНО-ГУМУСОВЫХ ПОДЗОЛОВ КОЛЬСКОГО ПОЛУОСТРОВА

© 2017 О.В. Решоткин, О.И. Худяков

Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН, г. Пушкино

Статья поступила в редакцию 22.05.2017

Проведено исследование температурного режима иллювиально-гумусовых подзолов центральной части Кольского полуострова. Выявлены тенденции изменений температуры воздуха и почвы, осадков и снежного покрова за период 1932-2016 гг. Установлено, что для современного периода характерно потепление почвенного и атмосферного климата, сопровождающееся увеличением осадков и уменьшением высоты снежного покрова.

Ключевые слова: климат, изменение, температурный режим, почва

Температурным режимом почвы называют распределение температуры в почвенном профиле и непрерывные изменения этого распределения во времени [1]. Исследование температурного режима подзолов Кольского полуострова представляет значительный интерес для познания почвообразовательного процесса на Европейском Севере. Особую актуальность изучение температуры почв приобретает в связи с современным изменением климата, которое ведёт к изменению температурного режима почв, смене растительных ассоциаций и изменению ландшафтного облика территории. Температура почвы является чувствительным климатическим индикатором. Она играет важную роль во всех физических, биологических и микробиологических процессах, происходящих в почве. Температурный режим почв и климат лесной зоны Кольского полуострова ранее рассматривался в работах [2-4].

Цель работы: охарактеризовать основные параметры температурного режима иллювиально-гумусовых подзолов Кольского полуострова и выявить тенденции изменения почвенного и атмосферного климата в современный период.

Объекты и методы исследований. Для изучения температурного режима иллювиально-гумусовых подзолов нами использованы данные наблюдений на метеостанции Краснощелье, расположенной в Ловозерском районе Мурманской области [5, 6]. Метеостанция основана в 1932 г. Координаты станции 67,35° с.ш. и 37,05° в.д., высота 157 м. Краснощелье расположено в центральной части Кольского полуострова на левом берегу р. Поной. Рельеф равнинный. В геоморфологическом отношении изучаемая территория относится к центральной болотистой равнине, занимающей верхнее и среднее течение р. Поной [7]. Растительность окрестностей Краснощелья представлена северотажными сосново-берёзовыми лишайниково-зеленомошными и лишайниковыми лесами и болотами. В почвенном покрове преобладают подзолы мало-мощные иллювиально-гумусовые, торфяно-глеевые

и торфяно-болотные почвы [8]. В соответствии с картой почвенно-экологического районирования Российской Федерации [9] Краснощелье расположено в Кольско-Карельской провинции подзоны глееподзолистых почв, глеезёмов и подзолов северной тайги. Исследуемая почва – подзол иллювиально-гумусовый песчаный.

Результаты и обсуждение. Климатическая норма (КН) среднегодовой температуры воздуха, рассчитанная за период 1961-1990 гг. для метеостанции Краснощелье отрицательная и составляет -1,6°C. За весь период наблюдений (1932-2016 гг.) среднегодовая температура воздуха варьирует от -4,1 до +1,5°C. Тёплый период года (месяцы с положительной средней месячной температурой) продолжается 5 месяцев (май-сентябрь). Температура самого тёплого месяца (июль) 13,2°C. Холодный период продолжается 7 месяцев (октябрь-апрель). Температура самого холодного месяца (январь) -14,7°C. Краснощелье, расположенное в Понойской депрессии, является одним из самых холодных мест Кольского полуострова. Минимальная температура воздуха, зафиксированная 8 февраля 1946 г. составляет -48,8°C. Климат центральной части Кольского полуострова отличается большей континентальностью, чем на побережьях. Годовая амплитуда температуры воздуха в Краснощелье 27,9°C.

Характерной особенностью климатических колебаний температуры воздуха на Севере России в XX – начале XXI в. является смена периодов похолоданий и потеплений. Начало наблюдений за температурой воздуха в Краснощелье (1930-е гг.) пришлось на потепление, известное в климатической литературе как «период потепления Арктики». Начиная с 1940-х гг. среднедесятилетняя температура воздуха начала снижаться, достигнув минимума в 1960-е гг. (рис. 1). Затем среднедесятилетняя температура воздуха непрерывно повышалась, сначала очень медленно, а начиная с 1990-х гг. отмечается быстрый рост температуры воздуха. В 2000-е гг. среднедесятилетняя среднегодовая температура воздуха сравнялась с уровнем 1930-х гг., а в 2011-2016 гг. превысила его на 0,9°C достигнув максимума за весь период наблюдений.

Решоткин Олег Владимирович, кандидат биологических наук, научный сотрудник. E-mail: reshotkin@rambler.ru
Худяков Олег Иванович, доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник. E-mail: oix@rambler.ru

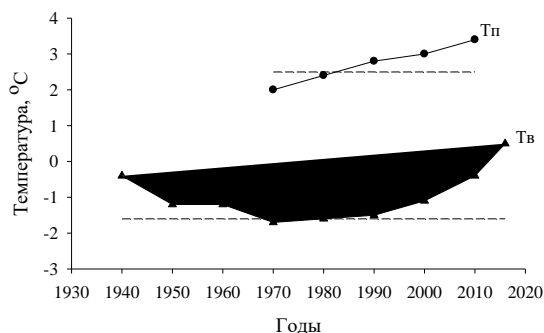


Рис. 1. Изменение среднегодовой температуры воздуха (Тв) и температуры почвы на глубине 80 см (Тп) по десятилетиям. Пунктирными линиями показана климатическая норма температуры воздуха и почвы

Начало XXI века стало самым тёплым за весь период наблюдений во все сезоны года. Среднегодовая температура воздуха за период 2001-2010 гг. превысила климатическую норму 1961-1990 гг. на 1,2°C, а за период 2011-2016 гг. на 2,1°C. В разные сезоны года температура воздуха увеличилась неодинаково. За период 2001-2010 гг. наибольшее повышение температуры воздуха наблюдается в зимний сезон, а за период 2011-2016 гг. в зимний и весенний сезоны. За оба периода наименьшее повышение температуры воздуха наблюдается в летний сезон.

Исследуемая территория относится к зоне избыточного увлажнения. Среднегодовое количество осадков за период 1961-2015 гг. варьирует от 364 до 700 мм при климатической норме 505 мм. В

течение года осадки выпадают неравномерно (рис. 3). Наибольшее их количество за период 1961-1990 гг. (КН) приходится на лето (184 мм) и осень (142 мм), что составляет соответственно 36 и 28%. На весну приходится 93 мм или 19%, а на зиму 83 мм или 17% осадков. Сумма осадков за вегетационный период (май-сентябрь) 273 мм.

За период 2001-2010 гг. среднегодовое количество осадков увеличилось относительно КН на 26 мм, а за период 2011-2015 гг. на 50 мм. В распределении осадков по десятилетиям отмечается тенденция чередования относительно сухих и влажных периодов. В 1970-1980-е гг. среднеседесятилетнее количество осадков было ниже, а в 1960-е и 1990-2010-е гг. выше климатической нормы.

Устойчивый снежный покров в Краснощелье образуется в октябре. За период 1961-1990 гг. средняя декадная высота снежного покрова, начиная со второй декады октября, превышает 1 см и непрерывно увеличивается в течение всей зимы, достигая максимума 57,9 см в первой декаде апреля (рис. 2). Со второй декады апреля высота снежного покрова начинает быстро уменьшаться и в третьей декаде мая она становится меньше 1 см, происходит сход снежного покрова. Таким образом, поверхность почвы покрыта снегом в течение 8 месяцев (октябрь-май), а период без снежного покрова продолжается всего 4 месяца (июнь-сентябрь). Достаточно мощный и продолжительный снежный покров, защищает почву от более глубокого промерзания в условиях длительного зимнего периода с низкими отрицательными температурами воздуха.

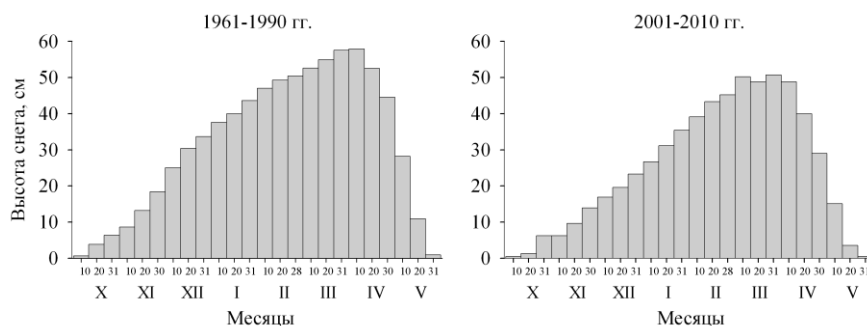


Рис. 2. Средняя декадная высота снежного покрова

В первое десятилетие XXI века наблюдается уменьшение средней высоты снежного покрова относительно климатической нормы 1961-1990 гг. абсолютно во все декады периода со снежным покровом. В среднем высота снежного покрова уменьшилась на 7 см. Более всего (на 12-16 см) она уменьшилась во второй и третьей декадах апреля – первой декаде мая. За 85-летний период наблюдений 1932-2016 гг. средняя из наибольших декадных высот снежного покрова варьирует от 34,4 до 100,8 см при климатической норме 62,0 см. Анализ среднеседесятилетних средних из наибольших декадных высот показывает тенденцию чередования малоснежных и многоснежных периодов. Самыми малоснежными были 1930-е гг. Затем наступил относительно многоснежный период 1940-1950-х гг., который

сменился малоснежным периодом 1960-х гг. В период 1970-1990-х гг. происходило увеличение высоты снежного покрова. 1990-е гг. стали самыми многоснежными за весь период наблюдений. В современный период (2001-2016 гг.) вновь происходит уменьшение мощности снежного покрова.

Среднегодовая температура почвы положительная и составляет на глубинах 20 и 40 см 2,4°C (КН), что выше среднегодовой температуры воздуха на 4,0°C. С глубиной она незначительно увеличивается до 2,5°C на глубине 80 см, 2,7°C на 160 см и 2,8°C на 320 см. За период 2001-2010 гг. среднегодовая температура почвы увеличилась относительно климатической нормы на всех глубинах. На глубинах 20, 40 и 80 см она увеличилась на 0,9°C, на 160 см на 0,8°C, а на 320 см на 0,7°C.

Начиная с 1970-х гг. среднедесятилетняя среднегодовая температура почвы изменялась синхронно температуре воздуха, постоянно увеличиваясь на всех глубинах, каждое последующее десятилетие (рис. 1). Продолжительность тёплого периода (с положительной температурой почвы) на глубине 20 см 6 месяцев (май-октябрь). С глубиной она увеличивается до 6,5 месяцев на 40 см, 8 месяцев на 80 см и 12 месяцев на 160 и 320 см. Продолжительность холодного периода на глубине 20 см равна продолжительности тёплого периода и составляет также 6 месяцев (ноябрь-апрель). С глубиной она уменьшается до 5,5 месяцев на 40 см и 4 месяцев на 80 см. На

глубинах 160 и 320 см холодный период отсутствует. В 2001-2010 гг. продолжительность холодного периода уменьшилась относительно климатической нормы на глубине 20 см на 1 месяц, на 40 см на 1,5 месяца, а на 80 см на 2 месяца. Годовой ход температуры почвы на глубине 20 см за период 1961-1990 гг. характеризуется максимумом (11,5°C) в июле и минимумом в феврале (-3,3°C). В 2001-2010 гг. среднемесячная температура почвы на глубине 20 см увеличилась в июле до 13,0°C, а в феврале до -1,6°C, что выше климатической нормы соответственно на 1,5 и 1,7°C (рис. 3).

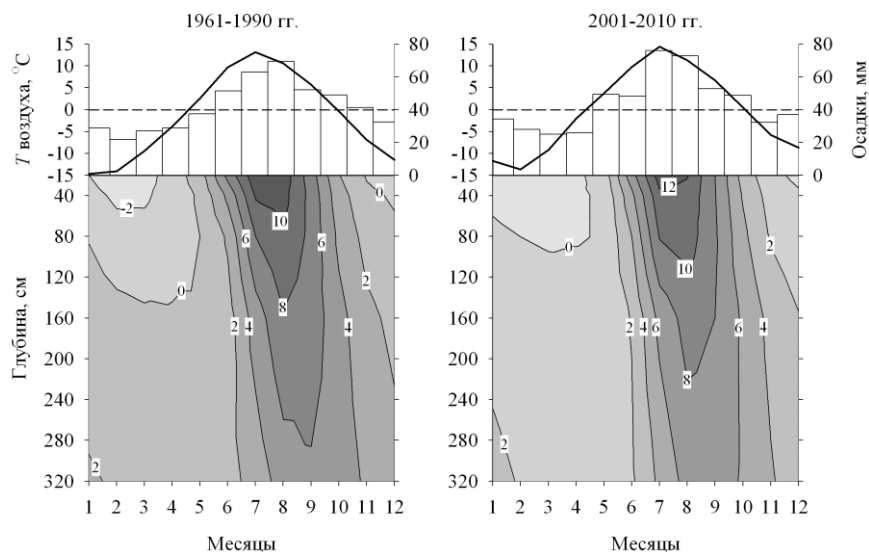


Рис. 3. Годовой ход температуры воздуха, осадков и температуры почвы

При общей тенденции увеличения температуры почвы в первое десятилетие XXI века на всех глубинах во все сезоны года имеются некоторые различия. На глубинах 20 и 40 см среднемесячная температура почвы увеличилась относительно климатической нормы достаточно равномерно во все сезоны года (на 0,7-1,1°C). Больше всего она увеличилась в июле и феврале-марте (на 1,3-1,7°C). На глубинах 80 и 160 см наибольшее увеличение температуры почвы приходится на летний сезон (на 1,2-1,7°C). На глубине 320 см среднемесячная температура почвы наиболее значительно увеличилась в июле-сентябре (на 1,3-1,8°C), в то время как в январе-мае она увеличилась всего на 0,2°C. Время наступления максимальных и минимальных значений средней месячной температуры с увеличением глубины запаздывает на 2-3 месяца. На глубинах 40, 80 и 160 см максимум средней месячной температуры приходится на август, а на 320 см на сентябрь. Минимум средней месячной температуры приходится на глубине 40 см на февраль, на 80 см на март, на 160 см на апрель, а на 320 см на май.

Амплитуды температур почвы характеризуют степень континентальности почвенного климата. Годовая амплитуда температуры почвы на глубине 20 см 14,8°C. С увеличением глубины амплитуда колебаний температуры постепенно затухает. На глубине 40 см она уменьшается до 13,1°C, на 80 см до 11,1°C, на 160 см до 7,6°C, а на 320 см до 4,6°C. В

исследуемой песчаной и более сухой почве с увеличением глубины от 20 до 320 см амплитуда годового колебания почвы уменьшается в 3,2 раза. В почвах Кольского полуострова с повышенным влагосодержанием а, следовательно, и большой теплоёмкостью затухание годовой амплитуды выражено сильнее [3].

Исследуемые почвы характеризуются длительным сезонным промерзанием. Интенсивность промерзания почвы зависит от температуры воздуха в зимний период и от высоты снежного покрова. Наибольшее влияние на промерзание почвы оказывает сочетание этих факторов, сложившееся в начале зимы. О глубине промерзания мы можем судить по глубине проникновения температуры 0°C в почву, хотя между этими величинами и есть некоторое различие. Глубина проникновения температуры 0°C в почву больше глубины промерзания почвы. Определение максимальной глубины проникновения температуры 0°C в почву проводили по суточным показаниям термометров путем интерполяции между температурами двух соседних глубин, на одной из которых среднесуточная температура положительна, а на другой отрицательна. На максимальную глубину температура 0°C проникает в почву в марте-апреле. За отдельные годы периода 1977-2011 гг. максимальная глубина проникновения температуры 0°C в почву варьирует от 72 до 227 см при среднем значении 122 см (рис. 4). За данный

период наблюдается тенденция уменьшения глубины проникновения температуры 0°C в почву, связанная с увеличением температуры воздуха в зимний период.

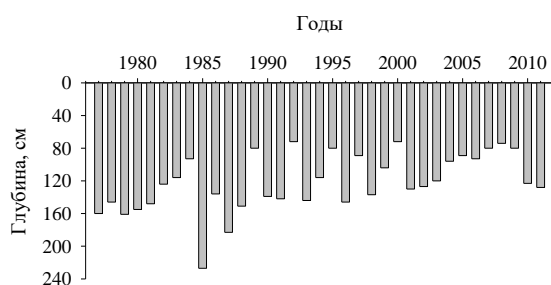


Рис. 4. Максимальная глубина проникновения температуры 0°C в почву.

Зависимость между глубиной проникновения температуры 0°C в почву и температурой воздуха можно проследить на следующем примере. На наибольшую глубину (227 см) температура 0°C проникла в почву в 1985 г. В этом году наблюдались аномально низкие среднемесячные температуры воздуха в январе (-25,0°C) и феврале (-22,5°C), что привело к сильному выхолаживанию почвы, чему также способствовала относительно небольшая высота снежного покрова (30-37 см) в эти два месяца. Среднемесячная температура почвы на глубине 20 см в январе (-5,2°C) и феврале (-8,2°C) была значительно ниже климатической нормы.

За период 1961-1990 гг. (КН) средняя глубина проникновения температур выше 10°C в почву составляет 71 см. За период 2001-2010 гг. она увеличилась на 45 см до 116 см (рис. 3). На максимальную глубину температура 10°C проникает в почву в августе. Продолжительность периода с температурой почвы выше 10°C на глубине 20 см около 2 месяцев. Глубина проникновения температур выше 5°C в почву превышает 320 см, а продолжительность периода с температурой почвы выше 5°C на глубине 20 см составляет 4 месяца. Температуры выше 15°C на глубине 20 см наблюдаются в летний сезон лишь в отдельные дни и годы.

Температурный режим исследованных песчаных иллювиально-гумусовых подзолов Кольского полуострова по классификации В.Н. Димо [10] относится к длительно сезоннопромерзающему типу. Согласно классификации климата мерзлотных и

холодных почв [11] за период 1961-1990 гг. климат летней климатической стадии исследуемых почв характеризуется как холодный, осенней стадии как очень холодный, а зимней и весенней стадий как умеренно мерзлотный. В начале XXI века климат осенней, зимней и весенней климатических стадий, несмотря на потепление, остался в пределах тех же классификационных групп, а в летнюю стадию сменился с холодного на более тёплый умеренно холодный.

Выводы: современное потепление климата ведёт к изменению температурного режима иллювиально-гумусовых подзолов Кольского полуострова. Наблюдается увеличение температуры почвы по всему почвенному профилю, уменьшение глубины проникновения температуры 0°C в почву, увеличение продолжительности тёплого периода. Потепление атмосферного и почвенного климата сопровождается увеличением осадков и уменьшением высоты снежного покрова.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Полевые и лабораторные методы исследования физических свойств и режимов почв. Методическое руководство / Под ред. *Е.В. Шеина*. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 2001. 200 с.
2. Агроклиматические ресурсы Мурманской области. – Л.: Гидрометеоиздат, 1971. 91 с.
3. *Яковлев, Б.А.* Климат Мурманской области. – Мурманск: Мурманское книжное изд-во, 1961. 200 с.
4. *Семко, А.П.* Гидротермический режим почв лесной зоны Кольского полуострова. – Апатиты: Изд-во Кольского филиала АН СССР, 1982. 144 с.
5. Метеорологический ежемесячник СССР. – М., 1966-1990 гг. Вып. 2. Ч. II.
6. <http://www.meteo.ru>.
7. *Рихтер, Г.Д.* Север Европейской части СССР. – М.: Географгиз, 1946. 192 с.
8. Атлас Мурманской области. – М.: ГУТК, НИГЭИ ЛГУ, 1971. 34 с.
9. Карта почвенно-экологического районирования Российской Федерации. Масштаб 1:2 500 000 / Под ред. *Г.В. Добровольского, И.С. Урусевской*. – М.: Талка+, 2013.
10. *Димо, В.Н.* Тепловой режим почв СССР. – М.: Колос, 1972. 360 с.
11. *Худяков, О.И.* Динамика температуры песчаных и суглинистых почв лесотундры Полярного Урала в связи с изменением климата / *О.И. Худяков, О.В. Решоткин* // Почвоведение. 2014. № 12. С. 1467-1482.

TEMPERATURE REGIME OF HUMUS-ILLUVIAL PODZOLS OF THE KOLA PENINSULA

©2017 O.V. Reshotkin, O.I. Khudyakov

Institute of Physical, Chemical and Biological Problems of Soil Science RAS, Pushchino

The temperature regime of humus-illuvial podzols in the central part of the Kola Peninsula was studied. Tendencies of changes in air and soil temperature, precipitation and snow cover over the period 1932-2016 have been revealed. It is established that for the present period the warming of the soil and atmospheric climate is characteristic, accompanied by an increase in precipitation and a decrease in the height of the snow cover.

Key words: *climate, changes, temperature regime, soil*

Oleg Reshotkin, Candidate of Biology, Research Fellow. E-mail: reshotkin@rambler.ru; Oleg Khudyakov, Doctor of Biology, Leading Research Fellow. E-mail: oix@rambler.ru

УДК 504.73:574.45:581.93

ОСОБЕННОСТИ РАСЧЕТА ОБЩЕЙ РЕКРЕАЦИОННОЙ ЕМКОСТИ И СРЕДНЕЙ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ПРОДУКТИВНОСТИ В УСЛОВИЯХ ЗЕЛеноЙ ЗОНЫ «БОЛЬШОГО ВЛАДИВОСТОКА» (ПРИМОРСКИЙ КРАЙ)

© 2017 Н.Г. Розломий

Федеральный научный центр биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии, Горнотаежная станция имени В.Л. Комарова ДВО РАН

Статья поступила в редакцию 07.03.2017

В соответствии с программой «Большой Владивосток» рассчитана экологическая продуктивность лесов зеленой зоны Владивостокской агломерации.

Ключевые слова: зеленая зона, Владивостокская агломерация, рекреация, общая рекреационная емкость, средняя экологическая продуктивность, общая экологическая емкость

В настоящее время в Российской Федерации четко оформилась государственная политика, направленная на ускоренное развитие Дальнего Востока и Прибайкалья, подкрепленная значительными финансовыми ресурсами и сформулированная в «Стратегии развития Дальнего Востока и Байкальского региона до 2025 года». По программе «Большой Владивосток» вокруг территории Владивостока в пределах системы городов, образующих в перспективе Владивостокскую городскую агломерацию (города - Артем, Большой Камень, Находка, Уссурийск и Партизанск), создается промышленный пояс, и здесь необходимо грамотно сформировать «зеленые пояса» городов.

Сегодня уделяется значительное внимание рекреационной роли леса. На территории государственного лесного фонда (зеленые зоны) организуют санатории, дома отдыха, кемпинги. Для большинства жителей Приморского края сбор недревесной продукции и активный отдых на природе - главные составляющие системы рекреации. Общая нагрузка на лес сильно увеличивается в связи с развитием промышленного комплекса и ростом городского населения. Именно поэтому сейчас устанавливаются нормы предельно допустимых нагрузок, и проводится ряд мер по упорядочению пребывания людей в лесу. Леса в Приморском крае произрастают на площади 13,3 млн. га, что составляет 81% территории края. Из них 11,3 млн. га произрастают на землях лесного фонда и находятся в ведении Департамента лесного хозяйства Приморского края [3]. Зеленые зоны городов Владивостокской агломерации входят в состав Владивостокского лесничества, которое входит в состав краевого государственного казенного учреждения «Приморское лесничество». Границы лесничества определены Приказом Рослесхоза от 29.06.2007 N 313 «Об определении количества лесничеств на территории Приморского края и установлении их границ».

На территории «Большого Владивостока» можно выделить:

- лиственничники с примесью дуба монгольского и березы даурской;

- сосново-широколиственные леса (Островное лесничество);

- чернопихтово-широколиственные леса (верхняя часть бассейна реки Кедровой, Артемовское участковое лесничество, кварталы 143, 144, 145; участок пихты цельнолистной - Садгородское участковое лесничество, квартал 87);

- рощи тиса остроколючного (Нежинское участковое лесничество, квартал 33 выдел 9; квартал 14 выделы 6,7,8);

- многовидовые широколиственные влажные леса (Надеждинское, Раздольнинское, Островное лесничества);

- долинные широколиственные леса (Раздольнинское участковое лесничество);

- ясенево-лиственные леса (Садгородское, Нежинское участковые лесничества);

- дубовые леса (дубняки) на территории всех лесничеств «Большого Владивостока»;

- кленово-липовые леса (Лазурное, Надеждинское участковые лесничества);

- желтоберезовые леса (желтоберезники) в Артемовском участковом лесничестве.

В границах Владивостокского лесничества встречается более 60 видов древесных пород, 20 из которых могут образовывать насаждения преобладанием этих видов. В основном это лиственные породы и среди них по занимаемой площади дуб монгольский является безусловным лидером (более 50% площади [2]. В настоящее время на юге Дальнего Востока значительные площади лесов с преобладанием мягколиственных пород (Владивостокский, Уссурийский и Артемовский городские округа).

Цель работы: показать особенности рекреационной нагрузки в условиях зеленой зоны городов Владивостокской агломерации.

Методика исследования. Объекты исследований - зеленые зоны городов Владивостокской агломерации. Методика расчета экологической рекреационной емкости разработана М.Т. Сериковым и др. [5, 6]. В ее основе лежит характеристика стадий рекреационной дигрессии в результате рекреационного воздействия.

Анализ, обобщение и разъяснение полученных данных. Экологическая рекреационная емкость - это нагрузка на среду, не выводящая насаждения за пределы устойчивого состояния. Это

Розломий Наталья Геннадьевна, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник. E-mail: boss.shino@mail.ru

понятие включает в себя число посещений отдыхающими определенной площади одновременно (чел./га) в сезон наибольшей летней рекреации на лесном участке с признаками III-й стадии дигрессии. Экологическая рекреационная емкость определяется для всех функциональных зон и для природного парка в целом, кроме зон заповедного режима и зоны других землепользователей. Определяется также возможная емкость туристических и экскурсионных маршрутов, ландшафтных полян, видовых точек и площадок различного назначения, которая вместе с экологической рекреационной емкостью дает потенциальную рекреационную емкость природного парка. Исходными показателями для расчета площади и рекреационной емкости зеленой зоны «Большого Владивостока» являются допустимые рекреационные нагрузки для групп типов леса, прогнозируемая численность отдыхающих, оптимальные размеры подзон.

Величина допустимой нагрузки показывает, сколько людей одновременно ежедневно могут использовать единицу площади, не нанося существенного ущерба биогеоценозу, за счет стабилизации процессов нарушения и естественного восстановления всех ярусов растительного покрова [4]. Допустимые рекреационные нагрузки для групп типов леса определяются путем учета в течение нескольких сезонов численности отдыхающих в насаждениях, в которых сложившийся в течение 10 и более лет уровень рекреации способствовал стабилизации процессов дигрессии и естественного восстановления всех компонентов биогеоценоза.

Рекреационную нагрузку в пределах зеленой зоны измеряют, применяя рекреационную плотность Rd , а посещаемость и интенсивность по следующим уравнениям:

$$Re = Rd \cdot T \cdot t (\text{посещаемость})$$

$$Ri = Rd \cdot T (\text{интенсивность})$$

где T - продолжительность периода измерения рекреационной нагрузки в часах; t - среднее время одного посещения за период измерения, часов.

Предельной нормой рекреационного пользования может быть экологическая емкость, которая равняется предельно допустимой рекреационной нагрузке, деленной на Δ - коэффициент экологического воздействия в зависимости от вида рекреации. По исследованиям А.И. Тарасова и М.Т. Серикова (2008) этот коэффициент составляет: для дорожной рекреации - 0,01; бездорожной - 1,0; добычательской - 2,0; бивуачной - 5,0; пикниковой - 7,0; автотранспортной и транспортно-пешеходной - 13,0; кошевой - 15 [5, 6].

Виды экологического воздействия на лес в каждом из видов рекреации сводятся к следующему:

- нарушение территории при благоустройстве, установке малых архитектурных форм и инженерных устройствах;
- вытаптывание;
- селективное уничтожение элементов биогеоценоза;
- разжигание костров, установка палаток;
- сбор грибов, ягод, цветов;

- нарушения почвенного покрова при прокладке колеи, съездах с дорог, эрозия почвы;
- рубка дров.

По данным Чижовой В.П. (1977) предельная рекреационная нагрузка на 1 га леса в день должна составлять от 0,3 до 3,5 человек в зависимости от 5 основных факторов: 1) протяженности дорог; 2) преобладающей породы; 3) группы возраста; 4) группы классов бонитета; 5) групп типов леса (по В.Г. Нестерову) и типа условий произрастания (по П.С. Погребняку) [4]. С учетом вышесказанного допустимые рекреационные нагрузки выше:

- в разнотравных типах леса и свежих и влажных типах условий местопроизрастания;
- разновозрастных и смешанных древостоях;
- высокопроизводительных насаждениях 1а и 1 бонитетов;
- естественных по происхождению древостоях;
- полуоткрытых типах пространственной структуры с куртинным размещением деревьев.

Профессором В.П. Чижовой были разработаны нормативы допустимых нагрузок в зависимости от типа леса и условий местопроизрастания. По исследованиям института Росгипролес (Российский проектно-изыскательский институт Росгипролес, 2014), допустимые рекреационные нагрузки в зависимости от функциональных зон были определены в следующих пределах:

- в зоне тихого отдыха - до 5 чел/га;
- в зоне прогулочного отдыха - до 20 чел/га;
- в зоне активного отдыха - от 20 до 100 чел/га.

Для определения рекреационных нагрузок использовался метод пробных площадей (ПП), предназначенный для характеристики территориального варьирования рекреационных нагрузок в лесных природных комплексах и основанный на закладке ПП способом типической выборки. В протоколе измерений отмечается размер ПП, местонахождение, тип леса и тип условий местопроизрастания, состав, возраст, бонитет, полнота, запас древостоя, состав и густота подроста и подлеска, фоновые виды покрова и процент проективного покрытия, вид лесной рекреации, стадия дигрессии.

Одновременно с учетом посещаемости определяются виды отдыха, распределение отдыхающих по площади, выявляются приоритетные участки, характер социальных и возрастных групп среди посетителей. Результаты изучения посещаемости фиксируются на соответствующих планах, заносятся в полевые журналы и используются при проектировании функционального зонирования территории рекреационного объекта.

Все параметры экологической продуктивности лесов на сегодняшний день можно разделить на 4 группы, непосредственно влияющие на состояние окружающей среды и которые характеризуются определенными физическими величинами [1]. В общем виде определение экологической продуктивности лесов может быть рассчитано по формуле:

$$P_{\Sigma} = K_r + V_p + C_g + R_k,$$

где P_{Σ} - экологическая продуктивность лесов; K_r - сумма величин климатообразующих параметров; V_p - сумма величин водоохраннопочвообразующих

параметров; Сг – сумма величин санитарно-гигиенических параметров; Рк – сумма величин рекреационных параметров.

Корреляционные связи показывают, что не все параметры равноценны, эквивалентны в формировании экологической продуктивности лесов. Одни из них являются ведущими, другие менее ценными. На сегодня наиболее важными параметрами экологической продуктивности лесов являются водоохранно-почвозащитные и санитарно-гигиенические составляющие. Для перехода из качественной характеристики экологической продуктивности в количественную, наиболее приемлема балльная оценка физических величин данной продуктивности. Поскольку составляющие величины экологической продуктивности измеряются в различных единицах, то общим знаменателем может выступать балльная оценка. Оценочный балл каждого показателя составит:

$$B = (Pф * 100) / Pм,$$

где B – балл оценки; Pф – фактическое значение показателя оцениваемого насаждения; Pм – значение того же показателя, принятое за эталон (за эталон принимается максимальное или оптимальное значение).

При дифференцированном подходе общий оценочный балл экологической продуктивности насаждения определяется как средневзвешенное по коэффициенту корреляции между лесистостью и показателями экологической продуктивности из оценки баллов отдельных показателей (табл. 1). Основная территория зеленого пояса Владивостокской агломерации – это земли Владивостокского и Уссурийского лесничеств. Поквартальные итоги по лесничествам расчетов экологической емкости и экологической продуктивности приведены в таблице.

Таблица 1. Экологическая продуктивность лесов зеленой зоны Владивостокской агломерации

№ квартала	Лесопокрытая площадь, га	Общая рекреационная емкость, чел/год	Средняя экологическая продуктивность, балл	Общая экологическая емкость, чел/год
Владивостокское лесничество				
1	91,2	600,1	82,3	960,4
2	113,3	1600,4	88,2	2671,3
3	77,0	741,0	85,01	1192,7
5	113,0	1602,5	82,6	2723,5
6	123,3	309,1	75,2	452,7
7	99,2	675,2	89,1	1068,2
11	50,3	696,1	79,3	1150,7
12	72,1	265,0	87,0	285,1
13	77,8	1147,1	79,2	1809,2
14	102,0	918,9	86,3	1442,3
18	48,6	406,5	85,4	446,2
19	61,0	623,0	86,7	936,0
20	100,3	908,2	54,0	646,2
21	94,7	527,2	48,4	326,2
32	30,4	134,2	89,0	456,1
33	57,5	263,0	86,2	489,1
37	96,4	527,3	76,7	856,3
38	121,5	876,1	45,4	523,2
40	72,5	670,7	55,6	550,1
41	76,1	1167,0	43,2	532,8
44	48,1	245,2	59,0	317,1
45	109,2	1234,8	76,1	1459,5
46	45,1	245,7	58,7	312,1
47	46,1	257,3	65,2	342,0
50	38,4	228,5	88,6	457,6
54	51,2	227,1	78,4	465,1
55	46,0	256,2	81,2	324,4
82	86,2	512,0	76,8	534,1
83	98,4	567,1	89,0	735,1
86	61,1	289,0	74,9	358,1
88	69,4	325,0	68,9	467,1
114	105,2	1446,1	92,1	1754,3
116	544,7	6872,1	87,1	8234,7
117	460,7	5437,2	78,3	6896,5
118	332,1,4	2456,2	56,2	3789,0
119	424,6	5234,7	77,3	7539,1

Продолжение таблицы 1				
120	505,2	6386,0	94,2	8356,9
Итого	4733,2	46878,8	81,7	54341,0
Уссурийское лесничество				
4	45,3	257,5	55,0	267,9
6	55,1	156,3	36,6	135,1
8	88,7	456,1	57,3	567,2
11	98,1	485,0	67,0	543,1
14	147,5	658,1	77,8	965,3
17	66,3	656,7	72,1	879,4
28	62,7	686,1	85,8	945,1
29	94,1	1146,0	78,5	1357,1
30	114,6	1208,1	56,1	1203,6
31	92,5	965,4	72,6	1109,6
32	71,2	356,8	91,1	674,3
38	47,4	278,1	73,1	367,3
39	35,4	167,9	64,3	237,1
40	97,2	456,7	69,0	549,3
41	59,1	286,3	84,3	548,2
42	82,9	475,0	75,8	649,2
46	100,8	483,9	84,1	754,1
47	61,7	295,4	82,0	572,8
49	43,1	228,1	82,4	389,1
48	99,6	524,1	91,3	927,1
Итого	1610	10227,6	79,2	13641,9
Всего	6407	57106,4	80,45	67982,9

Общая экологическая емкость по выбранным кварталам лесничеств составляет 67982 тыс.чел., рекреационная – 57106 тыс.чел. при средней экологической продуктивности лесопокрывной площади 80,45 балла, что свидетельствует о высоком экологическом потенциале территорий. Именно они станут основой создания зеленого пояса Владивостокской агломерации.

Выводы: Владивостокская агломерация обладает уникальными природными ресурсами. Разработка проекта устойчивого зеленого пояса г. Владивостока и всей южно-приморской агломерации потребует определенного времени для проработки наиболее целесообразных вариантов. Внедрение в практику результатов исследований и предложенных разработок связано с реализацией Стратегии развития Дальнего Востока и Байкальского региона до 2025 года и соответствующим финансированием для создания лесоустойчивого проекта лесоустойчивыми организациями Дальнего Востока и

внедрением результатов их проектов Департаментом лесного хозяйства Приморского края.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Габдрахимов, К.М. Развитие концепции И.С. Мелехова об экологической продуктивности лесов / К.М. Габдрахимов, А.Ф. Хайретдинов // Лесной вестник. 2005. № 5. С. 86-89.
2. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации», Приморский край, 2014 г.
3. Доклад об осуществлении департаментом лесного хозяйства Приморского края федерального государственного лесного надзора (лесной охраны) в области лесных отношений и об эффективности контроля. 2015 г.
4. Чижова, В.П. Рекреационные нагрузки в зонах отдыха. - М.: Мысль, 1977. 48 с.
5. Сериков, М.Т. О проектировании освоения защитных лесов рекреационного назначения // ИВУЗ. Лесной журнал. 2008. № 6. С. 50-53.
6. Тарасов, А.И. Рекреационное лесопользование. – М.: Агропромиздат, 1986. 176 с.

FEATURES OF CALCULATION THE TOTAL RECREATIONAL CAPACITY AND AVERAGE ECOLOGICAL EFFICIENCY IN THE CONDITIONS OF THE GREEN ZONE “BIG VLADIVOSTOK” (PRIMORSKY KRAI)

© 2017 N.G. Rozlomiya
Federal Scientific Center of East Asia Land Biota Biodiversity,
Mountain Taiga Station named after V.L. Komarov FEB RAS

According to the Big Vladivostok program the forests ecological efficiency in a green zone of Vladivostok agglomeration is calculated.

Key words: green zone, Vladivostok agglomeration, recreation, total recreational capacity, average ecological efficiency, total ecological capacity

Natalia Rozlomiya, Candidate of Biology, Senior Research Fellow. E-mail: boss.shino@mail.ru

УДК 631*161.53

ОПЫТ ИСКУССТВЕННОГО ВЫРАЩИВАНИЯ ГРИБОВ СИИТАКЕ (*LENTINULA EDODES BERK.*) PEGLER) В УСЛОВИЯХ ЮГА ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА КАК ОДИН ИЗ СПОСОБОВ ПОВЫШЕНИЯ РЕКРЕАЦИОННОЙ ПРИВЛЕКАТЕЛЬНОСТИ ЛЕСОВ

© 2017 Н.Г. Розломий, Г.В. Гуков

Федеральный научный центр биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии,
Горнотаежная станция имени В.Л. Комарова ДВО РАН

Статья поступила в редакцию 07.03.2017

В статье впервые проанализированы способы и условия искусственного выращивания гриба сиитаке (шиитаке, японский лесной гриб, лентинула съедобная) (*Lentinula edodes* Berk.) Pegler) как один из путей повышения рекреационной привлекательности лесов зеленого пояса (границы территории «Большого Владивостока»).

Ключевые слова: *гриб сиитаке, искусственное выращивание, зеленая зона, рекреационная привлекательность, лесные ресурсы*

Среди пищевых продуктов растительного происхождения съедобные грибы лесов являются наиболее богатыми белками (30-40% их сухого веса), углеводами и другими нужными для организма человека и животных веществами. К съедобным относятся грибы, которые не содержат никаких вредных веществ, имеют хороший вкус и приятный запах. По данным Л.Н. Васильевой [Васильева, 1951], в Приморском крае до 1945 г. исследований по грибам не проводилось, и из-за отсутствия сведений среди населения существовало мнение, что в Приморье почти нет съедобных грибов. Пятилетние исследования (1945-1950 гг.) известного миколога Л.Н. Васильевой на юге Дальнего Востока показали, что по разнообразию видов съедобных грибов Приморский край стоит на одном из первых мест среди краев и областей бывшего тогда Советского Союза. В Приморье растут почти все общеизвестные европейские виды съедобных грибов - белые, подосиновики, обабки, маслята, моховики, грузди, рыжики, волнушки, сыроежки, лисички, сморчки и др.

В то же время в Приморье произрастает значительное число видов съедобных грибов, которые больше нигде в Советском Союзе не встречаются. В последующих работах известный дальневосточный миколог Е.М. Буллах перечислила эти грибы – груздь пихтовый, ольховник, ильмак, обабок дальневосточный, сиитаке и смертельно ядовитый – японский светящийся гриб [1]. В Приморском крае обнаружено около 100 видов грибов-микоризообразователей. Наиболее богат видовой состав грибов, образующих микоризы с дубом монгольским, поэтому в дубовых лесах, которые занимают наибольшие площади территории зеленой зоны «Большого Владивостока» наблюдается большое

разнообразие съедобных грибов. Кроме дуба, к категории высокомикотрофных древесных пород относятся кедр корейский, сосна обыкновенная, лиственница (все виды), пихта цельнолистная, ель аянская, осина Давида, береза каменная, береза ребристая, береза Шмидта, береза маньчжурская, береза даурская, липы. Сиитаке (шиитаке или лентинус съедобный) относится к группе пластинчатых съедобных грибов. В естественных условиях гриб растет в Японии, Китае, Корее и других странах Восточной и Юго-Восточной Азии. В России встречается на Дальнем Востоке. Растет гриб преимущественно на мертвой древесине лиственных пород.

Цель работы: проанализировать методику искусственного разведения гриба сиитаке при различных условиях с целью дальнейшего распространения опыта при устройстве зеленого пояса «Большого Владивостока».

Сиитаке пользуется большой популярностью во всем мире и это связано, прежде всего, с его пищевыми достоинствами. Свежие грибы отличаются приятным вкусом и ароматом. В них содержатся белки (10-11%), жиры (1,2-8,0%), углеводы (общие 83%) и минеральные вещества. Богаты грибы и витаминами, в том числе витаминами B₁₂ и D₂, которые не содержатся в высших растениях. Наряду с ценностью шиитаке как пищевого продукта гриб характеризуется возможностью его применения в лечебно-профилактических целях в медицине. Еще в древнем Китае этот гриб называли «эликсиром жизни», а в Японии издавна считается, что Сиитаке продлевает жизнь человека [2]. Культивируют гриб сиитаке уже на протяжении 2000 лет. Чаще всего используют дубовые опилки с добавлением питательных веществ, если нет дубовых опилок, то можно воспользоваться осиновыми, тополиными или же ивовыми опилками. В некоторых случаях специалисты рекомендуют использовать опилки берёзовые, кленовые, буковые, ольховые, плодовых деревьев [1].

Методика исследования. Работы проводились по экстенсивному способу искусственного

Розломий Наталья Геннадьевна, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник. E-mail: boss.shino@mail.ru.

Гуков Геннадий Викторович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, старший научный сотрудник. E-mail: gukovgv@mail.ru.

выращивания: заготавливают отрезки древесины – дуба, ольхи длиной 1 м и толщиной 10-20 см. Подходит свежераспиленная древесина или выдержанная в течение 1 месяца на воздухе в затененном месте, размещенная так, чтобы отрезки не соприкасались. Влажность воздуха должна быть не ниже 60-75%. На отрезках делают отверстия глубиной 1,5 см и около 2 см в диаметре на расстоянии 20 см друг от друга. В эти отверстия вносят зерновую грибницу шиитаке и закрывают их деревянными пробками, воском и т. д., чтобы не допустить проникновения микроорганизмов (бактерий, плесневых грибов).

Анализ, обобщение и разъяснение полученных данных. Гриб шиитаке относится к дереворазрушающим грибам, сапротрофным макромицетам, которые используют для своего роста и развития органические вещества отмерших растительных остатков. Их называют также грибами-ксилотрофами, которые поселяются на мертвой древесине, разрушая её, и используя продукты деградации в качестве источника углерода и энергии. В настоящее время он занимает второе место (после шампиньонов) в мировом объеме производства грибов. Наиболее крупными производителями этих грибов являются страны юго-восточной Азии, где первенство принадлежит Японии, Китаю и Корее. Естественно встречается этот гриб и на территории российского Дальнего Востока - в южных районах Приморского края и Сахалинской области. В Приморском Крае он распространен на полуострове Муравьева-Амурского, в Лазовском, Партизанском, Шкотовском, Уссурийском и Хасанском районах, т.е. на северной границе своего ареала [1, 3-5]. Произрастает на валежной древесине и порубочных остатках дуба монгольского, очень редко на других лиственных породах. Иногда встречается и на растущих деревьях дуба, которые имеют в нижней части ствола повреждения коры в виде огневых ран, морозо-

бойных трещин, механических повреждений и др.[2, 6]. Японский ароматный гриб (сиитаке, лентинула) обладает широким спектром оздоравливающего действия. Он снижает уровень холестерина в крови, регулирует сердечнососудистое давление, препятствует образованию раковых клеток. При регулярном и в разумных количествах употреблении этого гриба в пищу в организме человека активизируются защитно-иммунные свойства, замедлится процесс старения, повышаются противовирусные, антибактериальные, противогрибковые и другие защитные функции организма, легче преодолеваются стрессовые ситуации.

В Приморском крае в производных кедрово-широколиственных лесах длительное время ведутся выборочные рубки дуба монгольского, на его порубочных остатках уже на 3-5 год появляются плодовые тела. На полуразложившихся субстратах гриб плодоносит ежегодно и имеет наиболее продолжительный период плодоношения. Первые его плодовые тела появляются уже в середине мая, последний урожай можно еще собирать в ноябре, когда на почве уже появляются заморозки. На одних и тех же порубочных остатках гриб плодоносит в течение всего вегетационного периода. От появления крошечных, с булавочную головку, коричневатых шариков до хорошо развитого гриба, с диаметром шляпки до 10 (20) см и массой до 80 (100) граммов проходит в среднем 10 дней. После этого срока плодовое тело гриба, в зависимости от погодных условий, начинает терять влагу и в полусухом состоянии остается достаточно долго. В этом виде он вполне пригоден для дальнейшего хранения и использования, как в сухом естественном виде, так и в измельченном, порошкообразном. При высокой влажности и частых осадках спелый гриб в лесу набирает влагу, быстро чернеет и загнивает [2].



Рис. 1. Зависимость урожая гриба шиитаке от метеорологических условий

На этом же субстрате (пне, крупных и мелких сучьях, откомлевках, брошенных дровяных стволах) постоянно формируются новые плодовые тела, и на крупных порубочных остатках можно увидеть десятки грибов, находящихся на разных стадиях своего развития. Сиитаке разводят на древесине лиственных пород, распиливая поваленные для этого деревья на отдельные бруски, которые заражают мицелием сиитаке. Бруски устанавливают наклонно,

и в таком положении древесина зарастает грибницей. Плодовые тела сиитаке появляются на древесине через два года при наличии дождей и искусственного орошения. Общая продолжительность сбора грибов – шесть лет, причем с 1 м³ древесины за это время снимают около 240 кг сырых грибов (рис. 1, 2) (лесной участок ПГСХА «Реликт Приморья»).

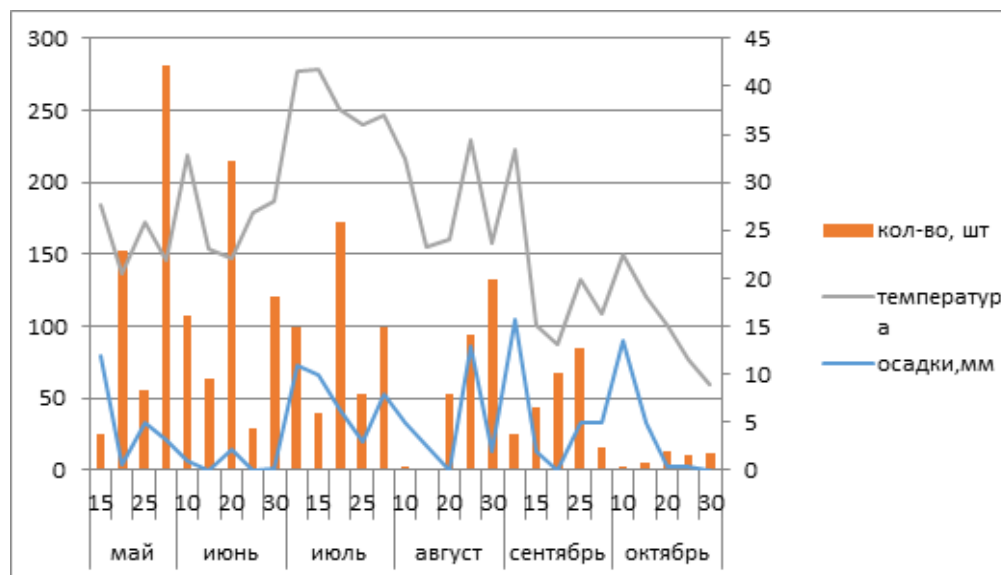


Рис. 2. Влияние температуры на развитие плодовых тел сиитаке

Как показывает анализ собранных данных, размер и масса и в целом урожайность грибов сиитаке полностью зависят от климатических условий (влажности и температуры). Также немалую роль играет продуваемость территории, на которой находятся отмеченные участки [6]. Благоприятными условиями для хорошей урожайности служит влажность воздуха не ниже 78% и температура от 18° до 28°С [2]. Отмечено, что развитие плодового тела за сутки в среднем увеличивается на 1-1,5 см. Вес плодового тела, кроме размеров и возраста, зависит от влажности, так как очень хорошо впитывает влагу, как из древесины, так и с окружающей среды. Во время дождя гриб, имеющий размер шляпки 6 см, может иметь массу до 23,5 г, а в сухую погоду имея те же параметры, масса его составляет 12 г.

Сиитаке занесен в Красную книгу Приморского края, что обозначает, что сбор, употребление и продажа плодовых тел этого гриба запрещены. Все «краснокнижные» виды растений нуждаются в особом внимании государства и служат объектом правовой охраны. За сбор этих грибов грибника могут задержать, выписать штраф или вынести другое наказание. Для обозначения статуса охраны видов приняты и используются категории видов в соответствии с концепцией Международного Союза Охраны Природы (МСОП). В настоящее время для оценки статуса охраны видов существует 9 катего-

ри. Сиитаке в Приморском крае заражает и развивается в основном на полуразложившейся древесине дуба монгольского, т.е. на валеже, порубочных остатках, несгоревшей в результате лесных пожаров остатках крупной древесины и т.д. Заражение этим грибом происходит с помощью многочисленных спор, от прорастания спор до появления первых плодовых тел проходит 3-4 года. Следовательно, в размножении этого пищевого и лекарственного вида грибов человек участвует косвенно, проводя различные виды рубок в чистых или смешанных дубовых или хвойно-широколиственных лесах, а также как виновник в возникновении лесных пожаров. Как же влияет сбор плодовых тел этого гриба на сохранность его популяции? Зрелый гриб имеет ножку, очень твердую и прочную, которую нельзя сломать и оторвать от субстрата, мицелий гриба так густо и крепко пронизывает заболонь древесины, что ножку гриба можно срезать только ножом. Следовательно, при сборе грибов мицелий совершенно не повреждается. Плодовые тела сиитаке появляются в течение всего вегетационного периода – с мая по ноябрь, поэтому всегда останутся на порубочных остатках дуба плодовые тела, которые будут выполнять роль семенников, носителей спор. Мы считаем, что своевременный сбор доброкачественных (без признаков старения и гниения) плодовых тел не должен отразиться на расширении ареала и

урожайности этих грибов, но повысит рекреационную привлекательность лесов зеленой зоны города.

Выводы: активное развитие региональной экономики Приморского края неизбежно повлечет за собой увеличение нагрузки на окружающую среду. Повышенный спрос на пищевые и лекарственные растения Приморского края, в том числе и на дереворазрушающие грибы, обладающие этими свойствами, в частности, сиитаке повышает рекреационную привлекательность лесов. Предлагаемая методика выращивания и сбора сиитаке будет способствовать этому.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Булах, Е.М. Редкие и новые для России виды Базидиальных грибов из Приморского края / Е.М. Булах, О.К. Говорова // Микология и фитопатология. 2000. Т. 34, вып. 2. С. 21-25.
2. Васильева, Л.Н. Съедобные грибы Дальнего Востока. – Владивосток, Дальиздат, 1978. 240 с.
3. Грибы Дальнего Востока. Волшебное лукошко / Сост. Р.А. Павлова. – Владивосток: Изд-во «Дальпресс», 2003. 136 с.
4. Грибы Сихотэ-Алинского заповедника и прилегающей части Тернейского района // Тр. Сихотэ-Алинского гос. заповедника, 1963. Вып. 3. С. 71-119.
5. Гуков, Г.В. Биологическая продуктивность *Lentinula edodes* (Berk.) Pegler в Приморском крае / Г.В. Гуков, В.Г. Иванов, П.А. Комин // Вестник ИргСХА. Вып. 53. 2012. С. 52-58.
6. Комин, П.А. Особенности биологии гриба шиитаке (*Lentinula edodes* (Berk.) Pegler) на территории лесного участка ПГСХА «Реликт Приморья» // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. 2016. № 6. С. 43-48.

EXPERIENCE OF ARTIFICIAL CULTIVATION OF SIITAKE (*LENTINULA EDODES* BERK.) PEGLER) MUSHROOMS IN THE CONDITIONS OF THE SOUTH OF FAR EAST AS ONE OF THE WAYS TO INCREASE THE FORESTS RECREATIONAL ATTRACTIVE

© 2017 N.G. Rozlomiya, G.V. Gukov

Federal Scientific Center of East Asia Land Biota Biodiversity,
Mountain Taiga Station named after V.L. Komarov FEB RAS

In article ways and conditions of artificial cultivation of siitake mushrooms (shiitake, Japanese forest mushroom, lentinul edible) (*Lentinula edodes* Berk.) Pegler) as one of the ways to increase the recreational attractive of forests in a green belt (territory border of "Big Vladivostok") are for the first time analyzed.

Key words: *siitake mushroom, artificial cultivation, green zone, recreational attractive, forest resources*

Natalia Razlomiya, Candidate of Biology, Senior Research Fellow. E-mail: boss.shino@mail.ru
Gennadiy Gukov, Doctor of Agriculture, Professor, Senior Research Fellow. E-mail: gukovgv@mail.ru

УДК 574.4 (470.67)

БАЛАНС КАЛИЯ В ТРАВЯНЫХ ЭКОСИСТЕМАХ СРЕДНЕГОРИЙ ДАГЕСТАНА

© 2017 Ш.К. Салихов, З.Н. Ахмедова, К.Б. Гимбатова, Ж.О. Шайхалова

Прикаспийский институт биологических ресурсов ДНЦ РАН, г. Махачкала

Статья поступила в редакцию 09.05.2017

Исследование посвящено определению объемов накопления и транслокации надземной и подземной массы по блокам органического вещества, концентрации и запасов калия, а также скомпенсированности баланса этого элемента в травяных экосистемах Среднегорной подпровинции Дагестана. Исследования проведены на склонах северной и южной экспозиции горы Маяк, с крутизной, соответственно, 15-20° и 20-25° на территории экспериментальной базы Горного ботанического сада Дагестанского научного центра РАН на высоте 1700-1800 м над уровнем моря, в условиях заповедного режима. Приведены результаты исследований по формированию зеленой массы, ветоши и войлока, живой и мертвой подземной массы естественного фитоценоза. Определены концентрации и запасы калия в блоках органического вещества по экспозициям склонов. Определен вынос калия на формирование органической массы и возврат его в почву за счет выщелачивания из надземных органов, прижизненных выделений и разложения подземных органов и степного войлока. Определена степень скомпенсированности баланса этого элемента питания растений.

Ключевые слова: фитомасса, транслокация, блок органического вещества, калий, концентрация, запасы, баланс

Фитоценозам принадлежит ведущая роль в создании кормовой базы животноводства. В этом аспекте главным является вопрос повышения продуктивности растений, которым для роста и развития необходимы вода и питательные элементы – азот, фосфор, калий. Видовой состав, накопление, транслокация органического вещества и баланс элементов в фитоценозах во многом определяются эдафическими и климатическими условиями произрастания растений, зависящих от конкретной территории их местообитания.

Территория Среднегорной подпровинции Дагестана охватывает три ландшафтных природных пояса: горно-степной с горно-каштановыми почвами на высотных отметках 700-900 (1000) м, субальпийский лугово-степной с горными лугово-степными, горно-луговыми черноземовидными почвами на высотах 900 (1000)-1700 (2000) м и субальпийский лугово-лесной и луговой пояс с горными бурными лесными, горными лугово-лесными скрыто-оподзоленными и горно-луговыми почвами на абсолютных отметках 1700 (1800)-2000 (2500) м. Почвы подпровинции маломощные, щебнистые, среднесуглинистые. Гумуса на целинных почвах содержится от 2,5% до 12-18%, гидролизуемым азотом обеспечены средне и высоко, обменным калием – средне, фосфором – низко [2].

Климат территории умеренно-холодный полувлажный, среднегодовая температура воздуха 6,1-9,8°C, продолжительность безморозного периода – 160-190 дней, сумма активных температур выше 10°C – 2000-3000, годовая сумма осадков – 400-800

Салихов Шамиль Курамагомедович, научный сотрудник.
E-mail: salichov72@mail.ru

Ахмедова Заира Нажмутдинова, научный сотрудник. E-mail: zaira-1945@mail.ru

Гимбатова Кабират Бадыровна, младший научный сотрудник

Шайхалова Жамилат Омаровна, старший лаборант

мм, гидротермический коэффициент – 1,0-2,0 [2]. Общая площадь подпровинции составляет 1 млн. 300 тыс. га. Здесь сосредоточены летние пастбища многих с/х предприятий и личных подсобных хозяйств горных районов. Благодаря достаточной влагообеспеченности и термическим ресурсам кормовые угодья подпровинции отличаются высокой продуктивностью, достигающей 4,9 и 6,2 т/га воздушно-сухой массы в зависимости от гидротермических условий и склоновой экспозиции [5, 6]. Однако в этих работах не дана динамика транслокации органического вещества по блокам: зеленая масса-ветошь-войлок-корни. Не рассмотрены также вопросы деструкции органического вещества, концентрации и запасов калия, скомпенсированности его баланса.

Цель исследований: определение накопления и транслокации надземной и подземной массы органического вещества, концентрации и запасов калия, а также скомпенсированности баланса этого важнейшего биофильного элемента в экосистемах северной и южной экспозиций горы Маяк Среднегорной подпровинции Дагестана на высоте 1700-1800 м над уровнем моря.

Методика исследований. Исследования проведены в 2012-2014 гг. на склонах северной и южной экспозиций горы Маяк на территории экспериментальной базы «Верхний Гуниб» Горного ботанического сада ДНЦ РАН. Почва на склоне северной экспозиции – горная бурая лесная олуговая карбонатная маломощная тяжелосуглинистая на делювиальных глинистых карбонатных отложениях, мезорельеф – склон средней крутизны (15-20°) с выраженными террасами, степень проективного покрытия – 100%, сильно задернен, степень каменистости – 0%, эрозии нет. На склоне южной экспозиции почва горная лугово-степная карбонатная маломощная тяжелосуглинистая на делювиальных

плотных известняковых отложениях, мезорельеф – склон средней крутизны (20-25°), степень проективного покрытия – 100%; сильно задернен, степень каменистости – 5-10% покрытия, эрозии нет.

Экспериментальные участки расположены на гипсометрических отметках 1700-1800 м на площадках по 100 м². Каждая из площадок разделена на 100 квадратов (по 1 м²) полиэтиленовым шпагатом и имеют свой порядковый номер (от 1 до 100). Образцы для определения видового состава, накопления фитомассы и концентрации калия на участках отбирались ежегодно по семь раз в период с апреля по октябрь в первой декаде каждого месяца в трехкратной повторности методом рандомизации (случайный по жребию). Причем повторный отбор образца с одной и той же площадки в течение всех трех лет исследований не допускался. Продуктивность растительных сообществ определяли укосным методом, концентрация и запасы калия, а также скомпенсированность его баланса провели по А.А. Титляновой [10]. Определение содержания калия в

растениях произведено при помощи системы капиллярного электрофореза – «Капель-105М» (в режиме определения катионов и анионов) [8].

Результаты и обсуждение. Климатические условия на территории исследуемой подпровинции Дагестана за годы исследований были благоприятны для роста и развития пастбищных фитоценозов. Максимальные показатели температур и осадков приходились на июль-август, за исключением 2014 г., когда максимум осадков приходился на май (табл. 1). Среднемесячная температура воздуха существенно меняется по экспозициям склонов, увеличиваясь на южной стороне, по сравнению с ровной поверхностью, на 4,5-5,8°С и, снижаясь на северной, на 4,5-5,2°С [7]. В расчетах средних температур по экспозициям склонов мы ориентировались на средние из этих показателей: увеличение на южной экспозиции на 5,2°С и снижение на северной на 4,8°С. Максимальная продуктивность зеленой массы фитоценозов за годы исследований достигалась в июле-августе (рис. 1).

Таблица 1. Гидротермические условия по экспозициям склонов горы Маяк на базе «Верхний Гуниб» ГорБС ДНЦ РАН в 2012-2014 гг.

Месяц	Т _{ср.} ,°С		RRR, мм	Т _{ср.} ,°С		RRR, мм	Т _{ср.} ,°С		RRR, мм
	1	2		1	2		1	2	
	2012 г.			2013 г.			2014 г.		
4	6,7	16,7	41	4,0	14,0	37	3,8	13,8	46
5	9,0	19,0	70	8,5	18,5	132	10,0	20,0	296
6	12,6	22,6	85	10,6	20,6	93	11,4	21,4	65
7	13,0	23,0	107	12,0	22,0	139	13,8	23,8	146
8	14,9	24,9	60	11,9	21,9	44	15,3	25,3	68
9	9,6	19,6	49	8,4	18,4	52	9,5	19,5	49
10	7,3	17,3	8	3,8	13,8	50	2,9	12,9	18
средние (сумма)	10,44	20,44	420	8,46	18,46	547	9,53	19,53	688

Примечание: 1 – северный склон; 2 – южный склон; Т_{ср.} – среднемесячная температура воздуха, °С; RRR – сумма осадков, мм

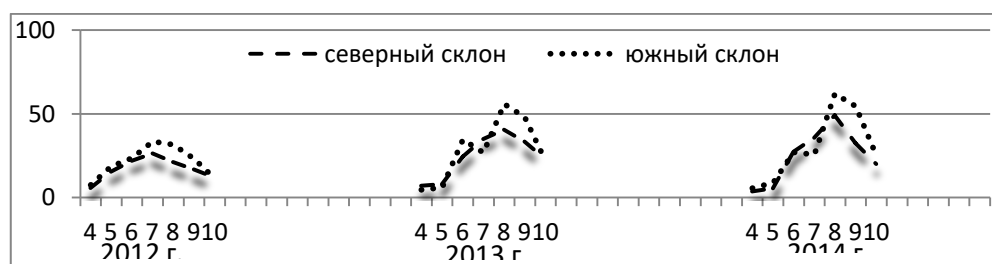


Рис. 1. Динамика накопления зеленой массы, ц/га

Обнаружена тесная связь продуктивности зеленой массы сообществ с температурой воздуха (колебания $r = 0,54$ до $0,93$, в зависимости от года исследования и экспозиции склона) (табл. 2). Выявлена также зависимость продуктивности от количества осадков (колебания $r = 0,01$ до $0,81$). На склонах южной и северной экспозиции майские осадки (табл. 1, 2), выпавшие в большом количестве, не повлияли пропорционально на рост растений, вероятно вследствие избыточного увлажнения, что ухудшило воздушный режим и снизило аэрацию почв.

Кроме того, в мае, в начальные фазы развития растений нет необходимости в повышенных количествах осадков. Прямой зависимости между ежемесячным количеством осадков и ежемесячным приростом массы не обнаружено. На рост продуктивности фитоценозов повлияла сумма осадков за вегетационный период, что выразилось в пропорциональном росте продуктивности фитоценозов. В целом во влажные 2013 и 2014 гг. урожайность сообществ была выше, чем в 2012 г.

Таблица 2. Коэффициент корреляции показателей зеленой массы с гидротермическими условиями склонов (2012-2014 гг.)

Показатели климата	Годы	Зеленая масса в сообществах по экспозициям склонов, ц/га	
		южная	северная
температура, °С	2012	0,93	0,89
	2013	0,59	0,65
	2014	0,54	0,73
количество осадков, мм (без учета майских осадков)	2012	0,73	0,78
		(0,76)	(0,81)
	2013	-0,30	-0,08
		(-0,03)	(0,33)
	2014	-0,39	-0,32
		(0,01)	(0,44)

Важнейшей характеристикой фитоценозов, которая обеспечивает прохождение биологического круговорота веществ и энергии в природе, является органическое вещество, созданное фитоценозом за единицу времени на единице площади [10]. Расчет проводится на безморозный период, поскольку вегетация естественного фитоценоза продолжается вплоть до нулевой температуры воздуха [10]. Средняя продолжительность этого периода за 2012-2014 гг. на рассматриваемой территории составила 239 дней. Для расчета запасов питательных элементов в фитоценозах, их деструкции и потребления в последующем для создания новой продукции используются расчеты по транслокации их по блокам органического вещества. Эти данные в среднем за годы исследований приведены в табл. 3.

Таблица 3. Накопление фитомассы в блоках органического вещества по экспозициям склонов горы Маяк в Среднегорной подпровинции Дагестана (2012-2014 гг., кг/га·сутки)

Блок органического вещества	Экспозиция склона	
	северная	южная
зеленая масса	7,69	8,14
ветошь	10,49	15,58
войлок	6,07	7,23
вся надземная масса	24,25	30,95
живая подземная масса	37,79	52,7
мертвая подземная масса	23,55	27,5
вся подземная масса	61,34	80,2
вся фитомасса	85,59	111,15
доля подземной массы в общей фитомассе, %	71,67	72,15

В наших исследованиях высокой продуктивностью отличается почва на южной экспозиции Среднегорной подпровинции, где надземной воздушно-сухой фитомассы собрано на 27,63% больше, чем на северной. Полученные нами результаты не согласуются с данными исследователей [3, 4], которые указывают на более высокую продуктивность фитоценозов именно на северной экспозиции склонов по сравнению с южной. Данное «противоречие» мы объясняем следующими причинами:

во-первых, на нашем экспериментальном участке поддерживается заповедный режим содержания пастбищ, то есть, не допускалось стравливание фитоценозов животными, что исключает, характерную для южных экспозиций склонов, пастбищную эрозию, которая выражается в образовании многочисленных тропинок различной ширины и направлений, где полностью выбивается растительность. Оголенная поверхность почвы на этих тропинках дает начало процессам образования интенсивного поверхностного стока и эрозии почв, которая усиливает свое разрушительное действие по всему склону, по мере накопления массы дождевой воды. Такие случаи на нашем участке не наблюдались;

во-вторых, проективное покрытие экспериментального участка составляет 100% и это обеспечивает полную защиту почвы от водной эрозии в летнее время. Помимо этого, к концу осени на поверхности почвы склона накапливается по усредненным за годы исследования данным – 5,67 т/га ветоши и степного войлока. Эта масса способствует сохранению снега на поверхности почвы более продолжительное время, чем на открытой ее части. При наступлении теплых дней температура почвы сохраняется на более низком уровне по сравнению с оголенной поверхностью почвы, препятствуя ускоренному снеготаянию, усилению эрозионных процессов и смыву почвы с оттаявшей поверхности [2]. Высокая степень задерненности верхнего слоя почвы также является фактором, сдерживающим эрозию почвы. Так, масса живых корней на южной экспозиции склона в наших исследованиях достигала 12,6 т/га, а на северной экспозиции – 9,03 т/га. Почва, скрепленная корневой системой растений, меньше подвергается эрозии, чем лишенная такой поддержки.

Формированию высокой продуктивности фитоценоза на южном склоне, на наш взгляд, способствовало также относительно большие запасы влаги в почве: 1280 м³/га в среднем за 2012-2014 гг., что почти на четверть больше, чем на северной экспозиции склона. Формированию их способствовала высокая каменистость почвы, которая начиналась с 40-50 см от ее поверхности. В условиях больших перепадов ночных и дневных температур воздуха

среднегорий каменистость пахотного слоя почвы и нижележащая прослойка камня на указанной глубине, возможно, играют роль конденсаторов паробразной влаги и способствуют увеличению ее запасов в почве.

Полученные нами данные подтверждают справедливость положения, высказанного многими авторами [14, 15] о том, что величина продукции является функцией, в первую очередь, тепла и влагообеспеченности. Именно высокие температуры воздуха и достаточная обеспеченность влагой способствовали достижению лучших показателей по накоплению надземной фитомассы на южной экспозиции склона по сравнению с северной.

Доля зеленой массы в общей надземной массе естественного фитоценоза на северной и южной экспозициях склона составляет соответственно 31,7-26,3%, ветоши – 43,26-50,34%, войлока – 25,03-23,36%. Но соотношение зеленой массы к ветоши на южной экспозиции несколько шире (1:1,9), чем на северной (1:1,4), зеленой массы к войлоку – 1:0,8 и 1:0,9. Эти данные свидетельствуют о том, что транс-

локация зеленой массы в ветошь, а в дальнейшем и в войлок на южном склоне идет более интенсивно, чем на северном. Соотношение массы корней к надземной части фитомассы на участке, приуроченном к южной экспозиции было чуть выше – 2,6:1, против 2,5:1 на северной.

Большое значение для растений имеет калий – незаменимый питательный элемент, который оказывает большое влияние на обмен веществ, повышает толерантность растений к неблагоприятным условиям среды, защищает от болезней, вредителей, засухи, засоления, холода [9, 11]. Он играет существенную роль в активации ферментных систем, синтезе белка, фотосинтезе, осморегуляции, передаче энергии, катион-анионном балансе и стрессоустойчивости [12, 13]. В нашем случае калий больше всего концентрируется в зеленой массе фитоценоза, а в ветоши и степном войлоке относительное содержание его снижается соответственно 6,3 и 5,5 раз в условиях северной экспозиции, в 5,9 и 5,6 раз – южной (табл. 4).

Таблица 4. Концентрация (%) и запасы (кг/га) калия в блоках органического вещества естественного фитоценоза по экспозициям склонов горы Маяк (2012-2014 гг.)

Блок органического вещества	Концентрация		Запасы	
	экспозиция			
	северная	южная	северная	южная
зеленая масса	2,66	2,65	48,89	51,55
ветошь	0,42	0,45	10,53	16,76
войлок	0,48	0,47	6,96	8,12
всего в надземных органах	–	–	66,38	76,43
в подземных органах	0,52	0,55	76,23	105,42
всего в фитомассе	–	–	142,61	181,85

В корневой массе концентрируется в пять раз меньше калия, чем в зеленой массе, независимо от экспозиции склона. Но, благодаря более высокой массе подземных органов, в корневой массе накапливается на 9,85 и 28,99 кг/га больше калия, на северной и южной экспозиции соответственно. С учетом приведенных выше данных нами составлен баланс калия, в биогеоценозах рассматриваемой подпровинции (табл. 5). При расчетах количества

калия, выщелоченного из надземных органов, и прижизненных выделений из подземных органов нами приняты данные А.А. Титляновой [10]. Установлено, что на обеих экспозициях склона в условиях заповедного режима использования пастбищ складывается скомпенсированный баланс калия, в приходную часть которого включено количество элемента, закрепленного в ветоши и возвращенного в почву.

Таблица 5. Баланс калия в естественном фитоценозе по склонам горы Маяк (2012-2014 гг., кг/га)

Показатель	Экспозиция склона	
	северная	южная
всего потреблено	142,61	181,85
закреплено в ветоши	10,53	16,76
возвращено в почву:		
- выщелочено из надземных органов	20,2	20,2
- выделено прижизненно из подземных органов	14,0	14,0
- при разложении войлока	6,96	8,12
- при разложении подземных органов	76,23	105,42
всего	117,39	147,74
баланс	35,75	50,87

Выводы: по результатам трехлетних исследований выявлены факторы формирования и накопления фитомассы в Среднегорной подпровинции Дагестана на гипсометрической отметке 1700-1800 м. Выявлены концентрация и запас калия в блоках органического вещества надземной и подземной фитомассы на склонах северной и южной экспозиции горы Маяк. Повышение среднемесячной температуры воздуха за период вегетации естественно-го фитоценоза на 10°C на склоне южной экспозиции, способствовало увеличению доли ветоши в общей надземной массе с 43,3 до 50,3%.

Калий больше концентрируется в зеленой массе фитоценоза, а в ветоши и степном войлоке относительное содержание его снижается в 5-6 раз, независимо от ориентации склона. В корневой массе концентрируется в пять раз меньше калия, чем в зеленой массе, независимо от экспозиции склона. Но, благодаря более высокой массе подземных органов, в корневой массе накапливается на 9,85 и 28,99 кг/га больше калия, на северной и южной экспозиции соответственно. Несмотря на почти одинаковую концентрацию калия в блоках органического вещества, запасы его на склоне южной экспозиции были больше на 15% в надземной и 28% всей фитомассы, из-за более высокой величины растительной массы формируемой на этом склоне. На обоих склонах в условиях заповедного режима складывается скомпенсированный баланс калия. Эти данные являются средними за 2012-2014 гг. Но по годам они менялись существенно в зависимости от гидротермических условий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. *Базилевич, Н.И.* Биотический круговорот на пяти континентах: азот и зольные элементы в природных наземных экосистемах / *Н.И. Базилевич, А.А. Титлянова.* – Новосибирск, изд. СО РАН, 2008. 381 с.
2. *Баламирзоев, М.А.* Почвы Дагестана. Экологические аспекты их рационального использования / *М.А. Баламирзоев, Э.М.-Р. Мирзоев, А.М. Аджиев, К.Г. Муфараджев.* – Махачкала: ГУ «Дагестанское книжное издательство», 2008. 336 с.
3. *Белюлюцев, А.И.* Агроклиматическая оценка продуктивности фитоценозов на склоновых землях // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. 2010. № 4. С. 52-61.
4. *Братков, В.В.* Пространственно-временная структура ландшафтов Большого Кавказа: дис. ... д.геогр.н. – Ростов-на-Дону, 2002. 335 с.
5. *Гасанов, Г.Н.* Видовой состав и продуктивность растительных сообществ Среднегорной подпровинции Дагестана / *Г.Н. Гасанов, Ш.К. Салихов, К.М. Гаджиев* и др. // Известия ДагГПУ. Естественные и точные науки. 2015. № 3 (32). С. 31-35.
6. *Гасанов, Г.Н.* Видовой состав и продуктивность луговых фитоценозов горы Маяк (Гунибское плато, Республика Дагестан) / *Г.Н. Гасанов, Ш.К. Салихов, К.М. Гаджиев* и др. // Растительные ресурсы. 2016. Т. 52, № 2. С. 214-224.
7. *Калашников, К.Г.* Адаптивная система земледелия и производство кормов / *К.Г. Калашников, М.С. Хлопюк, А.Ю. Акимов* // Кормопроизводство. 2006. №11. С. 2-4.
8. *Комарова, Н.В.* Практическое руководство по использованию систем капиллярного электрофореза «КАПЕЛЬ» / *Н.В. Комарова, Я.С. Каменцев.* – СПб.: ООО «Веда», 2006. 212 с.
9. *Сискевич, Ю.И.* Мониторинг содержания калия в почвах Липецкой области / *Ю.И. Сискевич, Г.Н. Никонова* // Агротехнический вестник. 2006. №6. С. 2-4.
10. *Титлянова, А.А.* Продуктивность травяных экосистем // Биологическая продуктивность травяных экосистем. Географические закономерности и экологические особенности / Под ред. *В.Б. Ильина.* – Новосибирск: Наука, Сиб. отд-е, 1988. С. 109-127.
11. *Amtmann, A.* The Effect of Potassium Nutrition on Pest and Disease Resistance in Plants / *A. Amtmann, S. Troufflard, P. Armengaud* // Physiologia Plantarum. 2008. Vol. 133, No. 4. P. 682-691.
12. *Ashley, M.K.* Plant responses to potassium deficiencies: a role for potassium transport proteins / *M.K. Ashley, M. Grant, A. Grabov* // J. Exp. Bot. 2006; V. 57, No 2. P. 425-436.
13. *Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants.* 3-rd edition. Edited by *P. Marschner.* – Amsterdam, Netherlands: Elsevier/Academic Press, 2011. P. 684
14. *McGuire, A.D.* Environmental variation, vegetation distribution, carbon dynamics and water/energy exchange at high latitudes / *A.D. McGuire, S. Sitch, M. Apps* et al. // J. Veg.Sci. 2002. Vol. 13. P. 301-314.
15. *Pan, Y.* A biogeochemistry – based dynamics vegetation model and its application along a moisture gradient in the continental United States / *Y. Pan, A.D. McGuire, J.M. Melillo* et al. // J. Veg. Sci. 2002. Vol. 13. P.369-382.

BALANCE OF POTASSIUM IN HERBAL ECOSYSTEMS OF DAGESTAN MIDDLE MOUNTAINS

© 2017 Sh.K. Salikhov, Z.N. Ahmedova, K.B. Gimbatova, Zh.O. Shaykhalova

Precaspian Institute for Biological Resources DSC RAS, Makhachkala

The study is devoted to determination the volume of accumulation and translocation of aboveground and underground mass in blocks of organic matter, concentration and potassium reserves, as well as the balance of this element in the grass ecosystems of the Middle mountain Dagestan subprovince. Studies were carried out on the slopes of northern and southern exposure of Mount Mayak, with a steepness respectively 15-20° and 20-25° in the experimental base of the Mountain Botanical Garden Dagestan Scientific Center RAS at an altitude of 1700-1800 m above sea level. The results of research on the formation of green mass, rags and felt, live and dead ground masses of natural phytocenosis are presented. The concentrations and reserves of potassium in blocks of organic matter are determined from the exposures of the slopes. Potassium was removed to form an organic mass and return it to the soil by leaching from aboveground organs, intra vital precipitation and decomposition of underground organs and steppe felts. The degree of balance of this plant nutrient balance has been determined.

Key words: *phytomass, translocation, block of organic matter, potassium, concentration, reserves, balance*

Shamil Salikhov, Research Fellow, научный сотрудник. E-mail: salichov72@mail.ru; Zaira Akhmedova, Research Fellow. E-mail: zaira-1945@mail.ru; Kabirat Gimbatova, Minor Research Fellow; Zhamilat Shaikhalova, Senior Laboratory Assistant

УДК 581.132:518.45:581.522.4 (470.21)

ИЗУЧЕНИЕ ПЛАСТИЧНОСТИ ФОТОСИНТЕТИЧЕСКОГО АППАРАТА ЛИСТЬЕВ ДЕНДРОИНТРОДУЦЕНТОВ В УСЛОВИЯХ УРБАНОСРЕДЫ КОЛЬСКОЙ АРКТИКИ

© 2017 Н.В. Салтан^{1,2}, Е.П. Шлапак¹, В.К. Жиров^{1,2}, Е.А. Святковская¹, О.Б. Гонтарь^{1,2}, Н.Н. Тростенюк¹

¹Полярно-альпийский ботанический сад-институт им. Н.А. Аврорина КНЦ РАН

²Мурманский государственный технический университет, Апатитский филиал

Статья поступила в редакцию 09.05.2017

Изучена активность фотосинтетического аппарата ассимилирующих органов древесных интродуцентов на урбанизированных территориях Мурманской области. Установлено, что при существующем уровне техногенного загрязнения окружающей среды городов в листьях *Syringa josikaea* Jacq. fil, *Spiraea salicifolia* L и *Spiraea media* Franz Schmidt и, в меньшей степени *Rosa rugosa* Thunb. наблюдается увеличение фотосинтетической активности. Выявлены адаптационные изменения пластидного аппарата листьев *Syringa josikaea* в ответ на воздействие никеля, выражающиеся в увеличении светособирающей способности пигментного комплекса.

Ключевые слова: фотосинтетический пигмент, лист, дендроинтродуценты, адаптация, урбанизированные территории

Урбанизированная среда отличается от природной по многим показателям: качеством атмосферного воздуха, состоянием почв и растительности, климатическими условиями [2, 8, 11, 18]. Мурманская область является одним из наиболее индустриально-развитых и урбанизированных регионов севера России. В области широко развиты горнодобывающая, топливно-энергетическая, металлургическая, пищевая отрасли промышленности. Приоритетными химическими веществами, загрязняющими атмосферный воздух населенных мест, являются диоксид серы, взвешенные вещества, оксид углерода, диоксид азота, формальдегид, фенол, бенз(а)пирен, тяжелые металлы [10]. Наибольший индекс загрязнения атмосферы (ИЗА) отмечен в г. Мончегорске вследствие деятельности металлургического комплекса (с 1939 г.) и г. Мурманске, где сосредоточены различные предприятия, в том числе по перегрузке и хранению грузов, автотранспорт.

Салтан Наталья Владимировна, кандидат биологических наук, научный сотрудник лаборатории декоративного цветоводства и озеленения, заместитель заведующего кафедрой геоэкологии. E-mail: saltan.natalya@mail.ru

Шлапак Евгения Петровна, младший научный сотрудник лаборатории декоративного цветоводства и озеленения. E-mail: evgeniashl@mail.ru

Жиров Владимир Константинович, член-корреспондент РАН, доктор биологических наук, профессор, директор, заведующий кафедрой геоэкологии. E-mail: v_zhirov_1952@mail.ru

Святковская Екатерина Александровна, научный сотрудник лаборатории декоративного цветоводства и озеленения. E-mail: sviatkovskaya@mail.ru

Гонтарь Оксана Борисовна, кандидат биологических наук, заместитель директора по научной работе, доцент кафедры геоэкологии. E-mail: gontar_ob@mail.ru

Тростенюк Надежда Николаевна, научный сотрудник лаборатории интродукции и акклиматизации растений. E-mail: tnn_aprec@mail.ru.

Проблема оздоровления среды города становится все более актуальной для Кольского Заполярья. Оптимизировать городскую среду позволяет зеленое строительство, выполняющее оздоровительные, природоохранные и эстетические функции [1, 7]. Основная роль в экологизации урбанизированных территорий отводится зеленым насаждениям. Правильно подобранный ассортимент растений, устойчивых к неблагоприятным воздействиям, позволит украсить городской ландшафт и сохранить санитарно-экологическую эффективность.

Урбанофлоре свойственна определенная пластичность и изменчивость для возможности существования в нестабильной среде городов. Нарушение физиологических функций и процессов растений в условиях городской среды является ответной реакцией организма на негативные факторы природного и антропогенного характера. К одним из чувствительных физиологических процессов растений к внешнему воздействию относят фотосинтез, на который оказывает воздействие целый комплекс экологических факторов: освещенность, температурный режим, влагообеспеченность, рельеф, почва, загрязнение и др., а также физиологическое состояние самого растения. Растительный организм адаптируется к условиям окружающей среды и это сказывается на особенностях пигментного аппарата. Интенсивное загрязнение атмосферы промышленными токсикантами по-разному влияет на содержание и соотношение пигментов в ассимиляционных органах древесных растений.

Рядом исследований выявлено, что у деревьев в городской среде наблюдается снижение фотосинтетической способности их ассимиляционного аппарата [13, 14, 16]. К факторам, понижающим фотосинтетическую активность древесных растений в условиях техногенеза, относят пыль и сажу в воздухе, которые приводят к закупориванию устьиц, задержке поглощения углекислого газа растениями, изменению оптических свойств и теплового баланса

листа. Наряду с этим в некоторых исследованиях установлено, что большинство тяжелых металлов, присутствующих в аэротехногенных выбросах и почвах, приводит к некоторому росту содержания зеленых пигментов пластид [12, 4]. Показано также, что у интродуцированных видов растений при невысоком уровне загрязнения окружающей среды отмечается увеличение ассимиляционной активности [3].

Цель работы: изучить изменения пигментного состава в листьях наиболее распространенных древесных интродуцентов, используемых для озеленения городов Мурманской области, при разной техногенной нагрузке.

Объекты и методы. Для исследования выбраны три города Мурманской области: Апатиты (ИЗА=1,88), Мурманск (ИЗА=2,84) и Мончегорск (ИЗА=3,39) (доклад за 2015 г.). В каждом городе было выделено 2 опытные площадки, одна приурочена к примагистральным посадкам, другая – к посадкам, более удаленным от автодорог. В качестве условного контроля использован дендрарий Полярно-альпийского ботанического сада-института (ПАБ-СИ), расположенный в 1 км севернее г. Апатиты.

Объектами исследования стали наиболее распространенные в озеленении северных городов средневозрастные дендроинтродуценты: красивоцветущие кустарники - *Syringa josikaea*, *Rosa rugosa*, *Spiraea media* и *Spiraea salicifolia*. В конце вегетационного периода 2015 г. (август - сентябрь, до осеннего окрашивания листьев) отбирали смешанные пробы листьев вышеуказанных видов растений. В спиртовых экстрактах свежих образцов было определено содержание фотосинтетических пигментов: хлорофиллов *a*, *b* и каротиноидов спектрофотометрическим методом (спектрофотометр ПЭ-5400 ВИ, Россия) при длинах волн $\lambda = 665, 649$ и 470 соответственно, расчеты сделаны по формулам Н.К. Lichtenthaller и А.Р. Wellburn (1983). Все определения выполнены в трех биологических повторностях. В листьях кустарников было проанализировано содержание Ni и Cu, как основных загрязняющих элементов окружающей среды, методом атомной абсорбции на спектрофотометре Shimadzu 6800 после разложения сухих растительных образцов концентрированной азотной кислотой. Статистическая обработка материалов проведена в программе MS Excel 2010.

Таблица 1. Содержание фотосинтетических пигментов (мг/г сух. массы) и тяжелых металлов (мг/кг) в листовой пластинке дендроинтродуцентов на обследуемых территориях

Площадки наблюдения	Хл. <i>a</i>	Хл. <i>b</i>	Каротиноиды	<i>a/b</i>	(<i>a+b</i>)/кар	Ni	Cu
<i>Syringa josikaea</i>							
Контроль	0,37±0,065	0,09±0,015	0,11±0,020	4,16	4,14	10,28	15,66
Апатиты_1	0,40±0,022	0,10±0,003	0,13±0,009	4,12	4,02	5,51	12,76
Апатиты_2	<u>0,88±0,080</u>	<u>0,25±0,022</u>	<u>0,20±0,021</u>	3,52	5,73	27,14	11,04
Мурманск_1	0,77±0,036	0,24±0,013	0,17±0,008	3,15	5,87	34,27	<u>28,25</u>
Мурманск_2	0,60±0,005	0,18±0,011	0,14±0,010	3,26	5,51	17,37	11,17
Мончегорск_1	0,55±0,075	0,24±0,012	0,12±0,024	2,31	<u>6,45</u>	<u>76,07</u>	16,47
Мончегорск_2	0,43±0,101	0,22±0,102	0,10±0,051	2,27	6,36	58,54	14,72
<i>Rosa rugosa</i>							
Контроль	0,58±0,041	0,18±0,012	0,14±0,008	3,16	5,48	2,52	5,88
Апатиты_1	0,68±0,031	0,21±0,008	<u>0,16±0,006</u>	3,18	5,57	7,42	8,28
Апатиты_2	0,35±0,032	0,11±0,010	0,09±0,009	3,23	4,86	4,16	4,95
Мурманск_1	0,53±0,017	0,15±0,008	0,12±0,006	3,57	5,47	11,99	10,27
Мурманск_2	<u>0,69±0,041</u>	<u>0,21±0,012</u>	0,15±0,010	3,21	<u>6,07</u>	7,31	8,26
Мончегорск_1	0,49±0,030	0,16±0,008	0,12±0,007	2,99	5,47	<u>72,67</u>	<u>23,25</u>
Мончегорск_2	0,55±0,056	0,15±0,032	0,16±0,012	<u>3,80</u>	4,39	29,99	11,98
<i>Spiraea media</i>							
Контроль	0,45±0,035	0,13±0,006	0,13±0,012	3,46	4,48	3,98	3,41
Апатиты_1	0,55±0,053	0,15±0,035	0,16±0,010	3,68	4,36	6,44	7,53
Апатиты_2	0,47±0,012	0,14±0,003	0,15±0,004	3,50	4,06	4,82	4,35
Мурманск_1	0,68±0,005	0,19±0,009	0,19±0,003	<u>3,70</u>	4,59	14,22	10,00
Мурманск_2	<u>0,79±0,031</u>	<u>0,26±0,013</u>	<u>0,20±0,010</u>	3,10	5,37	7,04	7,05
Мончегорск_1	0,66±0,053	0,20±0,013	0,16±0,015	3,21	<u>5,44</u>	<u>112,88</u>	<u>35,14</u>
Мончегорск_2	0,58±0,016	0,18±0,006	0,16±0,001	3,17	4,88	46,35	13,91
<i>Spiraea salicifolia</i>							
Контроль	0,54±0,034	0,15±0,007	0,14±0,013	3,59	4,8	6,53	5,68
Апатиты_1	0,59±0,040	0,17±0,012	0,14±0,011	3,55	5,41	8,62	11,03
Апатиты_2	<u>1,31±0,120</u>	<u>0,37±0,041</u>	<u>0,32±0,049</u>	3,58	5,22	7,88	7,92
Мурманск_1	1,28±0,081	0,37±0,025	0,29±0,015	3,44	<u>5,61</u>	13,37	10,19
Мурманск_2	0,78±0,089	0,21±0,025	0,21±0,027	3,66	4,66	11,32	10,12
Мончегорск_1	0,54±0,045	0,14±0,022	0,15±0,012	<u>3,93</u>	4,56	46,78	<u>12,91</u>
Мончегорск_2	0,73±0,036	0,19±0,013	0,22±0,008	3,78	4,27	<u>49,16</u>	12,12

Примечание: 1 – площадки в непосредственной близости от автомобильных дорог; 2 – площадки на некотором удалении от автодорог; курсивом выделены максимальные значения

Результаты. Анализ содержания фотосинтетических пигментов в листьях интродуцированных кустарников показал, что существует видовая специфичность распределения этих показателей (табл. 1). Количество хлорофилла и каротиноидов в ассимилирующих органах растений на урбанизированных территориях было нестабильным даже в условиях одного города. Наиболее высоким содержанием пигментов в растениях городов характеризуется *Spiraea salicifolia*, менее всего - *Rosa rugosa*. По накоплению тяжелых металлов, как в городах, так и в дендрарии ПАБСИ лидирующее положение преимущественно заняла *Syringa josikaea*. Для данного вида растения выявлено увеличенное содержание компонентов пигментного фонда по сравнению с контролем. Только в листьях этого кустарника отчетливо наблюдается с ростом загрязнения снижение величины отношения хлорофилла a/b и увеличение значения отношения суммы хлорофиллов к каротиноидам. Такие соотношения являются информативными показателями активности фотосинтеза [6].

Снижение величины отношения хлорофилла a/b в условиях загрязнения газообразными токсичными веществами может свидетельствовать о газостойкости растений [5]. Как правило, хлорофилл a более лабилен в отношении любых способов нарушения естественного пигментного комплекса [6]. Соотношение $(a+b)/\text{каротиноиды}$ в норме стабильно и очень чутко реагирует на изменения различных факторов среды. Показано, что тенденция к уменьшению отношения $(a+b)/\text{каротиноиды}$ свидетельствует о снижении светособирающей функции пигментного комплекса под воздействием неблагоприятных погодных условий [17].

На рис. 1 отображена достоверная линейная зависимость (при $p < 0,05$, $n=7$) вышеуказанных соотношений от содержания Ni в листьях *Syringa josikaea* (для Cu, как биогенного элемента, значимых высоких коэффициентов корреляции не получено). Таким образом, можно предположить, что *Syringa josikaea* в урбаноусловиях Кольского Заполярья является газостойчивым видом, и стратегия ее адаптации выражается в увеличении светособирающей способности пигментного фонда.

Для двух видов *Spiraea*, произрастающих в городах, отмечаются также более высокие содержания пигментов относительно дендрария ПАБСИ. По концентрации тяжелых металлов больше выделяется *Spiraea salicifolia* (за исключением г. Мончегорск). Следует отметить, что у данного вида спиреи наблюдалось увеличение значения отношения хлорофилла a/b при большем уровне загрязнения (Мончегорск). По мнению В.С. Николаевского (1979) такой факт может стать признаком адаптации фотосинтетического аппарата к воздействию неблагоприятных факторов среды (запыленность, эмиссии промышленных газов). Характерно, что величина отношения суммы хлорофиллов к каротиноидам с ростом содержания металлов в листьях *Spiraea salicifolia* не увеличилась, что связано с возрастанием

доли каротиноидов. Именно им принадлежит важнейшая роль в защите зеленых пигментов листа от фотоокисления [9].

В листьях *Spiraea media* отмечена тенденция снижения отношения хлорофилла a/b и увеличение $a+b/\text{каротиноиды}$ с ростом техногенной нагрузки (содержание Ni) подобно *Syringa josikaea* только в меньшем диапазоне значений. Проведенный корреляционный анализ зависимости содержания пигментов в листовой пластине от концентрации металлов для обеих спирей показал низкие значения.

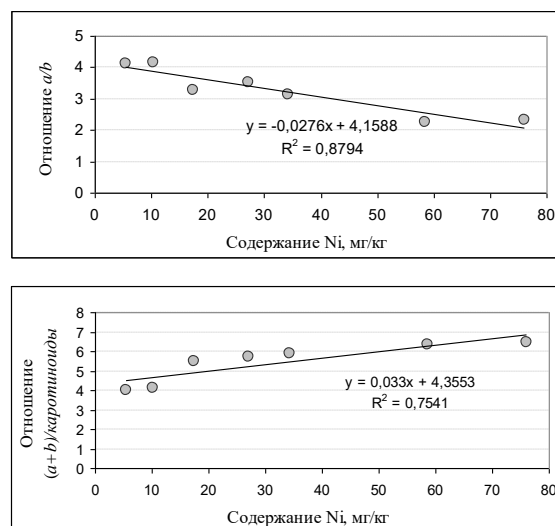


Рис. 1. Зависимость отношений хлорофилла a/b , $(a+b)/\text{каротиноиды}$ от содержания Ni в листьях *Syringa josikaea* на исследуемых территориях

В листьях *Rosa rugosa* в зависимости от условий произрастания наблюдалось как увеличение содержания пигментов относительно контрольного участка, так и их снижение, причем это не было связано с уровнем загрязнения, поскольку минимальное содержание всех пигментов отмечено в Апатитах. Для данного растения на фоне остальных кустарников в зоне условного контроля можно отметить минимальное значение отношения хлорофилла a/b и максимальное: хлорофилл $a+b / \text{каротиноиды}$. Доля каротиноидов в пигментном комплексе здесь ниже, чем зеленых пигментов, тогда как у других изученных растений она на уровне хлорофилла b и даже выше. Рассчитанные коэффициенты корреляции между содержанием пигментов, их соотношений и накоплением никеля и меди в листьях шиповника не выявили наличие функциональных связей.

Достаточно высокий уровень запыленности и загрязненности листьев кустарников, произрастающих в городах, может приводить к нарушению процессов фотосинтеза и снижению выработки пигментов, но полученные результаты свидетельствуют о вероятном включении компенсаторных механизмов, приводящих к активизации ассимилирующей активности. Механизмы адаптации фотосинтетического аппарата древесных интродуцентов представляют интерес для дальнейшего изучения.

Выводы:

1. Установлено, что при существующем уровне техногенного загрязнения окружающей среды урбанизированных территорий Мурманской области в ассимилирующих органах *Syringa josikaea*, *Spiraea salicifolia* и *Spiraea media*, в меньшей степени *Rosa rugosa* наблюдается увеличение фотосинтетической активности. Для каждого вида изученного растения выявлен индивидуальный характер распределения пигментного фонда ассимилирующего аппарата. В условиях городской среды наибольшая способность к синтезу хлорофилла *a*, *b* и каротиноидов выражена у *Spiraea salicifolia*.

2. Среди исследованных кустарников, используемых в озеленении городов, наиболее высокое содержание тяжелых металлов (Ni, Cu) в листьях отмечено у *Syringa josikaea*. Для данного интродуцента выявлены адаптационные изменения фотосинтетического аппарата в ответ на воздействие никеля, выражающиеся в увеличении светособирающей способности пигментного фонда. Определено, что *Syringa josikaea* является газоустойчивым видом в условиях Кольской Арктики. Для остальных видов декоративных кустарников достоверного влияния тяжелых металлов на ассимиляционную активность не выявлено.

3. Показано, что изученные дендроинтродуценты можно успешно использовать в зеленом оформлении заполярных городов, создавая их эстетическую привлекательность и улучшая экологическую обстановку.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аврорин, Н.А. Чем озеленять города и поселки Мурманской области и северных районов Карело-Финской ССР. – Кировск, 1941. 126 с.
2. Бухарина, И.Л. Эколого-биологические особенности древесных растений в урбанизированной среде / И.Л. Бухарина, Т.М. Поварнищина, К.Е. Ведерников. – Ижевск: ФГОУ ВПО Ижевская ГСХА, 2007. 216 с.
3. Бухарина, И.Л. Биоэкологические особенности древесных растений и обоснование их использования в целях экологической оптимизации урбаноосреды (на примере г. Ижевска): Автореф. дис. д.б.н. – Тольятти, 2009. 36 с.
4. Веретенников, А.В. Физиология растений с основами биохимии. – Воронеж: ВГУ, 1987. 256 с.
5. Гетко, Н.В. Растения в техногенной среде: Структура и функция ассимиляционного аппарата. – Минск: Наука и техника, 1989. 205 с.
6. Годнев, Т.Н. Хлорофилл: Его строение и образование в растении. – Минск: Изд-во Акад. наук БССР, 1963. 319 с.
7. Гонтарь, О.Б. Зеленое строительство в городах Мурманской области / О.Б. Гонтарь, В.К. Жилов, Л.А. Казаков и др. – Апатиты: Изд. Кольского научного центра РАН, 2010. 224 с.
8. Горышина, Т. К. Экология растений. – М.: Высш. школа, 1979. 368 с.
9. Гудвин, Т. Введение в биохимию растений / Т. Гудвин, Э. Мерсер. – М.: Мир, 1986. 312 с.
10. Доклад о состоянии и об охране окружающей среды Мурманской области в 2015 году. Интернет ресурс: <http://mpr.gov-murman.ru>
11. Евдокимова, Г.А. Эколого-микробиологические основы охраны почв Крайнего Севера. – Апатиты: Изд-во Кольского научного центра РАН, 1995. 272 с.
12. Илькун, Г. М. Загрязнители атмосферы и растения. – Киев: Наукова думка, 1978. 246 с.
13. Легощина, О.М. Адаптация фотосинтетического аппарата хвои *Picea obovata* Ledeb. в условиях преобладающего влияния выбросов промзоны г. Кемерово / О.М. Легощина, О.А. Неверова, А.А. Быков // Известия Самарского научного центра РАН. 2016. Т. 18, № 2. С. 132-135.
14. Неверова, О.А. Некоторые особенности физиолого-биохимического и анатомического строения ассимиляционного аппарата березы бородавчатой в условиях техногенного загрязнения г. Кемерово // Экологические и метеорологические проблемы больших городов и промышленных зон. – СПб.: РГТУ, 1999. С.98-100.
15. Николаевский, В.С. Биологические основы газоустойчивости растений. – Новосибирск: Наука, 1979. 213 с.
16. Николаевский, В.С. Экологическая оценка загрязнения среды и состояния наземных экосистем методами фитоиндикации. – Пушкино: ВНИИЛМ, 2002. 220 с.
17. Титова, М. С. Динамика фотосинтезирующей активности хвои *Picea ajanensis* и *Picea Smithiana* в условиях зелёной зоны г. Уссурийска / М. С Титова, Н. Г. Розломий // «Живые и биокосные системы». 2015. № 12; URL: <http://www.jbks.ru/archive/issue-12/article-4>.
18. Чистякова, С.Б. Охрана окружающей среды. – М.: Стройиздат, 1988. 272 с.
19. Lichtenthaler, H.K. Determinations of total carotenoids and chlorophylls *a* and *b* of leaf extracts in different solvents / H.K. Lichtenthaler, A.R. Wellburn // Biochemical society transactions. 1983. Vol. 11. No. 5. P. 591-592.

RESEARCH THE LEAVES PHOTOSYNTHETIC APPARATUS PLASTICITY AT ARBOREAL INTRODUCED PLANTS IN THE CONDITIONS OF KOLA ARCTIC ENVIRONMENT

© 2017 N.V. Saltan^{1,2}, E.P. Shlapak¹, V.K. Zhironov^{1,2}, E.A. Svyatkovskaya¹, O.B. Gontar^{1,2}, N.N. Trostenyuk¹

¹Polar Alpine Botanical Garden-Institute named after N.A. Avrorin KSC RAS

²Apatity Branch of Murmansk State Technical University

The activity of photosynthetic apparatus of arboreal introduced plants assimilating organs in the urbanized territories of Murmansk oblast has been studied. It has been established that photosynthetic activity increases in the

leaves of *Syringa josikaea* Jacq. Fil, *Spiraea salicifolia* L. and *Spiraea media* Franz Schmidt and, to a lesser extent, *Rosa rugosa* Thunb. at the current level of industrial pollution in cities. Adaptation changes in the plastid apparatus of the leaves *Syringa josikaea* as a response to the action of nickel are revealed. It's expressed in increasing the light-gathering power of the pigment complex.

Key words: *photosynthetic pigment, leaf, arboreal introduced plants, adaptation, urban areas*

Natalia Saltan, Candidate of Biology, Research Fellow at the Laboratory of Decorative Floriculture and Gardening, Deputy Head of the Geoecology Department. E-mail: saltan.natalya@mail.ru
Evgeniya Shlapak, Minor Research Fellow at the Laboratory of Decorative Floriculture and Gardening. E-mail: evgeniashl@mail.ru
Vladimir Zhirov, Corresponding Member of RAS, Doctor of Biology, Professor, Director, Head of the Geoecology Department. E-mail: v_zhirov_1952@mail.ru
Ekaterina Svyatkovskaya, Research Fellow at the Laboratory of Decorative Floriculture and Gardening. E-mail: sviatkovskaya@mail.ru
Oksana Gontar, Candidate of Biology, Deputy Director on Scientific Work, Associate professor at the Geoecology Department. E-mail: gontar_ob@mail.ru
Nadezhda Trostenyuk, Research Fellow at the Laboratory of Plants Introduction and Acclimatization. E-mail: tnn_aprec@mail.ru.

УДК 582.711.711/.712:631.529(470.13)

ВОСТОЧНОАЗИАТСКИЕ ВИДЫ *SPIRAEA* L. И *COTONEASTER* MEDIK. НА ЕВРОПЕЙСКОМ СЕВЕРО-ВОСТОКЕ (РЕСПУБЛИКА КОМИ)

© 2017 А.Н. Смирнова, А.Н. Пунегов, К.С. Зайнуллина

Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар

Статья поступила в редакцию 22.05.2017

Представлены результаты интродукции пяти восточноазиатских видов рода *Spiraea* L. и восьми видов рода *Cotoneaster* Medik. при культивировании на европейском Северо-Востоке. Большинство исследуемых видов *Spiraea* имеют средние баллы зимостойкости, но высокую побегообразовательную способность. Цветение и плодоношение регулярное. Высокими декоративными качествами характеризуются сорта *Spiraea japonica* L. Растения *Cotoneaster melanocarpus*, *C. dammeri*, *C. horizontalis*, *C. ascendens* проходят полный цикл развития, сохраняют жизненную форму, присущую им в естественном ареале, имеют высокую зимостойкость, весьма декоративны и могут быть использованы в озеленительных посадках центральных и южных районов Республики Коми. Растения *Cotoneaster amoenus*, *C. roseus*, *C. bullatus*, *C. allochrous* седьмого года жизни еще не перешли в генеративный период и ежегодно подмерзают, однако, отрастают в следующем вегетационном сезоне.

Ключевые слова: *Spiraea* L., *Cotoneaster* Medik., интродукция, восточноазиатские виды, фенология, сезонный ритм, цветение, европейский Северо-Восток

В дендрарии Ботанического сада Института биологии Коми НЦ УрО РАН собраны коллекции родовых комплексов *Spiraea* L. и *Cotoneaster* Medik. семейства *Rosaceae* Juss. с целью испытания новых видов в условиях северного региона и внедрения в практику озеленения. По результатам инвентаризации 2016 г., коллекция рода *Spiraea* насчитывает 42 таксона (23 вида, 7 гибридов, 9 сортов, 3 разновидности), являясь самой многочисленной среди других родовых комплексов древесно-кустарниковых растений, коллекция рода *Cotoneaster* – 14 видов, восемь из которых – восточноазиатские виды. Растения разных видов различного географического происхождения были привлечены в интродукцию в разные годы из ботанических садов России и ближнего зарубежья, преимущественно семенами, а также в виде саженцев.

Растения рода *Spiraea* – листопадные кустарники, не требовательны к почвенным условиям, растут быстро, светолюбивы, засухо- и газоустойчивы, зимостойки, рано зацветают (на второй-третий год), цветут в разные сроки, хорошо формируются, сохраняют декоративность долгие годы, редко повреждаются болезнями и вредителями [1]. В мире насчитывается около 90 видов *Spiraea*, распространенных в умеренной зоне Северного полушария [5, 7]. Из них наибольшее количество – 70 видов – описано для флоры Китая [15]; во флоре Республики Коми встречается всего один вид *Spiraea media* Franz Schmidt – спирея средняя [14].

Смирнова Анна Николаевна, ведущий инженер. E-mail: smirnova@ib.komisc.ru

Пунегов Артур Николаевич, инженер-исследователь. E-mail: arunegov@ib.komisc.ru

Зайнуллина Клавдия Степановна, кандидат биологических наук, доцент, заведующая отделом «Ботанический сад». E-mail: zainullina@ib.komisc.ru

Род *Cotoneaster* Medik. подсемейства *Maloideae* Weber объединяет от 60 до 70 видов [5, 12], листопадных, полувечнозеленых или вечнозеленых, густоветвистых кустарников. Ареал представителей

рода находится в Евразии, в основном в пределах Голарктической ботанико-географической области, и лишь на юге заходит в Палеотропическую. Во флоре Республики Коми встречаются *Cotoneaster melanocarpus* Lodd. (кизильник черноплодный) и *C. uniflorus* Bunge. (к. одноцветковый) [14]. Впервые название *Cotoneaster* было применено Каспаром Баухиным в 1623 г. [4]. С тех пор систематика рода в связи с открытием новых видов менялась, уточнялась. Так, в 1893 г. Э. Кене на основе различий цветков делит род *Cotoneaster* на две секции: *Orthopetalum* Koehne и *Chaenopetalum* Koehne. Затем в 1939 г. А.И. Поляркова для «Флоры СССР» объединяет близкие виды кизильников в ряды. Основопологающие изменения в систематику рода внес Г. Клотц, для устранения существующей путаницы он разделит род *Cotoneaster* на 2 подрода, 5 секций и 36 серий [4]. Изучением рода многие исследователи занимались и в связи с их практической значимостью. Кизильники весьма декоративны и широко используются в озеленении городов европейской части России, однако, в озеленительной практике районов Республики Коми они отсутствуют.

Цель работы: дать биоморфологическую характеристику растений *Spiraea* и *Cotoneaster* восточноазиатской флоры на основе изучения ритмов сезонного развития, зимостойкости, цветения и плодоношения при культивировании на европейском Северо-Востоке и выявить перспективные виды для зеленого строительства.

Материал и методы. Исследования проводили в дендрарии Ботанического сада Института биологии Коми НЦ УрО РАН, расположенном в среднетаежной подзоне Республики Коми. Ботанический сад Института биологии расположен в 8 км

от г. Сыктывкар, вблизи с. Вьльгорт Сыктывдинского района (61,6° с.ш., 50,8° в.д.). Наблюдения проводились в 2013-2016 гг.

Многолетняя среднегодовая температура на широте г. Сыктывкара равна 1°C. Продолжительность холодного периода с отрицательными температурами составляет 170-180 дней. Период с температурами -10°C и ниже длится около 100 дней. Устойчивый снежный покров устанавливается в первой декаде ноября и максимальной высоты достигает в марте (60-70 см). Безморозный период с температурами воздуха выше 0°C (весна, лето, осень) равен в среднем 180-190 дней. Средняя температура самого теплого месяца (июль) составляет 16-17°C, самого холодного месяца (январь) -15°C, а абсолютный минимум равен -51°C. Начало вегетационного периода (среднесуточная температура выше +5°C) отмечается в последней декаде апреля, его продолжительность составляет 150 дней, сумма суточных температур за этот период равна 1800°C. Продолжительность периода активной вегетации со среднесуточными температурами +10°C равна 90-110 дням, сумма суточных температур за этот период - 1450°C. Сумма осадков, выпадающих за год в районе Ботанического сада, составляет 500-600 мм, из которых 300-350 мм выпадает в теплый период. Почвы на территории сада по физико-химическому составу относятся к старопойменным, слабо- и среднекультурным, хорошо обеспеченным подвижными формами фосфора и калия [2].

Объектами исследований послужили растения пяти видов рода *Spiraea* L. и семи сортов *Spiraea japonica* L. и восьми видов рода *Cotoneaster* Medik. Род *Spiraea* разделен на три секции: секция *Chamaedrion* Ser., с простыми или сложными зонтиковидными или щитковидными соцветиями; секция *Calospira* C. Koch., у которой все соцветия представляют собой сложные щитки или щитковидные метелки; секция *Spiraria* Ser. - имеет метельчатые соцветия [5]. Описания видов *Spiraea* в тексте приведены по секциям, в пределах секции - латинские названия даны по алфавиту.

Виды описаны по образцам, вступившим в фазу генеративного развития. Исследование вегетационного периода проводилось по методике, предложенной в ГБС РАН [10]. Началом вегетации считалась дата распускания почек, окончанием - дата массового листопада. При изучении ритмов сезонного развития у растений был использован метод распределения видов на феногруппы в зависимости от сроков начала и окончания роста побегов [8]. Исследования проводили в течение вегетационных периодов 2013-2016 гг. Приведены средние даты за период наблюдений. Зимостойкость определена по 7-балльной шкале, разработанной в ГБС РАН: I - растения не обмерзают; II - обмерзает не более 50% длины однолетних побегов; III - обмерзает от 50 до 100% длины однолетних побегов; IV - обмерзают более старые побеги; V - обмерзает надземная часть до снежного покрова; VI - обмерзает вся надземная часть; VII - растения вымерзают целиком

[6]. Динамику роста побегов изучали по методике А.А. Молчанова и В.В. Смирнова [11].

Результаты и обсуждение.

Род *Spiraea* L. Центр видового многообразия рода *Spiraea* расположен в Юго-Восточной Азии, а видов секции *Spiraria* Ser. - в Северной Америке [3]. В настоящее время в коллекции рода *Spiraea* ботанического сада Института биологии преобладают виды азиатского распространения (Сибирь, Дальний Восток, Центральная и Восточная Азия) - 15 видов. Анализ географических ареалов видов проведен нами по сводке «Деревья и кустарники СССР» [5]. Отдельной группой представлены межвидовые гибриды, в анализ не включены культивары - сорта *S. × bumalda* Burv. и *S. japonica* L. Из 15 азиатских видов на данный момент в коллекции культивируется пять видов флоры Восточной Азии, включающей Китай, Корею и Японию. Большую часть этих видов представляют растения из секции *Calospira* C. Koch. Виды секции *Calospira* имеют более широкий ареал по сравнению с видами двух других секций - Юго-Восточная Азия (большинство видов), Северная Америка, Аляска, Дальний Восток России, Сибирь, Юго-Восточная Европа (отдельные виды) [3]. Считается, что районы Китая и Японии малоперспективны в качестве доноров растений, так как представители восточноазиатской флоры отличаются пониженной зимостойкостью в условиях Севера. Тем не менее, среди растений, имеющих жизненную форму кустарника, в коллекции дендрария выявлены виды, часто подмерзающие, но обладающие высокой побеговосстановительной способностью, что позволяет им успешно произрастать в новых природно-климатических условиях [9]. К таковым видам относятся и представители рода *Spiraea*.

Нами по делектусам получены семена восточноазиатского вида *S. trichocarpa* двух образцов - из Ботанического сада-института УрО РАН, г. Екатеринбург, и дендрологического сада Северного научно-исследовательского института лесного хозяйства, г. Архангельск. Семена высеяны весной 2015 г. в условиях теплицы, летом 2015 г. сеянцы рассажены на грядках питомника. Наблюдения за растениями продолжаются. Отметим, что произрастающие на данный момент в дендрокolleкции виды *Spiraea* относятся к секции *Calospira* C. Koch. Это кустарники, цветущие в начале и середине лета. Цветки белые или розовые, собранные в сложные соцветия - щитковидные метелки, ширина которых превосходит длину. Соцветия развиваются из почек двулетних побегов и расположены на концах коротких боковых веточек или на удлиненных побегах данного года, отходящих от старых ветвей, либо от основания куста [5]. Цветочные почки закладываются на побегах текущего года, поэтому обмерзание побегов не влияет на цветение и плодоношение этих растений [13], в отличие от растений секции *Chamaedrion* Ser., с соцветиями, развивающимися из почек двухлетних побегов, которые не цветут в случае сильного зимнего обмерзания. Результаты изучения ритмов сезонного развития и зимостойкости в новых условиях приведены в табл. 1.

Таблица 1. Распределение восточноазиатских видов *Spiraea* по ритмам сезонного развития при интродукции на европейском Северо-Востоке

Название растения (вид, сорт)	Период вегетации, даты	Фено-группа	Зимостойкость, баллы
<i>S. fritschiana</i>	10.05-01.10	РР	I
<i>S. japonica</i>	12.05-10.10	РП	I-II
<i>S. j. Alpina</i>	12.05-12.10	РП	II
<i>S. j. Golden Princess</i>	10.05-15.10	РП	II-III
<i>S. j. Japanese Dwarf</i>	12.05-12.10	РП	II
<i>S. j. Little Princess</i>	12.05-15.10	РП	II-III
<i>S. j. Macrophylla</i>	20.05-не зафикс. *	ПП	IV-V
<i>S. j. Plena</i>	12.05-12.10	РП	II
<i>S. j. Ruberrima</i>	12.05-10.10	РП	II-III
<i>S. longigemmis</i>	10.05-15.10	РП	I-II
<i>S. miyabei</i>	12.05-15.10	РП	III
<i>S. nipponica var. tosaensis</i>	15.05-15.10	РП	II-III

Примечание: РР – виды, рано начинающие и рано заканчивающие вегетацию; РП – виды, рано начинающие и поздно заканчивающие вегетацию; ПП – виды с поздним началом и поздним окончанием вегетации [8]. *- листопад у *S. japonica Macrophylla* не зафиксирован, в каждом вегетационном периоде растения к зимнему сезону остаются с листьями

В группу РР – с ранним началом и окончанием вегетации, по нашим наблюдениям, можно отнести лишь один вид – *S. fritschiana*, который имеет высший балл зимостойкости; период его вегетации 140 дней. В группу РП – с ранним началом и поздним окончанием вегетации вошли *S. longigemmis*, *S. miyabei*, *S. nipponica var. tosaensis* с баллами зимостойкости от I до III, период вегетации этих видов 150 и более дней. Побеги этих растений заканчивают свой рост в середине августа, их верхняя часть остается не одревесневшей, поэтому обмерзает в зимний период. Однако в течение летнего периода наблюдается быстрый рост новых побегов, а также поросли от основания куста. Зимостойкость растений остальных таксонов составляет от I балла у видового образца *S. japonica* до III баллов у сортов (табл. 1), после обмерзания растения быстро отрастают и ежегодно цветут. Исключением являются растения сорта *Macrophylla*, у которых ежегодно обмерзают выше линии снегового покрова не только молодые, но и более старые побеги. Как правило, растения этого сорта образуют побеги возобновления в середине июня, их рост завершается только к концу августа. Ежегодный прирост составляет от 80 до 100 см, но побеги остаются зелеными и не одревесневшими, что и приводит к зимнему обмерзанию. Данный сорт относится к группе ПП – с поздним началом и окончанием вегетации, поэтому нами он отнесен к неперспективным для дальнейшей интродукции.

Плодоношение интродуцентов – один из важнейших показателей их адаптации к новым условиям. Успех интродукции в значительной мере зависит от нормального цветения и плодоношения в конкретных условиях произрастания. Регулярное цветение отмечено у всех изученных образцов, кроме растений вида *S. nipponica var. tosaensis* и *S. japonica Macrophylla*, цветение у них зафиксировано только в сезон 2015 г., что, вероятно, связано с

низкой зимостойкостью. В последней декаде июня цветут растения *S. fritschiana*, *S. longigemmis* и *S. miyabei*, период цветения 2-3 недели, цветки белые в щитковидных соцветиях (рис. 1). С середины июля до конца августа цветут растения *S. japonica* и ее сорта, с цветками от розовой до малиновой окраски. Это растения с наиболее высокими декоративными качествами: различной формой и размерами листьев и кустов, продолжительным цветением, разнообразной окраской цветков, что имеет большое значение в декоративном садоводстве. Окраска цветков варьирует от светло-розовой у растений сорта *Golden Princess* до темно-малиновой у растений сорта *Ruberrima*. Растения сорта *Plena* характеризуются наиболее длительным периодом цветения и ценными декоративными качествами благодаря махровым цветкам (двойному кругу лепестков) розово-сиреневого оттенка, с размером цветков от 0,5 до 0,7 см и соцветий от 5 до 10 см в диаметре (рис. 2).



Рис. 1. Соцветие *Spiraea longigemmis*

У растений *S. fritschiana* семян завязывается мало, что отмечается и другими исследователями [3]. Ежегодное плодоношение с формированием достаточного количества фертильных семян отмечается у *S. japonica*, *S. longigemmis* и *S. miyabei*. Сорта

S. japonica образуют мало семян, но для их успешного размножения целесообразнее применять методы вегетативного размножения путем черенкования или деления кустов. Вегетативное размножение ценных сортов позволяет получить растения с определенными декоративными качествами: формой кроны, окраской, формой листьев и т.п., которые при семенном размножении могут быть утеряны.



Рис. 2. Соцветие *Spiraea japonica Plena*

Род *Cotoneaster Medik.*

Cotoneaster dammeri (кизильник Даммера) – вечнозеленый почвопокровный кустарник до 0,2 м высотой, с полегающими по всей длине ветвями. Родина данного вида – юго-восточный Китай. На территории дендрария начало распускания листьев отмечено в середине мая. Листья жесткие, плотные, продолговато-эллиптической формы, сверху темно-зеленые с блеском, снизу светло-зеленые, гладкие. Растение бутонизирует с середины июня, массовое цветение отмечено в середине июля. Цветки мелкие, белые (рис. 3). Завязывание плодов начинается в середине июля, а их массовое созревание – в первой декаде августа. Плоды почти округлые, 5-6 мм длиной, 5-6 мм в диаметре, вначале зеленые, зрелые ярко-красные, с четырьмя-пятью семенами. Зимостойкость растения оценивается в I балл. За многолетние наблюдения не отмечено подмерзания растений.



Рис. 3. Цветение *Cotoneaster dammeri*

Cotoneaster horizontalis (к. горизонтальный) – листопадный, полувечнозеленый низкий кустарник, менее 0,5 м высотой, со свисающими ветвями. Родина – Центральный Китай [7]. Листья узкоэллиптические, на верхушке тупые или с маленьким шипиком, сверху темно-зеленые, снизу – светло-зеленые, распускаются в условиях Ботанического сада в середине третьей декады мая. Бутонизация растения отмечается с середины июня до начала июля. Появление единичных цветков наблюдалось в начале второй декады июня, а их массовое цветение – в конце июля (рис. 4). Завязывание плодов происходит в начале июля, а массовое созревание в первых числах августа. Плоды овальной формы, 5-6 мм длиной, 4-5 мм в диаметре, вначале светло-зеленые, позже красного цвета, с двумя-тремя косточками. Зимостойкость растения равна II баллам. Некоторые однолетние побеги обмерзают не более чем на 50% своей длины.



Рис. 4. Цветение *Cotoneaster horizontalis*

Cotoneaster melanocarpus (к. черноплодный) – пряморастущий, листопадный кустарник, высотой до 2 м [7]. *C. melanocarpus* – евроазиатский вид. Встречается в лесах Республики Коми, в культурных посадках не отмечен. В условиях коллекции Ботанического сада кустарник достигает высоты 1,8 м и диаметра куста 2,5 м, крона рыхлая, ветки раскидистые. Разворачивание листьев отмечено в середине третьей декады мая. Листья широко-яйцевидные, сверху зеленые, снизу беловато-войлочные, красивые, осеннюю окраску приобретают в первой декаде сентября. В третьей декаде мая начинается бутонизация, которая растянута до конца июня. Единичное цветение наступает в начале июня, а массовое – в начале третьей декады июня. Цветки розовые, мелкие, по 5-12 шт. в пазушных кистях. Завязывание плодов отмечается 28 июня – 1 июля, массовое созревание – в конце августа, плоды почти шаровидные, 7-8 мм длиной, 6-7 мм в диаметре, вначале светло-зеленые, зрелые – черные, матовые, с тремя-четырьмя косточками. Вид зимостоек, не требователен к плодородию почвы, не повреждается вредителями и болезнями.

Cotoneaster ascendens (к. приподнимающийся) – листопадный кустарник, 0,5 м высотой, с горизонтально направленными ветвями, но приподнимающимися в основании куста. Родина – юго-западный Китай. Разворачивание листьев отмечено в середине третьей декады мая. Листопад – в начале первой декады октября. Листья продолговато-эллиптической формы, с узко-клиновидным основанием и заостренной верхушкой, сверху зеленые блестящие, снизу светло-зеленые. Начало роста побегов – в конце мая, окончание – в конце третьей декады сентября. Растение морозостойкое, зимостойкость оценивается в I-II балла.

Cotoneaster allochrous (к. инакоцветный) – прямостоячий, листопадный кустарник, естественно произрастающий на Тянь-Шане, где достигает 4 м высоты. В новых условиях произрастания к седьмому году жизни – куст высотой 1,3 м, с листьями 3,5-5 см длиной и 3-3,5 см шириной.

Cotoneaster bullatus (к. пузырчатый) – листопадный кустарник от 2 до 4 м высоты. Родина – юго-западный Китай и Тибет. В культуре произрастает в Санкт-Петербурге, Воронеже, Минске, Киеве, Ташкенте и Тарту [6]. Шесть растений седьмого года жизни достигли высоты от 0,9 до 1,7 м. Листья крупные – 10-12 см длиной, 4-6 см шириной, продолговато-яйцевидные, широко-клиновидные у основания и заостренные на верхушке; темно-зеленые сверху, снизу светлее. Зимостойкость растений низкая (II-III балла), отмечено ежегодное их подмерзание.

Cotoneaster roseus (к. розовый) – высокодекоративный, листопадный кустарник или небольшое деревце, высотой до 3,5 м. Родина – Гималаи и Афганистан. В условиях интродукции высота растения составила 1,1 м. Листья продолговато-эллиптические, с широко-клиновидным основанием и заостренной верхушкой, сверху зеленые с металлическим блеском, снизу серовато-зеленые, 4-5 см длиной, 2-2,5 см шириной. Зимостойкость растений оценивается в II-III балла, замечено полное обмерзание однолетних побегов.

Cotoneaster amoenus (к. прелестный) – невысокий полувечнозеленый или вечнозеленый кустарник. Естественно произрастает в Китае. К концу 2016 г. растения имели высоту от 0,5 до 0,9 м. Листья не плотные, округло-яйцевидные, закругленные у основания, заостренные на верхушке, темно-зеленые со слабым блеском, длиной 3 см и шириной 2,2 см. Зимостойкость равна III-IV баллам, обмерзают как однолетние, так и многолетние побеги.

Выводы: в результате многолетних исследований выявлены биологические особенности роста, развития и зимостойкости восточноазиатских видов родов *Spiraea* L. и *Cotoneaster* Medik., интродуцированных в среднетаежную подзону Республики Коми. Отмечено, что при культивировании в новых экологических условиях не все интродуценты одинаково хорошо адаптируются. При культивировании в среднетаежной подзоне растения восточноазиатских видов *Spiraea* L. характеризуются средней

зимостойкостью. Благодаря высокой побегообразующей способности в течение вегетационного периода растения быстро восстанавливаются после зимнего обмерзания и регулярно цветут. Наиболее перспективными для интродукции на Севере являются растения *Spiraea fritschiana*; *S. japonica*, *S. longigemmis*, *S. miyabei* являются достаточно перспективными видами. Растения *S. nipponica* var. *tosaensis* требуют дальнейшего испытания в условиях культуры с целью изучения прежде всего декоративных качеств. Для целей декоративного растениеводства наиболее ценными являются *Spiraea japonica* и ее сорта. Благодаря высокодекоративным качествам – разнообразию размеров и окраске листьев и цветков, высоте кустов, продолжительности цветения, а также сравнительной устойчивости в культуре, растения *Spiraea japonica* можно рекомендовать для использования в зеленом строительстве северных городов.

Растения *Cotoneaster melanocarpus*, *C. dammeri*, *C. horizontalis*, *C. ascendens* проходят полный цикл развития, сохраняют жизненную форму присущую им в естественном ареале, имеют высокую зимостойкость, весьма декоративны и могут быть использованы в озеленительных посадках центральных и южных районов Республики Коми. На седьмом году жизни растения *Cotoneaster amoenus*, *C. roseus*, *C. bullatus*, *C. allochrous* еще не перешли в генеративный период и ежегодно подмерзают, однако, отрастают в следующем вегетационном сезоне; требуется дальнейшее их изучение.

Работа выполнена в рамках государственного задания по теме НИР «Некоторые аспекты репродуктивной биологии ресурсных видов растений в культуре на европейском Северо-Востоке России» (№115012860039).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Александрова, М.С. Спиреи. – М.: Кладезь-букс, 2009. 32 с.
2. Атлас по климату и гидрологии Республики Коми. – М.: Дрофа, ДиК, 1997. 116 с.
3. Бонюк, З.Г. Таволги (*Spiraea* L.). – К.: ВПЦ Киевский университет, 2008. 248 с.
4. Гревцова, А.Т. Кизильники в Украине / А.Т. Гревцова, Н.А. Казанская. – К.: Нива, 1997. 192 с.
5. Деревья и кустарники СССР. Т. III. – М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1954. 872 с.
6. Древесные растения Главного ботанического сада Академии наук СССР. – М.: Наука, 1975. 547с.
7. Колесников, А.И. Декоративная дендрология. – М.: Лесная промышленность, 1974. 703 с.
8. Лапин, П.И. Сезонный ритм развития у видов рода *Sorbus* при интродукции / П.И. Лапин, С.В. Сиднева / Бюллетень Главного ботан. сада. 1971. Вып. 79. С. 3-9.
9. Мартынов, Л.Г. Результаты интродукции древесных растений восточноазиатской флоры в Ботаническом саду Института биологии Коми научного центра // Известия Самарского научного центра РАН. 2016. Т. 18. № 2. С. 141-145.
10. Методика фенологических наблюдений в ботанических садах СССР/ Под ред. П.И. Лапина. – М., 1975. 27 с.
11. Молчанов, А.А. Методика изучения прироста древесных растений / А.А. Молчанов, В.В. Смирнов. – М.: Наука, 1967. 100 с.

12. Пояркова, А.И. Новые виды кизильника для флоры Советского Союза и Китая // Ботанические материалы Гербария Ботанического института им. В.Л. Комарова АН СССР. – Л.: Наука, 1961, Т. XXI. С. 161-205.
13. Связева, О.А. Естественные и культурные ареалы некоторых видов рода *Spiraea* L. // Бюллетень Главного ботан. сада. 1969. Вып. 72. С. 3-7.
14. Флора Северо-Востока европейской части. Т. III. – Л.: Наука, 1976. 296 с.
15. Lu, L. *Spiraea* L. / L. Lu, A. Crinan // Flora of China. Vol. 9. – Beijing-St. Louis: Science Press, Missouri Botanical Garden Press, 2003. P. 47-73.

**THE EAST ASIAN SPECIES *SPIRAEA* L. AND *COTONEASTER* MEDIK.
IN THE EUROPEAN NORTH-EAST (KOMI REPUBLIC)**

© 2017 A.N. Smirnova, A.N. Punegov, K.S. Zaynullina

Institute of Biology Komi Scientific Center UrB RAS

The results of introduction the five East Asian species of the genus *Spiraea* L. and the eight species of the genus *Cotoneaster* Medik. under cultivation in the European North-East are presented. Most of the studied species have average winter hardiness and high ability to shoot formation. Flowering and fruiting of taxa is regular. Cultivars of *Spiraea japonica* L. have high decorative qualities. Plants of *Cotoneaster melanocarpus*, *C. dammeri*, *C. horizontalis*, *C. ascendens* undergo a full development cycle, save a life form, inherent in natural habitat, have a high winter hardiness, it is highly decorative and can be used in greening landings in the central and southern areas of the Komi Republic. Plants of *Cotoneaster amoenus*, *C. roseus*, *C. bullatus*, *C. allochrous* seventh year of life have not yet moved into the generative period and annually freeze slightly, however, grow in the next growing season.

Key words: *Spiraea* L., *Cotoneaster* Medik., introduction, East Asian species, phenology, seasonal rhythm, flowering, European North-East

Anna Smirnova, Leading Engineer. E-mail: smirnova@ib.komisc.ru
 Artur Punegov, Engineer-Researcher. E-mail: apunegov@ib.komisc.ru
 Klavdiya Zaynullina, Candidate of Biology, Associate Professor,
 Head of the Department "Botanical Garden". E-mail:
 zainullina@ib.komisc.ru

УДК 582.29-119.2:577.112.3(470.1-924.82)

АМИНОКИСЛОТНЫЙ СОСТАВ БИОМАССЫ НЕКОТОРЫХ ВИДОВ ЛИШАЙНИКОВ ТАЕЖНОЙ ЗОНЫ НА ЕВРОПЕЙСКОМ СЕВЕРО-ВОСТОКЕ РОССИИ

© 2017 Г.Н. Табаленкова, И.В. Далькэ, И.Г. Захожий

Институт биологии Коми научного центра Уральского отделения РАН, г. Сыктывкар

Статья поступила в редакцию 15.05.2017

Приведены данные о содержании свободных и белковых аминокислот в талломах 19 видов лишайников, обитающих в средней тайге на территории Республики Коми. Содержание белковых и свободных аминокислот в сухой массе талломов составляло в среднем 100 и 2 мг/г соответственно. Содержание аминокислот варьировало в широких пределах. Лишайники с цианопрокариотами характеризовались большим содержанием белковых аминокислот, чем лишайники с зеленой водорослью в качестве фотобионта. Выявлены корреляционные связи между содержанием азота и аминокислот. Показана положительная связь содержания белковых аминокислот с типом фотобионта. Полученные результаты существенно расширяют и дополняют представления о жизнедеятельности лишайников таёжной зоны европейского Северо-Востока России.

Ключевые слова: лишайники, аминокислотный состав, фотобионт, таёжная зона, Европейский Северо-Восток

Лишайники представляют собой своеобразную и относительно малоизученную группу низших растений-симбиотов. Они являются неотъемлемым компонентом многих экосистем и растительных сообществ. В значительной степени распространение и разнообразие лишайников зависит от климатических условий. В Республики Коми в составе биоты описано 866 вида лишайников, наиболее крупными являются семейства Lecanogaceae, Parmeliaceae и Cladoniaceae [5]. Лишайники – это устойчивая, саморегулирующаяся ассоциация гриба и водорослей [1]. Физические контакты мико- и фотобионта обеспечивают обмен веществ между компонентами лишайниковой ассоциации. Состав фотобионтов не является случайным, как правило, связан с определенными таксономическими группами лишайников [7]. Наиболее распространенными группами лишайниковых фотобионтов являются зеленые водоросли и цианопрокариоты [4]. Фотобионт снабжает гриб органическим углеродом и азотом, микобионт обеспечивает водоросль водой, некоторыми минеральными элементами. Симбиотическая ассоциация гетеротрофного грибного организма и водорослей – предполагает их взаимоотношения, как на уровне механических контактов, так и физиолого-биохимических взаимоотношений лишайниковых симбиозов [1]. Аминокислоты выполняют в живых организмах разнообразные функции. Их важность определяется той ролью, которую играют белки в процессах жизнедеятельности. В литературе имеются малочисленные

и разрозненные сведения по аминокислотному составу талломов лишайников [2, 3].

Цель работы: исследование аминокислотного состава талломов лишайников бореальной зоны Республики Коми.

Объектами служили 19 видов лишайников, относящихся к родам *Peltigera*, *Lobaria*, *Platismatia*, *Parmelia*, *Cetraria*, с разным типом фотобионта, включающим в себя водоросли и/или цианобактерии (табл.1). Субстраты, на которых произрастали исследованные виды лишайников, имели рН водной вытяжки в пределах 5,6-6,9. Образцы талломов отбирали в июле 2015-2016 гг., фиксировали жидким азотом и хранили при температуре -80°C.

Определение аминокислот проводили в лиофильно высушенном материале. Белковые аминокислоты определяли на аминокислотном анализаторе AAA T-339 (Чехия) после гидролиза навески в 6н HCl при 105°C в течение 24 ч. Определение свободных аминокислот проводили на аминокислотном анализаторе AAA-400 (Чехия) в системе литиевых буферов. Для их определения навески 3х-кратно экстрагировали 40% этанолом, выпаривали при температуре 50°C. Упаренный экстракт разводили в цитрат-литиевом буфере (рН 2,2), центрифугировали 10 мин. при 15 тыс. оборотов, фильтрат наносили на ионообменную колонку. Идентификацию и количественное содержание аминокислот в исследуемых образцах проводили по результатам разделения стандартной смеси аминокислот. Рассчитывали средние значения из трех биологических и двух аналитических повторностей. Влияние типа фотобионта (зеленые водоросли, и/или цианобактерии) на содержание аминокислот лишайников оценивали с помощью однофакторного дисперсионного анализа (ANOVA), при уровне значимости $\alpha=0,05$.

Полученные экспериментальные данные показывают значительные колебания содержания белковых аминокислот в талломах лишайников. Их

Табаленкова Галина Николаевна, доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник. E-mail: tabalenkova@ib.komisc.ru

Далькэ Игорь Владимирович, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник. E-mail: dalke@ib.komisc.ru

Захожий Илья Григорьевич, кандидат биологических наук, научный сотрудник. E-mail: zakhozhiy@ib.komisc.ru

содержание в сухой массе талломов изменялось от 19 до 200 мг/г. Высоким содержанием белковых аминокислот (140-200 мг/г) отличались лишайники фотобионтом, которых являются цианобактерии. Среди них выделялись представители рода *Peltigera*

(*P. scarbosa*, *P. membranacea* и *P. ponoenjensis*). У этих же видов мы ранее отмечали сравнительно высокое накоплением азота [6]. Наименьшим содержание белковых аминокислот (10-40 мг/г) отличались лишайники с водорослевым фотобионтом.

Таблица 1. Эколого-биологическая характеристика исследованных видов лишайников

№	Вид	Жизненная форма	Фотобионт
1	<i>Cetraria islandica</i>	кустистый	зеленая водоросль
2	<i>Cladonia rangiferina</i>	кустистый	зеленая водоросль
3	<i>Cladonia stellaris</i>	кустистый	зеленая водоросль
4	<i>Stereocaulon condensatum</i>	кустистый	зеленая водоросль
5	<i>Evernia mesomorpha</i>	кустистый	зеленая водоросль
6	<i>Usnea hirta</i>	кустистый	зеленая водоросль
7	<i>Parmelia sulcata</i>	листоватый	зеленая водоросль
8	<i>Platismatia glauca</i>	листоватый	зеленая водоросль
9	<i>Lobaria pulmonaria</i>	листоватый	зеленая водоросль+ цианобактерии
10	<i>Peltigera aphthosa</i>	листоватый	зеленая водоросль+ цианобактерии
11	<i>Peltigera leucophlebia</i>	листоватый	зеленая водоросль+ цианобактерии
12	<i>Peltigera canina</i>	листоватый	цианобактерии
13	<i>Peltigera malacea</i>	листоватый	цианобактерии
14	<i>Peltigera membranacea</i>	листоватый	цианобактерии
15	<i>Peltigera neopolydactyla</i>	листоватый	цианобактерии
16	<i>Peltigera ponoenjensis</i>	листоватый	цианобактерии
17	<i>Peltigera praetextata</i>	листоватый	цианобактерии
18	<i>Peltigera rufescens</i>	листоватый	цианобактерии
19	<i>Peltigera scarbosa</i>	листоватый	цианобактерии

При анализе аминокислотного состава было обнаружено 17 аминокислот, из которых цистин и метионин находился в следовых количествах. Их доля в сумме аминокислот не превышала 0,4%. Сравнительно высоким содержанием дикарбоновых кислот (53-65 мг/г сухой массы) и моноаминокарбоновых кислот (51-55 мг/г сухой массы) отличались лишайники с цианобактериями (*P. scarbosa*, *P. ponoenjensis* и *P. membranacea*). Содержание этих аминокислот в хлоролишайниках была значительно

меньше и не превышало 15 мг/г сухой массы. Особенно выделялись кустистые лишайники *Usnea hirta* и *Evernia mesomorpha* (5-7 мг/г сухой массы). Несмотря на значительные различия в абсолютном содержании аминокислот, доля отдельных групп различалась незначительно. Основная часть белковых аминокислот (более 50% от всех аминокислот) приходилось на моно- и дикарбоновые кислоты (табл. 2).

Таблица 2. Доля аминокислот в талломах лишайников, % от суммы аминокислот

Аминокислоты	Вся выборка	Фотобионт		
		В	В+Ц	Ц
дикарбоновые	26,8±3,9	27,6±1,1	27,6±0,6	26,2±6,8
моноаминокарбоновые	30,6±2,9	33,0±1,9	28,6±1,6	31,0±2,5
алифатические	15,0±2,9	12,4±1,0	16,2±2,1	17,1±2,4
иминокислота	5,7±0,6	5,4±0,5	6,0±0,4	4,7±0,7
основные	13,7±1,9	13,5±2,7	13,6±0,4	12,7±1,6
серусодержащие	0,3±0,1	0,2±0,1	0,3±0,1	0,3±0,1
ароматические	7,8±0,9	7,8±1,2	7,7±0,4	8,0±0,9

Примечание: фотобионт: В – водоросль, В+Ц – водоросль+цианобактерии, Ц – цианобактерии.

К основным исходным веществам, обеспечивающим синтез белков, относятся свободные аминокислоты, они являются одними из самых активных участников метаболизма. Анализ содержания свободных аминокислот талломах лишайников показал, что их количество варьирует от 0,7 до 7 мг/г сухой массы (рис. 1).

Коэффициент вариации суммы свободных аминокислот был высоки и составлял более 90%. Даже в талломах лишайников одного рода (*Peltigerae*) их содержание изменялось от 0,8 у *Peltigera leucophleba* до 4,8 мг/г сухой массы у *P. membranacea*. Максимальное количество свободных аминокислот – 7,18 мг/г сухой массы было отмечено

у *Lobaria pulmonaria*, которая характеризовалась и наибольшей интенсивностью фотосинтеза.

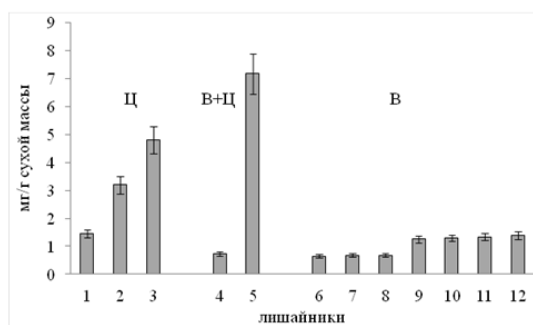


Рис. 1. Содержание свободных аминокислот в талломах лишайников:

фотобионт: В – водоросль, В+Ц – водоросль+цианобактерии, Ц – цианобактерии. 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13 – *Peltigera malacea*, *P.canina*, *P. membranacea*, *P. leucophlebia*, *Lobaria pulmonaria*, *Cladonia rangiferina*, *Parmelia sulcata*, *Cladonia stellaris*, *Evernia mesomorpha*, *Usnea hirta*, *Platismatia glauca*, *Cetraria islandica*, соответственно

В талломах разных видов лишайников было идентифицировано от 14 до 20 аминокислот и два амида. Содержание значительной части свободных

аминокислот составляло менее 2% от суммы. В их составе доминировало 3-4 соединения, содержание которых превышало 2%. Были идентифицированы свободные аминокислоты содержание которых менее 1% – цистатионин, цистеин, метионин, α-аминобутировая кислота, изолейцин, гистидин, 1-метилгистидин. Следует отметить, что разные виды лишайников отличались по составу доминирующих аминокислот (табл. 3). Так, у *Peltigera canina*, *P. membranacea*, *Parmelia sulcata*, *Platismatia glauca*, *Lobaria pulmonaria* свыше 80% приходилось на долю глутаминовой кислоты и глутамин, а в талломах *Peltigera malacea*, *P. leucophlebia* и *Cetraria islandica* преобладали аланин и аминокислота адипиновая. В составе свободных аминокислот лишайников обнаружено 5 непротеиногенных (β-аланин, орнитин, аминокислота адипиновая, α-аминобутировая кислота и γ-аминомасляная кислоты). Количество непротеиногенных аминокислот в общем пуле свободных изменялось от 0,2 у *Parmelia sulcata* до 40% у *Peltigera malacea* (табл. 3). Следует отметить наличие у всех видов лишайников непротеиногенной аминокислоты орнитина, что свидетельствует о функционировании в талломах орнитинового цикла, участвующего в синтезе протеиногенных аминокислот.

Таблица 3. Содержание свободных аминокислот в талломах лишайников, % от суммы

Аминокислоты	Фотобионт											
	цианобактерии (Ц)			В+Ц		водоросль (В)						
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
аспаргиновая	3,9	0	0,5	1,6	0	2,4	4,2	1,9	3,4	4,1	8,5	9,1
треонин	0	0	0	0	0	0,7	1,0	0	2,8	1,8	7,3	1,6
серин	0	0	0	0	1,7	0,8	1,5	0	3,4	2,9	3,1	2,6
аспарагин	0	0	0	0	0	0	0	0	2,8	0	2,8	4,6
глутаминовая	0	64,0	66,2	0	36,2	81,9	72,7	0	9,2	15,1	20,8	29,3
глутамин	0	24,0	26,8	0	30,4	5,4	9,2	0	17,8	16,3	14,6	23,9
аминоадипиновая	22,3	0	0	6,4	0	0	0	13,1	0	0	0	0
пролин	0,7	0	0	6,4	0	4,8	5,0	0,7	2,2	0,3	13,7	14,2
глицин	1,0	0	0	2,3	0,9	0,2	0,6	1,1	2,0	1,6	2,1	1,4
аланин	36,1	0	0	54,5	8,4	1,6	3,4	41,8	16,3	10,1	4,7	5,0
валин	0,8	0,4	0,3	2,0	0	0,4	0,9	0,9	2	16,3	3,0	1,1
лейцин	1,2	0,6	0,3	1,4	0,8	0,7	0,7	1,4	3,5	2,2	1,2	1,5
тирозин	1,3	1,0	0,6	1,4	0,7	0	0	1,5	2,5	1,0	1,2	1,1
фенил-аланин	0,2	0,3	0,3	0,7	0,4	0	0	0,2	1,5	1,0	1,0	0,6
В-аланин	4,4	0	0	0	0	0	0	5,1	0	0	0	0
γ-аминобутировая	0,3	0,4	0,2	0,8	14,5	0,1	0,1	0,3	22,2	15,1	1,0	0,6
орнитин	13,5	1,8	1,7	14,7	0,7	0,1	0,1	15,5	0	0,4	0,3	0,2
лизин	1,7	0,8	0,4	2,7	1,9	0,3	0,1	2,0	3,2	3,5	4,3	0,8
аргинин	9,7	4,9	1,9	2,8	1,5	0,6	0,1	11,2	2,9	3,8	8,1	1,6

Примечание: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12 – *Peltigera malacea*, *P. canina*, *P. membranacea*, *P. leucophlebia*, *Lobaria pulmonaria*, *Platismatia glauca*, *Parmelia sulcata*, *Cetraria islandica*, *Cladonia rangiferina*, *Cladonia stellaris*, *Evernia mesomorpha*, *Usnea hirta*, соответственно. В таблице представлены аминокислоты, содержание которых у большинства видов превышает 1%.

Полученные экспериментальные данные показывают значительные количественные изменения содержания аминокислот в талломах лишайников,

минимальные и максимальные значения отличаются на порядок. В среднем содержание белковых аминокислот составило около 100 мг/г сухой массы,

свободных аминокислот до 2 мг/г сухой массы таллома (табл. 4). Медианные значения выборки по содержанию аминокислот отличались от средних, что свидетельствует о небольшом смещении нормальности распределения первичных данных. Коэффициент вариации изученных биохимических показателей был высоким, от 60 до 90% (табл. 4).

Анализ данных показал, что содержание белковых и свободных аминокислот статистически значимо коррелирует с концентрацией общего азота в талломах (p -величина <0.05). Корреляция между суммой белковых и суммой свободных аминокислот была статистически незначимой (p -величина $=0.175$) (табл. 5).

Таблица 4. Описательная статистика содержания общего азота (N) и аминокислот (АК) в талломах лишайников

Показатели	Нобщ.	Сумма белковых АК	Сумма свободных АК
количество измерений	19,0	19	12
среднее значение	22,2	102,8	2,1
ошибка среднего	2,9	15,9	0,6
медиана	22,0	111,8	1,4
минимум	5,3	19,1	0,7
максимум	39,6	202,1	7,2
размах	34,3	183,0	6,5
коэффициент вариации, %	56	67	97

Таблица 5. Корреляционная матрица содержания общего азота (Нобщ.) и аминокислот (АК) в талломах лишайников

Показатели	Нобщ.	Сумма белковых АК	Сумма свободных АК
Н общ.	1	0,78	0,62
сумма белковых АК		1	0,42
сумма свободных АК			1

Примечание: выделены статистически значимые коэффициенты корреляции Спирмена при α 0,05.

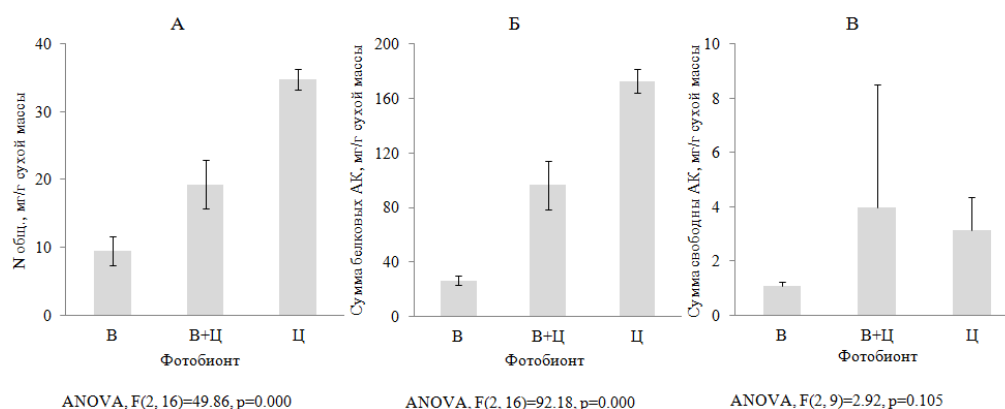


Рис. 2. Содержание общего азота (А), суммы белковых аминокислот (Б) и суммы свободных аминокислот (В) в талломах лишайников с разным типом фотобионта:

В – водоросли, В+Ц – водоросли и цианобактерии, Ц – цианобактерии; приведены результаты дисперсионного анализа (ANOVA) зависимости изученных показателей от типа фотобионта лишайников

Дисперсионный анализ (ANOVA) показал статистически значимое влияние типа фотобионта лишайников на содержание общего азота и сумму белковых аминокислот в их талломах (p -величина $=0,000$). Однако сумма свободных аминокислот не зависела от типа фотобионта (p -величина $=0,105$) (рис. 2).

Выводы: получены оригинальные данные об аминокислотном составе талломов лишайников бореальной зоны. Выявлена существенная межви-

двая изменчивость в содержании белковых и свободных аминокислот. Установлено наличие положительной связи между уровнем накопления азота и содержанием белковых, и свободных аминокислот. Показана положительная связь содержания белковых аминокислот с типом фотобионта. В целом, полученные результаты существенно углубляют и расширяют представление о жизнедеятельности лишайников таежной зоны европейского Северо-Востока России.

Авторы признательны Т.Н. Пыстиной и Н.А. Семеновой за помощь в определении видов лишайников. Работа выполнена в рамках Программы фундаментальных исследований Президиума РАН по направлению «Живая природа: современное состояние и проблемы развития» (проект 15-12-4-4).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Вайнштейн, Е.А. Регуляторные механизмы лишайникового симбиоза // Успехи современной биологии. 1990. Т. 109. Вып. 2. С. 311-320.
2. Вершинина, С.Э. Состав аминокислот лишайника *Cetraria islandica* в Восточной Сибири / С.Э. Вершинина, О.Ю. Кравченко // Пищевые технологии, качество и безопасность продуктов питания. – Иркутск: изд-во ИрГТУ, 2008. С. 23-25.
3. Вершинина, С.Э. Аминокислотный состав двух видов лишайников рода *Cetraria* / С.Э. Вершинина, О.Ю., Кравченко // Хранение и переработка сельхозсырья. 2011. № 1. С. 26-28.
4. Войцехович, А.А. Фотобионты лишайников, I: разнообразие, экологические особенности, взаимоотношения и пути совместной эволюции с микобиотом / А.А. Войцехович, Т.И. Михайлюк, Т.М. Дариенко // Альгология. 2011. Т. 21. С.3-26.
5. Пыстина, Т.Н. Лишайники таежных лесов Европейского Северо-Востока (подзоны южной и средней тайги). – Екатеринбург: УрО РАН, 2003. 239 с.
6. Табаленкова Г.Н. Элементный состав биомассы некоторых видов лишайников бореальной зоны на европейском Северо-Востоке / Г.Н. Табаленкова, И.В. Далькэ, Т.К. Головки // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2016. Т. 16. № 2. С. 221-225.
7. Флора лишайников России: Биология, экология, разнообразие, распространение и методы изучения лишайников. Монография. отв. ред. М.П. Андреев, Д.Е. Гимельбрант. – М., СПб.: Товарищество научных изданий КМК, 2014. 392 с.

AMINO ACIDS COMPOSITION OF SOME LICHEN SPECIES IN TAIGA ZONE OF EUROPEAN NORTH-EAST OF RUSSIA

© 2017 G.N. Tabalenkova, I.V. Dalke, I.G. Zakhochiy

Institute of Biology Komi Scientific Centre UrB RAS, Syktyvkar

Data on amino acids content in the thalli of 19 lichen species in the middle taiga on the territory of the Komi Republic were presented. The protein and free amino acids content in dry weight of thalli was 100 and 2 mg/g respectively. Cyanolichens were characterized by a high content of protein amino acids, than that of chlorolichens. The correlations between the nitrogen and amino acids content were revealed. There is the positive association of the protein amino acids content with the photobiont type. The obtained results expand and deepen the traits of the lichen biota in the taiga zone of European North-East of Russia.

Key words: lichen, protein and free amino acids, nitrogen, photobiont, taiga zone, European North-East

Galina Tabalenkova, Doctor of Biology, Leading Research Fellow.

E-mail: tabalenkova@ib.komisc.ru

Igor Dalke, Candidate of Biology, Senior Research Fellow. E-mail:

dalke@ib.komisc.ru

Ilya Zakhochiy Candidate of Biology, Research Fellow. E-mail:

zakhochiy@ib.komisc.ru

УДК 574.586

ВЛИЯНИЕ КОЛЕБАНИЙ ГИДРОЛОГИЧЕСКОГО РЕЖИМА НА СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ ЭВТРОФИРУЮЩЕГОСЯ ОЗЕРА

© 2017 И.С. Трифонова, А.Л. Афанасьева, В.П.Беляков, Д.С. Бардинский, Н.В. Родионова,
А.Г. Русанов, Е.В. Станиславская

Институт озероведения РАН, г. Санкт-Петербург

Статья поступила в редакцию 18.05.2017

По данным двух лет наблюдений за экосистемой типичного для Северо-Запада России мезотрофного оз. Красного (Карельский перешеек) оценивается влияние гидрологических факторов и эвтрофирования на структуру и количественные показатели основных биологических сообществ. Показана разная реакция планктонных и литоральных сообществ на изменение уровня и температуры. Количественные показатели литоральных сообществ и их разнообразие заметно ниже. Экспансия чужеродного вида рдестов в результате падения уровня, как и интенсивное цветение воды, свидетельствуют о нарушении устойчивости экосистемы озера в условиях продолжающегося эвтрофирования.

Ключевые слова: озеро, эвтрофирование, гидрологический фактор, биологическое сообщество

Многолетние наблюдения позволяют проследить тенденции изменений озерных экосистем, связанные с эвтрофированием, на фоне межгодовых и сезонных колебаний, обусловленных климатическими флюктуациями. Регулярные исследования мезотрофного (слабо эвтрофного) оз. Красного проводятся с 1964 г. [1, 2]. Пик маловодного периода в начале 70-х годов совпал с резким увеличением антропогенного воздействия на озеро, когда концентрация общего фосфора возросла почти вдвое по сравнению с 60-ми годами, и поступление его увеличилось еще более в период многоводной фазы 80-х [1]. К середине 90-х намечилось снижение содержания фосфора в озерной воде, связанное с резким спадом сельскохозяйственной активности, а с 1998 г. начался новый подъем его концентрации, обусловленный массовым индивидуальным строительством по берегам. В начале 2000-х в период многоводной фазы водности концентрация фосфора оставалась на уровне 90-х годов, но затем снова повышалась и в настоящее время соответствует статусу слабо эвтрофных водоемов [2, 3]. По результатам многолетних наблюдений было установлено, что в условиях постепенного эвтрофирования при относительно стабильной биогенной нагрузке

состояние биологических сообществ озера во многом определяется колебаниями уровня воды и температурными условиями [1, 2].

Цель работы: проанализировать влияние изменений уровня на структуру и продуктивность биологических сообществ оз. Красного по данным двух лет наблюдений с резко различными условиями водности и термического режима.

Материал и методы. Исследования проводили в течение вегетационных сезонов 2015 и 2016 гг., пробы отбирали два раза в месяц с мая по октябрь. При гидрохимических анализах использовали стандартные методики, разработанные ранее [4]. Оценка степени зарастания береговой зоны озера выполнялась методом глазомерного картирования. Укосы макрофитов отбирались с площади 0,25 м² (с применением рамки 0,5×0,5 м). Определение фитомассы (воздушно-сухой вес) выполнялось в лабораторных условиях по стандартной методике [5]. Количественные пробы фитопланктона объемом 0,5 л отбирали батометром Руттнера по горизонтам, фиксировали раствором Люголя, концентрировали отстойным способом и подсчитывали в камере Нажотта объемом 0,05 мл, биомассу водорослей определяли по объемам массовых видов [6]. Количественные пробы перифитона собирали и обрабатывали по методикам, используемым в ИНОЗ РАН [7]. Содержание хлорофилла в планктоне и перифитоне определяли спектрофотометрическим методом в смешанном ацетоновом экстракте и рассчитывали по формулам ЮНЕСКО [8]. Пробы зоопланктона отбирали количественной сетью Джели (газ № 955) по горизонтам, пробы обрабатывались как в живом, так и в фиксированном виде по общепринятой гидробиологической методике [9]. Биомасса рассчитывалась по уравнениям связи длины и индивидуального веса животных [10]. Планктонные простейшие собирали батометром Руттнера объемом 2 л, концентрировали фильтрованием и обрабатывали по стандартной методике [9, 11]. Инфузории были разделены на размерные группы: мелкие (0-40 мкм),

Трифонова Ирина Сергеевна, доктор биологических наук, главный научный сотрудник. E-mail: itrifonova@mail.ru
Афанасьева Анна Леонидовна, научный сотрудник. E-mail: afal359@mail.ru

Беляков Виктор Павлович, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник. E-mail: victor_beliakov@mail.ru

Бардинский Денис Сергеевич, младший научный сотрудник. E-mail: bardos777@mail.ru

Родионова Наталья Владимировна, научный сотрудник. E-mail: natalia.rodionova.1950@mail.ru

Русанов Александр Геннадьевич, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник. E-mail: a_rusanov@yahoo.com

Станиславская Елена Владимировна, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник. E-mail: stanlen@mail.ru

средние (40-100 мкм), крупные (100-200 мкм) и очень крупные (≥ 200 мкм). Пробы макрозообентоса отбирались в 3-х кратной повторности дночерпателями Экмана и Петерсена (с площадью захвата 1/40 м²) в профундали и литорали и обрабатывались по стандартной методике [12].

Результаты и обсуждение. По данным многолетних наблюдений за гидрометеорологическим режимом оз. Красного установлено, что с 2006 г. продолжается фаза повышенной увлажненности климата [2]. Наблюдения в 2013 и 2014 гг. выявили тенденцию некоторого снижения количества осадков и уровня воды в озере. Следующий 2015 г. оказался еще более маловодным, особенно в летне-осенний период и более холодным. Как и в предыдущие годы, наивысшие уровни воды отмечались в мае, снижение уровня было особенно заметным в летние месяцы, начиная с конца июля (рис. 1).

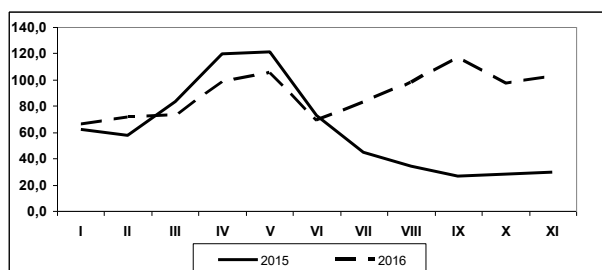


Рис. 1. Изменения уровня воды в оз. Красном

Средняя температура поверхности воды за вегетационный период 2015 г. (май - август) составляла 18,0°C, что было ниже значений за предыдущие годы. Максимальная температура воды в июле - августе достигала 22,7°C. В 2016 г. ожидалось продолжение тенденции снижения увлажненности и, прежде всего, уровня воды в озере. Однако 2016 г. оказался более многоводным, но более теплым. Наивысшие уровни воды отмечались как обычно в мае, снижение уровня в летние месяцы было незначительным, а с конца июля снова началось его повышение (рис. 1). Среднегодовой уровень воды в 2016 г. был заметно выше, чем в 2015 г. (соответственно 87 и 59 см). Средняя температура поверхности воды за вегетационный период 2016 г. (май - август) составляла 19,5°C, а максимальная в конце июля достигала 26°C.

Основные различия термического режима 2016 и 2015 гг. определялись разной степенью весеннего прогрева озера к началу вегетации. В 2016 г. в мае уже отмечалась стратификация воды, тогда как в 2015 г. в эти же сроки в озере еще наблюдалась полная гомотермия. В мае 2016 г. температура воды в озере была на 3-5 градусов выше соответствующих значений 2015 г. Эта разница отразилась на характере стратификации воды, которая в 2016 г. была более выражена и отнесена к умеренному типу, в отличие от слабовыраженного типа в 2015 г.

Гидрохимические условия в 2016 г. характеризовались дефицитом кислорода, снижением концентрации минерального фосфора в эпилимнионе до аналитического нуля. Дефицит кислорода

в июле и августе составил 31-28%. Среднее за период исследований содержание фосфатного фосфора в столбе воды в 2016 г. составило 0,024 мг л⁻¹ по сравнению с 0,015 мг л⁻¹ в 2015 г., общего фосфора – 0,055 и 0,041 мг л⁻¹ соответственно. Более высокое поступление фосфора объяснялось смывом с прилегающих территорий в результате повышения уровня, как и повышение содержания гуминовых веществ и снижение прозрачности воды в озере.

Биомасса **фитопланктона** в 2015 г. (средне-взвешенная в слое 0-6 м) изменялась от 1.6 до 10.1 г/м³ (рис. 2). В сезонной динамике биомассы отмечалось 2 максимума: весенний (в середине июня), обусловленный массовым развитием диатомовых водорослей, и летний (в середине августа), вызванный массовым развитием синезеленых. В начале мая биомасса фитопланктона была 2,3 г/м³, преобладали диатомовые (67%) и криптофитовые водоросли (20%), преимущественно *Aulacosira subarctica*, *Stephanodiscus minutulus* и *Chroomonas acuta*. К концу мая биомасса увеличивалась до 8,7 г/м³, в основном за счет *A. subarctica*, обычного доминанта летнего планктона оз. Красного [1, 2]. В середине июня отмечался пик биомассы фитопланктона – 10,1 г/м³. Наряду с диатомовыми (77%) большую роль по биомассе играли синезеленые водоросли – 21%, главным образом, *Planktothrix agardhii*. В предыдущие годы этот вид появлялся в планктоне значительно позже и в небольшом количестве. К концу июня синезеленые полностью доминировали по биомассе, составляя 83%. В июле биомасса снижалась до 2,7 г/м³, за счет резкого сокращения популяции *P. agardhii*. В середине августа отмечался летний максимум биомассы фитопланктона – 8,9 г/м³, обусловленный массовым развитием синезеленых (76%). Субдоминантами были динофитовые (12%) и диатомовые (11%). *P. agardhii* определяла до 62% общей биомассы, к концу августа биомасса снижалась, главным образом, благодаря сокращению популяции *P. agardhii*. Доминировали *W. compacta*, *Anabaena lemmermanii*, *Aphanizomenon flos-aquae*, *Aulacoseira subarctica* и *Ceratium hirundinella*. В сентябре - октябре наблюдалось дальнейшее снижение биомассы до 1,6 г/м³. Преобладали диатомовые (49%), преимущественно *A. subarctica* и *A. granulata*, криптоноады и синезеленые (*A. flos-aquae* и *P. limnetica*), все еще составлявшие 15% биомассы.

Средняя биомасса водорослей планктона за вегетационный сезон составила 5,4 г/м³. Отличительной особенностью было преобладание в летнем планктоне синезеленых. Массовое развитие *P. agardhii* в качестве монодоминантного вида и «вспышка» его численности в середине августа, определившая летний максимум общей биомассы, может свидетельствовать об усилении эвтрофирования оз. Красного и ухудшении качества воды в нем [13]. В 2016 г. средне-взвешенная биомасса фитопланктона изменялась от 1,8 г/м³ до 26,7 г/м³ (рис. 2). В сезонной динамике отмечалось 3 максимума: весенний, обусловленный развитием криптофитовых водорослей, раннелетний, вызванный

вегетацией диатомовых, и позднелетних в начале августа, который определялся развитием синезеленых. В начале мая биомасса водорослей была в 2 раза выше ($4,5 \text{ г/м}^3$), чем в 2015 г., по-видимому, благодаря более сильному прогреву водных масс - почти на 5°C . Преобладали, как и в предыдущие годы, криптомонады (более 68%) и диатомовые (26%), преимущественно *Cryptomonas erosa*, *Chroomonas acuta*, *Stephanodiscus minutulus* и *Aulacosira subarctica*. В начале июня биомасса фитопланктона снизилась до $1,4 \text{ г/м}^3$, преобладали по-прежнему диатомовые,

криptomonаты и динофитовые. В середине июня общая биомасса увеличилась до $11,1 \text{ г/м}^3$, главным образом за счет развития диатомовых, прежде всего *A. subarctica* и *Cyclotella bodanica*. В конце июня отмечался первый летний пик биомассы ($12,8 \text{ г/м}^3$). В составе доминантов появилась *Fragilaria crotonensis* - типичная летняя планктонная форма, характерная для многолетних лет. В многолетние 90-е годы она была абсолютным доминантом летнего планктона [2, 13].

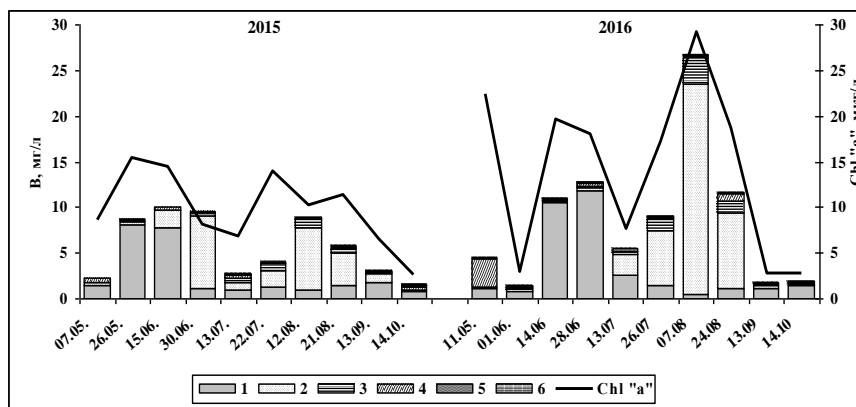


Рис. 2. Сезонная динамика содержания хлорофилла «а» (Chl «а») и биомассы (B) фитопланктона в оз. Красном в 2015 и 2016 гг.: 1 – Bacillariophyta, 2 – Cyanophyta, 3 – Dinophyta, 4 – Cryptophyta, 5 – Chlorophyta, 6 – Euglenophyta

В середине июля биомасса фитопланктона снизилась за счет уменьшения численности диатомовых. В составе доминантов появились синезеленые водоросли, главным образом *Aphanizomenon flos-aquae*, *Woronichinia compacta* и *Snowella lacustris*. К концу июля при максимальном прогреве воды имассовом развитии синезеленых биомасса увеличилась до 9 г/м^3 , отмечалось достаточно интенсивное цветение воды. Субдоминантами были диатомовые и динофитовые водоросли. Летний максимум фитопланктона ($26,7 \text{ г/м}^3$) в начале августа был в 3 раза выше, чем в 2015 г. и определялся развитием синезеленых (86%), преимущественно *A. flos-aquae*. Субдоминантами были динофитовые, в основном *Ceratium hirundinella*, с численностью более высокой, чем в предыдущем году. Видовое богатство синезеленых водорослей также достигало максимального значения - 14 таксонов по сравнению с 8 таксонами в 2015 г. К концу августа биомасса снизилась до $11,69 \text{ г/м}^3$, главным образом за счет сокращения популяций синезеленых, по-прежнему преобладавших по биомассе (71%). Основу биомассы фитопланктона продолжали создавать *A. flos-aquae* (75%) и *C. hirundinella* (14%). В 2016 г. не было зафиксировано существенного развития *Planktothrix agardhii*. В сентябре и октябре наблюдалось снижение биомассы до $1,8 \text{ г/м}^3$. Основную роль в создании биомассы играли диатомовые (64%) и криптофитовые водоросли (16%).

Содержание хлорофилла «а» в 2015 г. изменялось от $2,6$ до $16,4 \text{ мг/м}^3$ и от $2,7$ до 30 мг/м^3 в 2016 г.

Средние величины за период открытой воды соответственно составили 9 и $12,6 \text{ мг/м}^3$. Пики концентрации хлорофилла «а» в оба года совпадали с максимумами биомассы фитопланктона. В 2015 г. их было 2, а в 2016 г. - 3. Содержание хлорофилла подтверждает, что уровень продуктивности фитопланктона в 2016 г. был значительно выше, чем в 2015 г.: средневзвешенная биомасса планктонных водорослей за V-X составила соответственно $7,5$ и $5,4 \text{ г/м}^3$. Также существенно увеличилась роль синезеленых водорослей в планктоне: возросли как абсолютные величины их биомассы, так и видовое богатство. Значительное возрастание количественных показателей фитопланктона в 2016 г., как общей биомассы и содержания хлорофилла «а», так и биомассы синезеленых водорослей, определялось теплыми погодными условиями и увеличением содержания биогенных элементов, что свидетельствует об интенсивном эвтрофировании озера.

В зоопланктоне за два года обнаружено 46 таксонов: Rotifera – 16, Cladocera – 15, Calanoida – 3, Cyclopoidea – 12. Сравнение видового состава зоопланктона за два года (табл.1) свидетельствует об его устойчивости ($I=0,81$). В сентябре 2015 г. впервые за все годы исследований обнаружен новый вид - вселенец *Kellicottia bostoniensis*, который составлял 19,6% общей численности зоопланктона и вытеснял аборигенную *Kellicottia longispina*. В 2016 г. *K. bostoniensis* появилась в планктоне в начале июля, но ее численность не превышала 0,6%.

Таблица 1. Количественные показатели зоопланктона в оз. Красном в 2015-2016 гг.

Параметры	2015 г.	2016 г.	Средние за 2015-2016 гг.	Средние на 1963-2011 гг.
Число видов	35	41	38	34
N, тыс.экз./м ³	117,7	138,2	153,5±1,6	181,0±1,8
B, г/м ³	1,1	1,1	1,9±0,1	1,8±0,1

К массовым видам относились: в 2015 г. - *Conochilus unicornis*, *Keratella cochlearis*, *Polyarthra eurypthera*, *Kellicottia bostonitnsis*, *Eudiaptomus gracilis*, *Cyclops strenuus*, *Thermocyclops oithonoides*; в 2016 г. - *C. unicornis*, *Daphnia cristata*, *E. gracilis*, *T. oithonoides*. В оба года доминирующие группы дополнялись копеподами и науплиями веслоногих рачков. В сезонной динамике численности и биомассы зоопланктона в 2015 г. сохранялась многолетняя схема [2, 14], когда при низких температурах воды в мае доминировал комплекс из веслоногих рачков и коловраток. В это время количественное развитие зоопланктона минимальное – 19,6 тыс. экз./м³ и 0,3 г/м³ (рис.3). В первой декаде июня, когда вода прогревалась до 15-16°C, коловратки достигали максимального развития, составляя 87% общей численности и 53% общей биомассы. Все три пика численности зоопланктона - в июне – 326,2, в июле – 298,6 и в августе – 185,6 тыс. экз./м³, были более чем на 50% обеспечены коловратками. Веслоногие рачки вносили существенный вклад в численность зоопланктона в мае (до 63%), конце июня (71%) и начиная со второй половины августа (от 32% до 42%), а их роль в формировании биомассы была существенной на протяжении всего вегетационного сезона - от 30% до 97%.

Вклад в общую численность ветвистоусых рачков был заметным только в июле (до 25%), а начиная со второй половины августа - и в биомассу (до 63%), что связано с прогревом воды, необходимым для размножения и роста теплолюбивых кладоцер. Наблюдалось постепенное нарастание биомассы зоопланктона до максимальных величин в конце июня (3,1 г/м³), когда в массе развивался *Eudiaptomus gracilis*, и в середине июля (3,2 г/м³), за счет *E. gracilis* и крупной коловратки *Asplanchna*

priodonta. В последующие сроки диапазон биомасс составил 0,3-1,0 г/м³ (рис. 3). В 2016 г. более раннее вскрытие озера и соответственно более ранний прогрев воды способствовал уже в первой декаде мая обильному развитию коловраток. Максимальная численность 367,4 тыс. экз./м³ и высокая биомасса зоопланктона – 2,2 г/м³ отмечены в начале мая за счет массового развития коловраток. На долю *Conochilus unicornis* приходилось 48% общей численности, а на долю *Asplanchna priodonta* – 56% общей биомассы (рис. 3). В дальнейшем численность зоопланктона, сформированная на 50-70% веслоногими рачками, постепенно уменьшалась, давая небольшие (по сравнению с первым пиком) численности, диапазон которых составлял 32 - 221 тыс. экз./м³. Основу биомассы составляли ветвистоусые и веслоногие рачки. Июньский максимум биомассы 3,1 г м³ эти группы обеспечили в равных долях, а в июльском пике доля ветвистоусых была незначительно выше. В целом, многоводный и более теплый 2016 г. был более благоприятным для развития ветвистоусых рачков, и их вклад был существенным как в общую биомассу, так и общую численность зоопланктона. Можно предположить, что низкое развитие коловраток после ранневесенней вспышки связано с высоким уровнем воды и, возможно, угнетением зоопланктона при массовом развитии синезеленых. Развитие зоопланктона как гетеротрофного звена определяют сложные причинно-следственные связи, хотя температурные условия и пища имеют наибольшее значение [2, 14, 15]. Средние за вегетационный сезон величины численности и биомассы зоопланктона в 2016 г. были выше, чем в 2015 г. и составляли соответственно 138,2 и 117,7 тыс. экз./м³ и 1,5 и 1,1 г/м³.

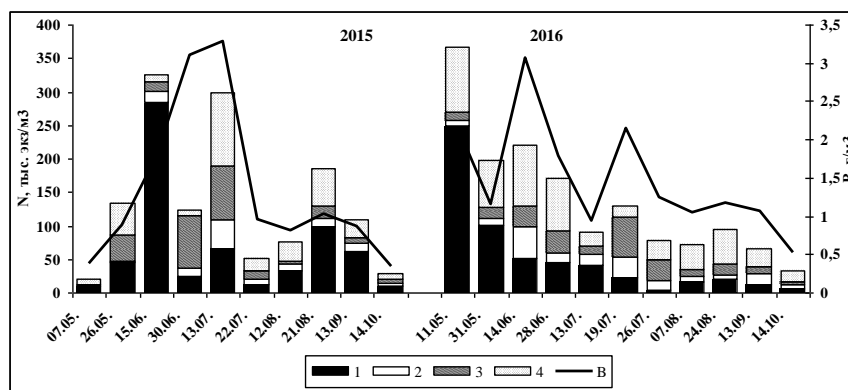


Рис. 3. Сезонная динамика численности (N) и биомассы зоопланктона (B) в оз. Красном в 2015 и 2016 гг.: 1 – Rotifera, 2 – Cladocera, 3 – Calanoida, 4 – Cyclopoida

Основу сообщества простейших составляют виды, принадлежащие к 5 отрядам: Gymnostomata, Oligotricha, Peritricha, Hymenostomata и Heterotricha. Доминирующие виды относились, в основном, к отряду Oligotricha. Это виды *Strombidium mirabile*, *Strombidium viride f. pelagica*; *Strobilidium velox*, *Tintinopsis cratera*. Все они принадлежат к среднеразмерной фракции (40-100 мкм). Из отряда Gymnostomata наиболее часто встречался *Urotricha farcta*, из фракции (0-40 мкм). Наиболее часто встречаемые виды крупноразмерной фракции (от 100 мкм и выше) - *Didinium balbianii*, *Didinium nasutum* и *Amphileptus claparedei*. Кроме этих видов в мае - июне, а затем со второй половины августа и до конца сезона в планктоне заметно присутствие крупной (200-250 мкм) инфузории *Stokesia vernalis*. Весной и осенью в незначительном количестве присутствовал холодноводный вид *Amphileptus trachelioides* - активный хищник, достигающий в длину 400 мкм. В конце мая - начале июня, а также в сентябре эпизодически отмечался *Stentor polymorphus*. В середине сезона при сильном прогревании воды часто развивались в незначительном количестве

Paramecium caudatum (до 300 мкм) и *P. bursaria* (до 150 мкм).

Для оз. Красного характерна сезонная динамика протозойного планктона с преобладанием весеннего пика численности и биомассы и небольшим подъёмом в августе [2]. Массовому развитию инфузорий в начале сезона способствует большое количество пищи и запаздывание в развитии метазойного зоопланктона, который с наступлением лета активно их выедает. Преобладают в этот период представители среднеразмерной группы - *Tintinnidium cratera*, *Strombidium viride*, *S. viride f. pelagica*, *S. velox*. Наибольшие отличия сезонов 2016 и 2015 гг. отмечались в мае и августе (рис. 4). Численность и биомасса простейших в мае 2015 г. были ниже, чем в более теплом мае 2016 г., при этом их снижение в июне было более резким в 2016 г. В 2016 г. в планктоне развивались: в средних и нижних слоях воды крупная хищная холодолюбивая *Amphileptus trachelioides* (400 мкм) до конца июня, крупная (до 250 мкм) *Stokesia vernalis* в мае, а также *Amphileptus claparedei* (160 мкм) на протяжении почти всего сезона.

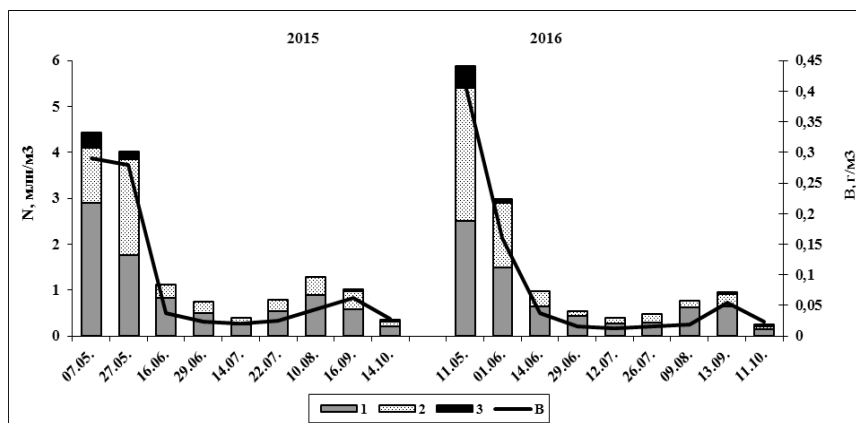


Рис. 4. Сезонная динамика численности (N) и биомассы (B) простейших оз. Красного в 2015 и 2016 гг.: Численность фракций: 1 – 0-40 мкм, 2 – 40-100 мкм, 3 – от 100 мкм и выше; B – биомасса

В сообществе макрофитов на фоне низкого уровня воды в 2015 г. произошло резкое увеличение распространения и фитомассы чужеродного для водной флоры озера вида - рдеста курчавого (*Potamogeton crispus* L.). Данный вид характерен для эвтрофных водоемов [16] и ранее не встречался в оз. Красном [17, 18]. В период повышенного уровня в 2012-13 гг. рдест курчавый медленно распространялся вдоль южного берега юго-восточного района озера в месте впадения р. Странница. Со снижением уровня в 2014 г. произошло значительное увеличение площади распространения рдеста курчавого вдоль всего южного берега юго-восточного и центрального района озера. Однако в 2014 г. он в основном образовывал смешенные группировки с рдестом пронзеннолистным (*Potamogeton perfoliatus*), а чистые ценозы рдеста курчавого оставались еще сильно изреженными. В 2015 г. дальнейшая

экспансия рдеста курчавого вдоль южного берега озера сопровождалась резким разрастанием ранее отдельно произрастающих куртин и смыканием их в единые заросли с высокими значениями фитомассы до 160-200 г/м². Экспансия вида-вселенца привела к тому, что в юго-восточном районе озера рдест курчавый сравнялся по значимости с доминантом погруженной растительности оз. Красного – рдестом пронзеннолистным, а на значительных участках береговой линии в центральном районе рдест курчавый занял лидирующие позиции, вытеснив рдест пронзеннолистный. Агрессивное расселение рдеста курчавого сопровождалось зарастанием участков берега, ранее практически свободных от погруженной растительности. Кроме того, интенсивное разрастание зарослей рдеста курчавого приводило к замусориванию береговой линии отмершими растениями, что снижало рекреационную

привлекательность берегов оз. Красного. Снижение уровня воды в 2015 г. сказалось положительно на продукционных показателях ценозов крупнолистных рдестов. На мелководье в районе впадения р. Страницы фитомасса рдеста пронзеннолистного увеличилась до 140 г/м², а рдеста блестящего – до 120 г/м². Кроме того, появился новый для флоры озера вид – шелковник дихотомический (*Batrachium dichotomum* = *B. peltatum*). Единичные растения шелковника дихотомического в 2015 г. встречались среди зарослей рдеста курчавого вдоль юго-восточного берега озера. В 2016 г. подъем уровня привел к полному исчезновению зарослей рдеста курчавого и шелковника дихотомического на протяжении всего юго-восточного берега оз. Красного. При этом заросли рдеста пронзеннолистного и рдеста блестящего (*Potamogeton lucens*) сохранились, закрепляя за крупнолиственными рдестами роль эдификаторов в сообществе макрофитов оз. Красного. В целом, наблюдения за изменением растительного покрова литорали оз. Красного в 2015-2016 гг. свидетельствуют о том, что колебания уровня воды в пределах среднегодовых значений слабо влияют на площадь зарослей основных доминантов растительного сообщества – тростника обыкновенного (*Phragmites australis*), камыша озерного (*Scirpus lacustris*) и рдеста пронзеннолистного. В экологических группах низкотравных гелофитов и гидрофитов, играющих подчиненную роль в растительном сообществе оз. Красного, подъем уровня воды в 2016 г. приводил к разрастанию зарослей ситняка болотного (*Eleocharis palustris*), наумбургии кистецветной (*Naumburgia thyrsoiflora*), частухи подорожниковой (*Alisma plantago-aquatica*) и осоки острой (*Carex acuta*), ранее

находившихся на обсушенной литорали. В тоже время, сильные изменения в группе погруженных укореняющихся гидрофитов, связанные с агрессивным распространением рдеста курчавого в 2015 г., указывают на продолжающееся эвтрофирование озера. Хотя рдест курчавый считается показателем эвтрофирования [16], другие факторы, помимо увеличения концентрации фосфора, также могли способствовать его распространению в озере. Известно, что этот вид имеет преимущества перед другими видами рдестов благодаря толерантности к низким температурам, позволяющей ему выживать подо льдом и быстро расти, когда температура воды достигает 10-15°C [19]. Таким образом, более низкая температура воды в 2015 г. могла быть дополнительным фактором, способствующим широкой экспансии этого вида на литорали оз. Красного.

Различия уровня режима озера в 2015 и 2016 гг. приводили к структурным перестройкам сообщества перифитона. Более низкая температура воды весной 2015 г. определяла развитие обростаний на середину июня, тогда как в более теплое 2016 г. высокий подъем биомассы перифитона был зафиксирован уже в мае (рис. 3). Минимальное развитие обростаний в 2015 г. приходилось на июль, а в 2016 г. снижение биомассы наблюдалось на протяжении всех летних месяцев, особенно в августе, что определялось аномально высоким уровнем воды и массовым развитием фитопланктона в этот период. В оба года биомассу перифитона определяли диатомовые водоросли, в 2015 г. отмечено значительное развитие зеленых водорослей (рис. 5).

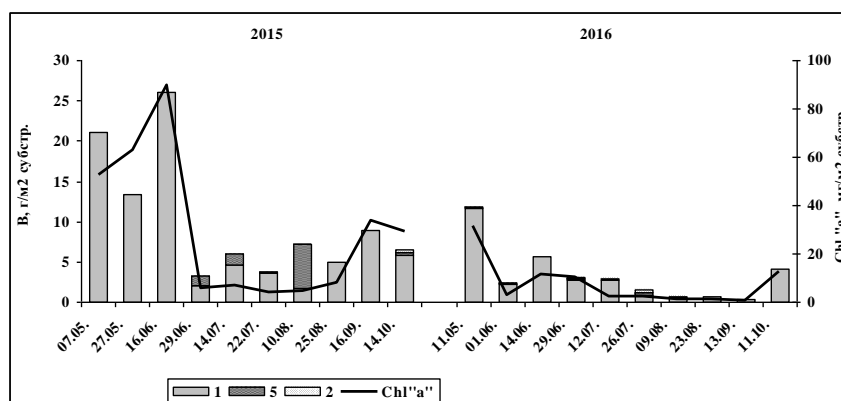


Рис. 5. Сезонная динамика биомассы (B) и содержания хлорофилла «а» (Chl «а») в перифитоне оз. Красного в 2015 и 2016 гг. Обозначения как на рис. 2

В оба года в весной и в начале лета доминировали *Tabellaria fenestrata*, *Fragilaria capucina*, *Melosira varians*, летом преобладали *Cymbella lanceolata* и виды рода *Cocconeis*. В 2015 г. в середине лета, как обычно, в составе комплексов обростаний появлялись виды рода *Oedogonium*, в 2016 г. зеленые водоросли практически не встречались. В осенний период 2015 г. доминировала *M. varians*, в 2016 г. - виды рода *Cocconeis*. Следует отметить, что в 2016 г.

из состава перифитона полностью выпадала *Ulnaria ulna*, основной доминант весенне-осеннего периода на протяжении длительного ряда лет [2, 20]. Рассматриваемые годы отличались и видовым богатством перифитона. Как правило, в составе перифитона развивается от 30 до 40 видов, в 2016 г. на фоне значительного повышения уровня воды в летне-осеннее время в перифитоне было отмечено всего 5-7 видов водорослей. Индекс видового разнообразия

Шеннона в 2015 г. изменялся от 2,5 до 3,2, а в 2016 г. - от 0,38 до 2,5, т.е. происходило его заметное снижение, особенно в летние и осенние месяцы. Биомасса перифитона изменялась от 3,2 до 21,2 г/м² субстр. в 2015 г и от 0,29 до 11,8 г/м² субстр. в 2016 г., а содержание хлорофилла «а» - от 2,7 до 63,0 и от 0,65 до 31,6 мг/м³ соответственно. В целом, уровень развития перифитона в 2016 г. был заметно ниже, чем в 2015 г. В среднем, биомасса составляла 3,2 г/м² субстр., тогда как в 2015 г. - 8,7 г/м² субстр. Интересно отметить, что в другие периоды повышенной водности в озере столь значительных изменений в структуре и уровне развития перифитона не наблюдалось [2].

На количественные показатели **макрозообентоса** гидрологические факторы влияют прямо, определяя скорости роста, сроки размножения гомотопных животных, а также условия для вылета, роения и формирования новой генерации гетеротопных популяций (насекомых), и косвенно - через общие изменения трофических условий. В обоих случаях проявляется определенное отставание по времени. В годы с устойчивой стратификацией и дефицитом кислорода у дна из профундали почти полностью исчезают личинки *Chironomus anthrac-*

cinus, снижается доля *C. plumosus*, а доля *Chaoborus crystalinus* растет [21]. В 2014-2016 гг. доля последних в профундали достигала 86-32% общей численности зообентоса, но их численность в течение года зависела и от уровня развития зоопланктона.

В 2016 г. большую долю зообентоса профундали составляли не хабориды, а хирономиды и олигохеты, что было следствием более слабого развития зоопланктона и накопления детрита на дне. В результате среднегодовая численность зообентоса снизилась по сравнению с предыдущим годом, а биомасса выросла - 796 экз./м² и 4,1 г/м² соответственно. Из-за повышения уровня в 2016 г. отмечен больший период стратификации (от конца июня до конца августа), сопровождающийся низкими концентрациями растворенного кислорода в придонной воде и выпадением более оксифильных популяций, например *C. anthracinus*. Напротив, в 2015 г. эти популяции были заметны, отсюда и общие показатели зообентоса были выше, чем в 2014 г. - 1010 экз./м² и 3,7 г/м², хотя доминировали хаборус и хирономус, а субдоминантами были олигохеты. Тем не менее, показатели для зоны профундали в 2015 и 2016 гг. либо соответствуют их среднемноголетним значениям (численность) или ниже их (биомасса).

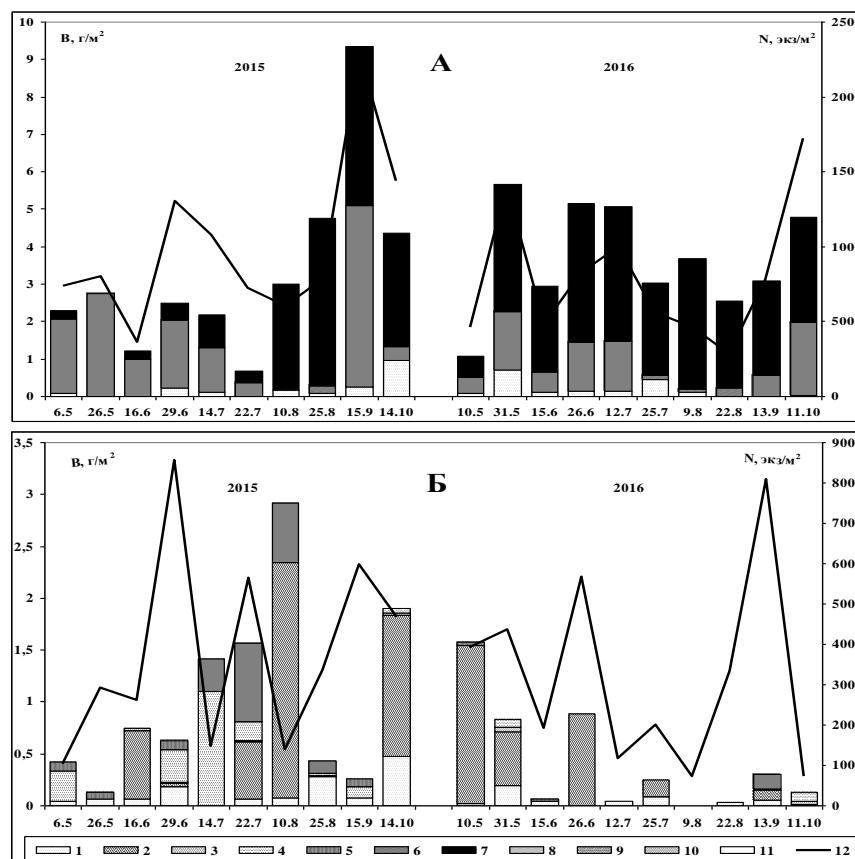


Рис. 6. Изменение суммарной численности (N) и биомассы (B) основных видов и групп макрозообентоса в профундали (А) и литорали (Б) оз. Красного в 2015 и 2016 гг.: Биомасса: 1 - Oligochaeta, 2 - Mollusca, 3 - Hydracarina, 4 - Ephemeroptera, 5 - Trichoptera, 6 - *Chaoborus crystalinus*, 7 - *Chironomus plumosus*, 8 - *C. anthracinus*, 9 - Procladius spp, 10 - Chironomidae, 11 - Varia; 12 - численность (N)

Погодные условия в осенний период влияют на количественные показатели популяций зообентоса весной следующего года. При резком похолодании вылет летней генерации приводит к почти полной ее гибели, и наоборот, например, в 2015 г. имаго летней генерации *Chironomus* не успели вылететь поздней осенью, что сохранило численность популяции, и вылет комаров был отмечен весной в начале мая 2016 г. (рис. 6 А).

Рассмотренные выше различия двух лет сказались и на продукционных характеристиках сообщества зообентоса в профундали. Годовая продукция зообентоса в 2015 г. составила 1,6 г С/м², и хотя вклад хаборид составил около 50%, но поскольку их рацион пополняется за счет зоопланктона, то продукционный баланс в сообществе выровнен. Максимальные суточные значения продукции отмечены в сентябре, когда в профундаль поступил весь пул органического детрита. Но в 2016 г. продукция зообентоса в профундали составила только 1,1 г С/м² и явного пика продукции не отмечено. Деструкционная активность зообентоса профундали составила в 2015-2016 гг. соответственно 1,7 г С/м² и 1,4 г С/м². В соответствии с различием климатических и трофических условий изменялась и структура сообщества на литорали. Хотя состав доминантов почти не изменился: если в 2015 г. в общей численности бентоса, а особенно в общей биомассе, заметна роль не только хирономид, но и поденок, ручейников и моллюсков, то в 2016 г. роль хирономид была заметно выше и снижалась только в периоды вылетов имаго (рис. 6 Б). Доминанты и субдоминанты зообентоса литорали представлены 10-12 видами моллюсков, поденок, ручейников и хирономид. Среднегодовые биомассы на литорали в 2015 и 2016 гг. составили соответственно 3,1 и 1,8 г/м², что немного ниже среднемноголетних значений [2, 21]. Численность же была несколько выше среднемноголетних значений, снижалась от 2015 г. к 2016 г. и в среднем составила 3752 и 3178 экз./м².

Вследствие высокого уровня воды и изменения распределения популяций крупных двустворчатых моллюсков родов *Unio* и *Anadonta* на литорали их развитие в 2016 г. было ниже, чем в предыдущие годы – 18 экз./м² и 1,6 кг/м². Условия распределения изменились для большинства литоральных видов, поскольку предпочитаемые глубины на значительный срок совмещались со слишком плотными грунтами береговой полосы. Максимальная продуктивность зооценоза литорали *Cladotanytarsus mancus* - *Stictochironomus crassiforceps* в 2015 г. отмечена в июле, а в целом за год она составила около 1,4 г С/м². Наибольший вклад внесли популяции детритофагов - собирателей (около 75%), а фильтраторы, если не считать крупных двустворчатых моллюсков, меньше - 13%. В 2016 г. годовая продукция зооценоза составила только 0,9 г С/м², тоже преобладала детритная цепь и наибольшие величины приходились на вторую половину сезона, когда существенно падал уровень озера. Суммарная годовая деструкция зооценоза в 2015-2016 гг. составила соответственно 1,8 и 1,2 г С/м².

Выводы:

1. Из двух рассматриваемых лет 2016 г. оказался более многоводным, но более теплым. Раннее прогревание обусловило раннее установление стратификации воды, которая была более устойчивой в отличие от слабовыраженного типа в 2015 г. Гидрохимические условия в 2016 г. характеризовались дефицитом кислорода, снижением концентрации минерального фосфора в эпилимнионе до аналитического нуля и более высоким средним содержанием общего фосфора, которое объяснялось смывом с прилегающих территорий в результате повышения уровня.

2. Количественные показатели планктонных сообществ в 2016 г. были значительно выше, чем в 2015 г. Средневзвешенная биомасса фитопланктона за V-X составила соответственно 7,5 и 5,4 г/м³, содержание хлорофилла «а» - 12,6 и 9 мг/м³. В сезонной динамике в 2015 г. было 2 максимума биомассы фитопланктона, а в 2016 г. - 3. В условиях более теплого лета 2016 г. летний максимум был в 2 раза выше, отмечалось увеличение биомассы сине-зеленых водорослей и их таксономического разнообразия. С конца июня до конца сентября наблюдалось интенсивное цветение воды за счет их массового развития.

3. Средние за вегетационный сезон величины численности и биомассы зоопланктона в 2016 г. были выше, чем в 2015 г. Раннее вскрытие озера и более ранний прогрев воды способствовали уже в первой декаде мая обильному развитию колероваток, отмечались максимальная численность и биомасса зоопланктона. В дальнейшем численность постепенно уменьшалась, основу биомассы составляли ветвистоусые и веслоногие рачки. Численность и биомасса простейших в мае 2016 г. была выше, чем в более холодном мае 2015 г.

4. На литоральные сообщества изменение уровня оказывало в целом отрицательное воздействие. В составе погруженной растительности в маловодном 2015 г. происходило агрессивное распространение чужеродного вида - рдеста курчавого. В 2016 г. в результате резкого повышения уровня воды заросли вида полностью исчезли. Уровень развития перифитона и его видовое богатство в многоводном 2016 г. был заметно ниже, чем в 2015 г. Вместо обычных 30-40 видов на фоне значительного повышения уровня воды в летне-осеннее время в перифитоне было отмечено всего 5-7 видов водорослей. Для литорального зообентоса при повышении уровня отмечена тенденция перестройки структуры в сторону преобладания детритофагов и пелофилов. Численность, биомасса и продукция зообентоса в профундали оказались более устойчивыми.

5. Экспансия чужеродного вида рдестов в результате падения уровня, как и интенсивное цветение воды свидетельствуют о нарушении устойчивости экосистемы озера. Массовое развитие синезеленых стимулировалось увеличением содержания биогенных элементов в результате смыва с берегов из-за повышения уровня и высокой температурой воды. Полученные результаты подтверждают

существенное влияние колебаний водности и температуры на состояние экосистемы озера и качества воды в нем в условиях продолжающегося эвтрофирования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Методические аспекты лимнологического мониторинга / под ред. И.С. Трифоновой. Л.: Наука, 1988. 184 с.
2. Многолетние изменения биологических сообществ мезотрофного озера в условиях климатических флуктуаций и эвтрофирования / под ред. И.С. Трифоновой. СПб: «Лемма», 2008. 246 с.
3. OECD. Eutrophication of waters, monitoring, assessment and control / Ed. R.A. Vollenweider – OECD, Paris, 1982. 154 p.
4. Алекин, О.А. Химический анализ вод суши. – Л.: Гидрометеиздат, 1954. 200 с.
5. Катанская, В.М. Высшая водная растительность континентальных водоемов СССР. Методы изучения. – Л.: Наука, 1981. 187 с.
6. Гусева, К.А. К методике учета фитопланктона // Труды Ин-та биологии водохранилищ. – Л.: Гидрометиздат, 1959. Т. 2. С. 44-51.
7. Станиславская, Е.В. Продукционная характеристика растительного перифитона // Е.В. Станиславская, И.С. Трифонова // Особенности формирования качества воды в разнотипных озерах Карельского перешейка. – Л.: Наука, 1984. С. 192-206.
8. UNESCO working group № 17. Determination of photosynthetic pigments in seawater. – Paris, 1966. 69 p.
9. Методические рекомендации по сбору и обработке материалов при гидробиологических исследованиях на пресноводных водоемах. Зоопланктон и его продукция. – Л., 1984. 32 с.
10. Балушкина, Е.В. Зависимость между длиной и массой тела планктонных ракообразных / Е.В. Балушкина, Г.Г. Винберг // Экспериментальные и полевые исследования биологических основ продуктивности озер. – Л.: Наука, 1979. С. 58-79.
11. Локоть, Л.И. Экология ресничных простейших в озерах Центрального Забайкалья. – Новосибирск: Наука, 1987. 153 с.
12. Боруцкий, Е.В. К вопросу о технике количественного учета донной фауны // Труды Лимнол. станции в Косине. 1934. Вып. 17. С. 119-136.
13. Трифонова, И.С. Экология и сукцессия озерного фитопланктона. – Л.: Наука, 1990. 178 с.
14. Трифонова, И.С. Сезонная и многолетняя динамика фито- и зоопланктона и их взаимоотношения в мезотрофном озере / И.С. Трифонова, Е.С. Макарецва // Биология внутренних вод. 2006. №3. С. 18-25.
15. Иванова, М.Б. Изучение воздействия абиотических факторов среды на развитие гидробионтов в озерах и значение сравнительно-лимнологических исследований водных экосистем // Труды ЗИН АН СССР. 1987. Т. 165, С. 35-44.
16. Penning, W.E. Classifying aquatic macrophytes as indicators of eutrophication in European lakes / W.E. Penning, M. Mjelde, B. Dudley et al. // Aquatic Ecology. 2008. Vol. 42, P. 237-251.
17. Катанская, В.М. Высшая водная растительность оз. Красного // Озера Карельского перешейка: Лимнологические циклы озера Красного. – Л.: Наука, 1971. С. 375-451.
18. Распопов, И.М. Видовое и ценолитическое разнообразие макрофитов озера Красного в многолетнем аспекте / И.М. Распопов, А.Г. Русанов // Фиторазнообразие Восточной Европы. 2010. № 8. С. 67-74.
19. Tobiessen, P. Temperature and light effects on the growth of *Potamogeton crispus* in Collins Lake, New York State / P. Tobiessen, P.D. Snow // Canadian Journal of Botany. 1984. Vol. 62, P. 2822-2826.
20. Станиславская, Е.В. Сезонная и межгодовая динамика доминирующих видов диатомовых водорослей перифитона в оз. Красном (Карельский перешеек) // Морфология, клеточная биология, экология, флористика и история развития диатомовых водорослей. Мат-лы. X Междуна. науч. конф. диатомологов стран СНГ. – Минск: изд-во БГПУ, 2007. С. 139-142.
21. Кузьменко, К.Н. Изменения сообщества макрозообентоса в многолетнем ряду // Методические аспекты лимнологического мониторинга. – Л.: Наука, 1988. С. 93-102.

INFLUENCE OF HYDROLOGICAL REGIME CHANGES ON THE STATE OF BIOLOGICAL COMMUNITIES OF A LAKE IN CONDITION OF EUTROPHICATION

© 2017 I.S. Trifonova, A.L. Afanasieva, D.S. Bardinskiy, V.P. Belyakov, N.V. Rodionova, A.G. Rusanov, E.V. Stanislavskaya

Institute of Limnology RAS, St.Peterburg

According to the data of two years observations over an ecosystem of the mezotrophyc lake Krasnoe (Karelian Isthmus), typical for the Northwest of Russia influence of hydrological factors, first of all water level, and eutrophication on structure and abundance of the main biological communities has been estimated. Different reaction of planktonic and littoral communities to changes of water level and temperature is shown. Quantitative indices of planktonic communities were higher in warm 2016 abounding in water, but the level of development of littoral communities and their diversity were much lower. Expansion of an alien species of *Potamogeton* as a result of level fall, as well as intensive water bloom testify to the violation of ecosystem stability of the lake in the conditions of the proceeding eutrophication.

Key words: lake, eutrophication, hydrological factor, biological community

Irina Trifonova, Doctor of Biology, Chief Research Fellow. E-mail: itrifonova@mail.ru; Anna Afanasieva, Research Fellow. E-mail: afal359@mail.ru; Viktor Belyakov, Candidate of Biology, Senior Research Fellow. E-mail: victor_beliakov@mail.ru; Denis Bardinskiy, Minor Research Fellow. E-mail: bardos777@mail.ru; Natalia Rodionova, Research Fellow. E-mail: natalia.rodionova.1950@mail.ru; Alexander Rusanov, Candidate of Biology, Senior Research Fellow. E-mail: a_rusanov@yahoo.com; Elena Stanislavskaya, Candidate of Biology, Senior Research Fellow. E-mail: stanlen@mail.ru

УДК 574.45

РЕЗУЛЬТАТЫ ДЛИТЕЛЬНЫХ НАБЛЮДЕНИЙ ЗА ДИНАМИКОЙ ПРОДУКТИВНОСТИ ТРАВЯНЫХ СООБЩЕСТВ ПРИБРЕЖНЫХ ОТМЕЛЕЙ (СУРГУТСКИЙ УЧАСТОК РЕКИ ОБИ)

© 2017 В.Н. Тюрин

Сургутский государственный университет

Статья поступила в редакцию 27.05.2017

В статье представлены результаты 15-летних наблюдений за особенностями ежегодного нарастания надземной фитомассы травяных сообществ на прибрежных отмелях р. Оби в окрестностях г. Сургута (класс *Phragmito-Magnocaricetea*, порядки *Phragmitetalia* и *Oenanthetalia aquaticae*).

Ключевые слова: *прибрежная отмель, травяное сообщество, продуктивность, динамика, растительность*

Пойма Оби имеет исключительно важное хозяйственное значение благодаря широкому распространению в ней высокопродуктивных травяных сообществ, позволяющих продвинуть сельское хозяйство далеко на север. Начатые еще в 1930 г. М.К. Барышниковым [1] исследования обской поймы отразили возможность преимущественного использования разнотравно-злаковых и крупнотравных лугов, а также осоковых лугово-болотных сообществ. Именно им было уделено основное внимание [1-, 5, 6, 14, 15 и др.]. В меньшей степени исследования затронули травяные сообщества прибрежных отмелей. Проведенные нами наблюдения, однако, показывают возможность расширения за счет них сроков выпаса домашних животных благодаря поздней вегетации растений.

Сообщества прибрежных отмелей крупных рек обладают рядом особенностей на фоне выраженной поемности и седиментации, а также значительных изменений в продолжительности и высоте затопления прибрежных участков. Эти особенности отражаются на развитии сообществ и обуславливают значительные изменения их видовой структуры и продуктивности в разные годы наблюдений. Вместе с тем, в маловодные годы на отмелях складываются благоприятные условия для развития растений и продуцирования надземной фитомассы (НФМ). Сообщества, примыкающие к руслу рек и крупных протоков, являются удобным объектом наблюдений за их флуктуацией. Высокая динамичность фитоценозов на фоне воздействия внешних факторов (поемности, седиментации и пр.), а также простота их фитоценотической структуры позволяют получать материал о связи изменения параметров сообществ с экологическими факторами за короткий промежуток времени.

Данная статья является дополнением к опубликованным ранее материалам по многолетним наблюдениям за структурой, продуктивностью и динамикой травяных сообществ прибрежных отмелей [11, 12].

Тюрин Валерий Николаевич, кандидат биологических наук, доцент кафедры экологии. E-mail: tyurin_vn@mail.ru

Начатые в 1999–2001 гг. работы позволили за первые 5–6 лет наблюдений сделать ряд выводов об особенностях ежегодного нарастания НФМ на фоне влияния поемности и седиментации [12]. Были, в частности, отмечены чрезвычайно высокие флуктуации показателя на фоне меняющейся год от года продолжительности затопления прибрежных отмелей, с увеличением размаха значений НФМ в сторону понижения рельефа. Также в материале отражены синхронные изменения продуктивности по годам, которая находится в обратной зависимости с высотой и продолжительностью затопления – наиболее заметное снижение НФМ отмечается в многоводные годы, ее рост – в маловодные годы. Еще одна особенность, подмеченная в первые годы наблюдений – рост продуктивности с повышением в рельефе. Кроме того, для некоторых сообществ была отмечена быстрая смена (в течение 1–2 сезонов) доминирующих видов. Исследования первых лет также показали некоторые отклонения от описанных выше закономерностей. В частности, для полевицевого сообщества (ассоциация (асс.) *Eleocharito-Agrostietum stoloniferae*) не обнаружена связь продуктивности с продолжительностью затопления.

Продолжение наблюдений за прибрежными сообществами позволило выявить новые закономерности их динамики. Основным результатом настоящего исследования стало выявление смены большинства сообществ за относительно короткий промежуток времени. Сообщества в целом сохраняют моновидовую структуру и сформированы небольшим набором видов. При относительно высоком видовом разнообразии Сургутского отрезка обской поймы, где отмечено 295 видов высших сосудистых растений [10], лишь немногие растения принимают участие в формировании сообществ прибрежных отмелей. Наиболее представительными из них являются: полевика (*Agrostis stolonifera*), болотница (*Eleocharis palustris*), жерушник (*Rorippa amphibia*), хвощи полевой (*Equisetum arvense*) и топяной (*E. fluviatile*), также их гибридная форма (*Equisetum × litorale*), ребе арктофила (*Arctophila fulva*) и птармика (*Ptarmica salicifolia*). В отдельные годы отмечается появление группировок чистеца (*Stachys palustris*), мяты (*Mentha arvensis*), девясила (*Inula britannica*), некоторых других видов.

Материалы и методы. Для наблюдений за сообществами прибрежных отмелей в 1999-2001 гг. были заложены 8 пробных площадок (ПП), каждая площадью 100 кв. м. Площадки приурочены к наиболее распространенным в пойме Оби фитоценозам, относимым по классификации Браун-Бланке к классу *Phragmito-Magnocaricetea* (порядки *Phragmitetalia* и *Oenanthetalia aquatica*) [7-9]: ПП 26.00 – асс. *Colpodietum fulvi* Sambuk 1930, ПП 23.00 – асс. *Eleocharitetum palustris* Savich 1926, ПП 48.01 – асс. *Equisetum fluviatilis* Steffen 1931, ПП 58.99 – асс. *Rorippetum amphibiae* Passarge (1960) 1964, ПП 25.00 – асс. *Eleocharito-Agrostietum stoloniferae* Denisova ex Taran 1995, ПП 61.99 – асс. *Agrostio-Equisetum arvensis* (Prokopjev 1990) Grigorjev ex Taran 1995, ПП 06.01 – асс. *Agrostio-Equisetum arvensis* (Prokopjev 1990) Grigorjev ex Taran 1995, ПП 11.99 – асс. *Eleocharito-Ptarmicetum cartilagineae* Taran 1998.

Площадки находятся вблизи Сургута: на о. Зубатинский (ПП 26.00, 23.00, 48.00, 58.99, 25.00, 61.99), о. Заячий (ПП 6.01) и у пос. Барсово (ПП 11.99), их координаты даны в табл. 1. Для сбора информации ежегодно (кроме 2010-2011 гг.) проводили укосы травостоя. По разным причинам на некоторых площадках наблюдение пришлось прекратить. ПП 61.99 и ПП 58.99 были уничтожены соответственно в 2001 и 2005 гг. при создании карьеров (полные сведения для ПП 61.99 были представлены ранее [12] и здесь не рассматриваются). В 2008 г. в основном прекращены исследования на ПП 25.00. На остальных площадках наблюдения продолжаются.

В статье представлены результаты наблюдений по 2013-2014 гг. При сборе материала ежегодно проводили укосы травостоя, а также описание растительного покрова. Укосы выполняли в основном в августе-сентябре, в период максимального нарастания фитомассы. При определении НФМ растения срезали на уровне почвы с укосных площадок размером 0,4×0,4 м. Их количество на ПП варьировало от 4 до 14 в зависимости от равномерности сложения растительного покрова. Повторности позволяют вести статистическую обработку материала, с определением среднего значения и ошибки, которая укладывалась в основном в 15%. В некоторых случаях (монодоминантные сообщества с легко считаемыми побегами) применяли методику Н.Ф. Храмцовой [13], предусматривающую отдельно пересчет побегов на единице площади и их срезание для последующего высушивания, взвешивания и расчета НФМ. В лабораторных условиях пробы высушивали до воздушно-сухого состояния, разбирали по видам и взвешивали с точностью 0,1 г. (для крупных побегов) и 0,02 г. (для остальных побегов). Статистическая обработка результатов выполнялась в программе MS Excel. Помимо продуктивности фитоценозов определялся уровень затопления ПП, в некоторых случаях также седиментация. Затопление оценивалось путем прямых (с последующим соотносением данных с Сургутским гидропостом) и косвенных (преимущественно по оставленным следам на кустах) замеров. Подобная работа проводилась в основном в 2001 и 2002 гг. Для других лет выполнялась экстраполяция данных с учетом сведений с Сургутского гидропоста.

Таблица 1. Координаты ПП

№ ПП	Ассоциация	Широта, WGS-84	Долгота, WGS-84	Высота над гидропостом, см
26.00	<i>Colpodietum fulvi</i>	61°13'41,6"	73°20'03,3"	304
23.00	<i>Eleocharitetum palustris</i>	61°15'13,5"	73°17'21,2"	334
48.01	<i>Equisetum fluviatilis</i>	61°14'26,5"	73°18'40,1"	392
58.99	<i>Rorippetum amphibiae</i>	61°14'01,7"	73°21'31,5"	558
25.00	<i>Eleocharito-Agrostietum stoloniferae</i>	61°14'27,2"	73°18'44,7"	591
61.99	<i>Agrostio-Equisetum arvensis</i>	61°13'37,5"	73°20'18,1"	нет данных
06.01	<i>Agrostio-Equisetum arvensis</i>	61°14'50,8"	73°18'04,1"	628
11.99	<i>Eleocharito-Ptarmicetum cartilagineae</i>	61°14'34,4"	73°12'26,7"	638

Обсуждение результатов исследований. Особенности развития сообществ прибрежных отмелей связаны, прежде всего, с характером их затопления. Полученные результаты затопления площадок (табл. 2 и 3) отражают выраженный фактор поемности – участки находятся ниже основной поверхности поймы и затапливаются ежегодно и чаще на продолжительное время. Даже в аномально маловодный 2012 г., с низшим максимумом затопления за весь период гидрологических наблюдений (с 1894 г.), три площадки все же оказались затоплены.

В этот год максимальный уровень затопления по Сургутскому гидропосту составил лишь 434 см. До него низший максимум (550 см) фиксировался в 1900 г. С 1999 г., за исключением 2012 г., максимальный уровень был не ниже 633 см. Таким образом, 2012 г. оказался исключительно важным для оценки реакции сообществ прибрежных отмелей на изменение режима затопления. Именно этот сезон позволил дополнительно выяснить некоторые особенности продуцирования НФМ, а именно низкие

его значения для отдельных ПП при непродолжительном затоплении, или отсутствии такового.

Нахождение площадок на разных уровнях (разброс значений по высоте для них превышает три метра) обуславливает широкий диапазон продолжительности затопления. ПП 26.00, находящаяся на наиболее низком уровне, с 2000 г. затапливалась на высоту от 1,3 до 5,2 м и на срок от 55 до 135 дней. Самое раннее освобождение площадки произошло в 2012 г. – 18 июня, самое позднее – 9 сентября (в 2002 г.). Иные площадки испытывают менее продолжительное затопление. Разногодичный разброс значений максимумов затопления по годам составил 389 см, без 2012 г. – 190 см.

Ежегодные изменения поемности обуславливают значительные флуктуации продуктивности (табл. 4), которые усиливаются седиментацией, связанной положительной корреляцией с поемностью [11]. Ранее [12] было отмечено, что наибольший размах значений характерен для сообществ пониженных участков (ПП 26.00, ПП 23.00). Продолжение наблюдений отразило отсутствие столь выраженной закономерности, которую нарушает смена сообществ, с характерным «провалом» продуктивности. В фитоценотически стабильных сообществах (ПП 48.01, ПП 58.99) флуктуации ниже.

Таблица 2. Глубина затопления ПП в годы их обследования, см

№ ПП	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2012	2013	2014
26.00		366	418	504	426	380	355	334	519	404	329	130	429	429
23.00		336	388	474	396	350	325	304	489	374	299	100	399	399
48.01			330		338	292	267	246	431	316	241	42	341	341
58.99	229	112	164	250	172	126								
25.00		79	131		139	93	68	47	232	117				
06.01			94	180	102	56	31	10	195	80	5	-194	105	105
11.99	149	32	84	170	92	46	21	0	185	70		-204	95	

Таблица 3. Продолжительность затопления ПП в годы их обследования, дни

№ ПП	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2012	2013	2014
26.00		91	129	135	81	91	90	80	126	94	110	55	106	113
23.00		88	123	124	77	86	84	76	120	90	105	51	102	108
48.01			112		72	74	72	70	114	82	99	25	97	100
58.99	72	64	90	90	61	58								
25.00		60	87		58	53	42	53	99	60				
06.01			79	84	54	46	28	26	96	57	12	0	70	74
11.99	67	51	77	83	53	43	23	10	95	56		0	67	

Таблица 4. Надземная фитомасса сообществ по годам, г/кв.м

ПП	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2012	2013	2014	Ср.
26.00		136±9	37±3	(0)	245±29	409±20	585±28	341±38	43±8	341±18	428±41	150±17	176±21	291±25	245
23.00		294±19	88±7	30±3	59±10	449±28	561±15	343±23	106±9	272±26	267±10	401±47	380±21	284±26	272
48.01			157±14		186±18	210±16	445±33	373±21	167±19	313±42	219±8	443±22	276±22	313±17	282
58.99	255±18	387±25	219±9	182±37	137±7	292±17									245
25.00		125±4	138±12		83±10	149±11	185±19	243±17	80±9	123±11					141
06.01			159±12	225±21	441±8	554±71	315±30	245±47	113±14	190±27	144±18	16±3	94±15	88±14	215
11.99	303±14	539±50	352±19	124±12	907±47	650±37	734±51	250±36	203±12	618±66		311±28	480±99		456

Примечание: для ПП 26.00 в 2002 г. продуктивность не была определена, при этом покров в этот сезон практически не развивался. Сокращение: Ср. – среднееголетнее значение за весь период наблюдений

В целом для прибрежных сообществ подтвердилась тенденция снижения продуктивности в многоводные годы. Ее отразили, в частности, 2002 и 2007 гг. с затяжными половодьями и падением интенсивности нарастания НФМ. Этот показатель в указанных сезонах составил в среднем соответственно 112 и 119 г/кв.м (максимум 225 г/кв.м). В короткопоемные 2003-2006 гг. продуктивность была заметно выше, и для ряда площадок превышала 500 г/кв.м в год. Столь высокие значения сезонного нарастания фитомассы вполне сопоставимы с крупнозлаковыми и осоковыми фитоценозами, отражая высокий продукционный потенциал слагающих

сообщества видов. Между тем на ПП 6.01 и ПП 11.99, находящихся выше других площадок обратная корреляционная связь продуктивности и затопления была нарушена из-за аномально маловодного и при этом очень жаркого 2012 г.; очевиден в указанный сезон дефицит увлажнения. До 2012 г. коэффициент корреляции НФМ с уровнем затопления по площадкам колебался от -0,42 до -0,80, с продолжительностью затопления – от -0,35 до -0,76.

Также на площадках прослеживается тенденция уменьшения обратной зависимости между продуктивностью с одной стороны и высотой и продолжительностью затопления с другой стороны с

продвижением вверх по рельефу – для ПП 26.00, 23.00 и 48.01 до 2012 г. коэффициент корреляции находился в пределах соответственно от -0,72 до -0,76 и от -0,62 до -0,76. На площадках высоких гипсометрических уровней (ПП 6.01, ПП 11.99) этот показатель отмечен в коридорах соответственно от -0,50 до -0,42 и от -0,52 до -0,44. Охарактеризованная закономерность отражает снижение флуктуаций сообществ от низких уровней к высоким и повышение их продукционной стабильности.

Усредненные значения продуктивности за многолетний период наблюдений не подтвердили тенденцию к возрастанию НФМ с повышением в рельефе, высказанную ранее автором [12]. Примечательно, что этот показатель оказался близким на всех площадках, за исключением ПП 25.00 и ПП 11.99. Для ПП 26.00, 23.00, 48.01, 58.99, 6.01 НФМ за многолетний период составила 215-282 г/кв.м, до 2012 г. – 245-265 г/кв.м.

На ПП 25.00 сохранилось низкое значение НФМ – 80-243 (в среднем 141 г/кв.м). Невысокая здесь продуктивность ранее автором связывалась с возможным влиянием на травостой кустарникового яруса – затеняющего напочвенный покров. Полученные новые данные, а также наблюдения за уровнем грунтовых вод в пойме Оби, опровергают подобное мнение. Более вероятным здесь является дефицит увлажнения при падении уровня грунтовых вод во вторую половину лета, тем более что под сообществом находятся почвы легкого гранулометрического состава с их высокой фильтрационной способностью. Подобное мнение основано на нашем наблюдении за грунтовыми водами в обской пойме, которое показало, что даже в многоводные годы на невысоких гривах их уровень опускается ниже двух метров, вызывая дефицит увлажнения. Предположение о слабой влагообеспеченности на некоторых участках подтверждается рекордно низким значением НФМ на ПП 6.01, а также заметным снижением показателя на ПП 26.00 в жарком и маловодном 2012 г. Вместе с тем на ПП 23.00 и ПП 48.01 сохранилась высокая интенсивность нарастания НФМ, потому как эти площадки приурочены к логообразному понижению.

Сильное отклонение в сторону увеличения среднемноголетнего значения НФМ зафиксировано на ПП 11.99 – 456 г/кв.м. (табл. 4). Для сообщества асс. *Eleocharito-Ptarmicetum cartilagineae*, находящегося на указанной площадке также отмечено отсутствие существенного снижения показателя в маловодном 2012 г., отражая незначительный дефицит увлажнения, несмотря на то, что эта площадка находится выше других ПП. Высокую продуктивность и слабое реагирование сообщества на дефицит увлажнения можно объяснить, эдафическими факторами (суглинистая почва, удерживающая воду по сравнению другими площадками на почвах более легкого механического состава). Очевидно, сказывается и положение в рельефе: ПП 11.99 находится

на пологом склоне, где может скапливаться влага. Пожалуй, наиболее важным в проведенных многолетних наблюдениях явилось выявление преобразований сообществ во времени. Отмечена смена большинства фитоценозов, при быстром замещении доминантов (в течение 1-2 лет). Показательными в этом плане являются сообщества на ПП 26.00 и ПП 23.00.

На ПП 26.00 доминирование *Arctophila fulva* сохранялось по 2006 г. (табл. 5), при этом доля доминанта составляла 62-95%, а перед распадом в 2006 г. – 88%. В многоводном 2007 г. произошел распад сообщества – доля арктофилы упала до 2%, на ее смену пришел жерушник (*Rorippa amphibia*), обозначивший свои доминирующие позиции в первый же год активного развития (65%), хотя за год до этого его доля составляла всего 9%. За время наблюдений площадка, обращенная к Оби, сместилась на плоскую вершину гривы, началось закустаривание поверхности, однако по сей день плотный кустарниковый покров на ней не сформировался.

Еще более существенные преобразования произошли на ПП 23.00 (табл. 6). Здесь за 15 лет доминант менялся трижды. Изначально площадка была заложена в сообществе болотницы (*Eleocharis palustris*), ее доля в НФМ колебалась от 81 до 91%. Через 3 года болотница уступила место жерушнику (*Rorippa amphibia*), с долей 45-91%. В 2008 г. было отмечено возвращение доминирующей позиции болотницы (83%), однако в 2013 г. она была вытеснена хвощом (*Equisetum × litorale*), который доминирует по сей день. На фоне изменения состава сообществ происходило преобразование поверхности. При закладке в 2000 г. площадки участок прибрежной отмели был наклонен к протоке Кривуля. Позднее он оказался с тыльной стороны гривы, отсекающей указанную протоку от формируемого логообразного понижения за гривой, в котором вода в последние годы сохраняется до глубокой осени, обеспечивая преимущество хвощу, приобретающему все больше признаки влаголюбивого *Equisetum fluviatile*. В целом сукцессия отразила смену сообществ на фоне изменения рельефа – от болотницы у протоки Кривуля через жерушник, оказавшийся на вершине формирующейся плоской гривы к болотнице (участок сместился в тыльную сторону гривы) и далее к хвощу в формируемом логообразном понижении.

Прибрежное сообщество из *Equisetum fluviatile* на ПП 48.01, в отличие от выше описанных фитоценозов, сохранило свою фитоценотическую стабильность во времени, отражая устойчивость вида и его способность удерживать пространство (табл. 7). На площадке, приуроченной к логообразному понижению за гривой у протоки Кривуля в течение всего периода наблюдений с 2001 г. хвощ оставался доминантом (доля участия вида в НФМ 98-100%).

Таблица 5. НФМ на ПП 26.00, г/кв.м.Сообщества асс. *Colpodietum fulvi* / *Rorippetum amphibiae*

Вид \ год	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	Ср. 1	2007	2008	2009	2012	2013	2014	Ср. 2	Итог
<i>Equisetum arvense</i>	6,0	3,4	0,0	84,4	51,2	47,0	5,7	28,25	13,0	28,1	0,4	21,0	50,5	69,2	30,36	29,22
<i>Agrostis stolonifera</i>	0,0	0,0	0,0	5,8	0,5	22,5	5,2	4,85	0,0	2,2	0,0	2,3	0,0	0,1	0,77	2,97
<i>Arctophila fulva</i>	129,7	33,8	0,0	152,8	349,0	486,5	298,6	207,21	0,9	51,5	9,7	64,7	9,0	11,0	24,46	122,87
<i>Eleocharis palustris</i>	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,04	1,0	17,0	11,2	0,1	19,4	21,6	11,70	5,42
<i>Carex acuta</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,4	0,0	0,06	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,01	0,03
<i>Rumex ucranicus</i>	0,0	0,0	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0	0,06	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,00	0,03
<i>Rorippa amphibia</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	7,6	29,1	30,5	9,60	27,9	239,7	407,0	44,6	92,6	188,1	166,67	82,09
<i>Rorippa dogadovae</i>	0,0	0,0	0,0	0,01	0,0	0,0	0,0	0,00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,00	0,00
<i>Epilobium aden.</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,00	0,0	0,0	0,0	0,02	0,0	0,0	0,00	0,00
<i>Epilobium palustre</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,00	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,02	0,01
<i>Mentha arvensis</i>	0,3	0,0	0,0	0,2	0,4	0,0	1,2	0,28	0,0	3,0	0,0	17,2	4,8	1,4	4,41	2,19
<i>Gnaphalium sib.</i>	0,0	0,0	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0	0,05	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,00	0,03
<i>Matricaria inodora</i>	0,0	0,0	0,0	1,1	0,0	0,0	0,0	0,15	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,00	0,08
Сумма	136,2	37,4	0,0	245,0	408,7	585,4	341,2	250,6	42,8	341,5	428,4	150,0	176,4	291,4	238,4	244,9

Примечание: здесь и в табл. 6-11 жирным шрифтом выделены доминанты, а также суммарные и усредненные значения. Сокращения: Ср.1 – среднее значение для *Colpodietum fulvi* (2000-2006 гг.), Ср.2 – среднее значение для *Rorippetum amphibiae* (2007-2014 гг.). Сокращения названий видов: *Epilobium aden.* – *Epilobium adenocaulon*, *Gnaphalium sib.* – *Gnaphalium sibiricum*

Таблица 6. НФМ на ПП 23.00, г/кв.м. Сообщества асс. *Eleocharitetum palustris* / *Rorippetum amphibiae* / сообщество *Equisetum × litorale*

Вид \ год	2000	2001	2002	Ср.1	2003	2004	2005	2006	2007	Ср.2	2008	2009	2012	Ср.3	2013	2014	Ср.4	Итог
<i>Eq. litorale</i>	15,9	11,5	0,6	9,3	2,0	4,5	3,8	7,1	8,3	5,9	3,8	18,8	83,2	35,3	291,5	224,7	258,1	52,0
<i>Agrostis stol.</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,8	1,5	0,0	0,8	0,2	0,0	59,8	20,0	0,0	0,1	0,0	4,9
<i>Arctoph. fulva</i>	1,3	0,1	0,1	0,5	4,9	1,0	35,3	30,3	0,0	16,6	0,0	0,0	14,3	4,8	1,1	0,3	0,7	6,8
<i>El. palustris</i>	266,6	71,2	24,5	120,8	12,6	36,1	168,0	149,7	28,8	95,6	226,6	218,9	243,2	229,6	87,8	59,4	73,6	122,6
<i>Rorippa amph.</i>	10,0	5,7	4,4	6,7	39,2	407,2	347,9	153,7	66,3	243,8	40,6	28,7	0,0	23,1	0,0	0,0	0,0	84,9
<i>Epil. aden.</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Stachys pal.</i>	0,2	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	1,3	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1
<i>Mentha arv.</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,7	1,0	2,7	1,6	0,6	0,2	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,6
Сумма	293,9	88,4	29,6	137,3	58,9	448,8	560,8	343,3	106,1	364,7	271,7	266,6	400,5	312,9	380,4	284,5	332,4	271,8

Примечание: сокращения: Ср.1, Ср. 3 – среднее значение для *Eleocharitetum palustris* (2000-2002 гг. и 2008-2012 гг.), Ср.2 – среднее значение для *Rorippetum amphibiae* (2003-2007 гг.), Ср.4 – среднее значение для сообщества *Equisetum × litorale* (2013-2014 гг.). Сокращения названий видов: *Eq. litorale* – *Equisetum × litorale*, *Arctoph. fulva* – *Arctophila fulva*, *Agrostis stol.* – *Agrostis stolonifera*, *El. palustris* – *Eleocharis palustris*, *Rorippa amph.* – *Rorippa amphibia*, *Epil. aden.* – *Epilobium adenocaulon*, *Stachys pal.* – *Stachys palustris*, *Mentha arv.* – *Mentha arvensis*.

Таблица 7. НФМ на ПП 48.01, г/кв.м. Сообщества асс. *Equisetetum fluviatilis*

Вид \ год	2001	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2012	2013	2014	Итог
<i>Equisetum fluviatile</i>	156,47	182,78	208,91	445,14	373,11	167,48	311,90	219,10	441,22	274,97	309,69	280,98
<i>Eleocharis palustris</i>	0,00	0,00	0,11	0,00	0,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03
<i>Rorippa amphibia</i>	0,11	3,46	1,17	0,05	0,00	0,00	1,09	0,00	1,63	1,13	3,52	1,10
<i>Mentha arvensis</i>	0,00	0,22	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,02
Сумма	156,58	186,46	210,19	445,19	373,31	167,48	312,99	219,10	442,87	276,10	313,20	282,13

Также сохранялось доминирование одного вида в течение всего периода наблюдений на ПП 58.99 (табл. 8). Здесь отмечена высокая доля участия доминанта – *Rorippa amphibia* (96-100%). С 2003 г. поверхность у ПП 58.99 начала размываться из-за гидрокарьера, обусловившего изменение экологических условий. В 2005 г. площадка была уничтожена. Предположительно сообщество должно было со временем заместиться прутьозняком.

Сообщество на ПП 25.00 отличается от выше описанных фитоценозов прежде всего низкой продуктивностью (табл. 9). Ее причина, как было показано выше, кроется в дефиците влаги. Изначально сообщество имело монодоминантную структуру, с доминированием полевицы (*Agrostis stolonifera*). Доля доминанта в 2000 и 2001 гг. составляла соответственно 94% и 84%. В 2003 г. доля полевицы упала до 31%, а к 2008 г. – до 9%. В 2003 г. сообщество стало полидоминантным, с высокой долей участия *Equisetum arvense*, *Agrostis stolonifera*, *Eleocharis palustris* (этот вид преобладал последние три года, его доля составляла 55-64%) и *Ptarmica salicifolia*. Полидоминантность в данном случае может быть объяснена снижением конкуренции между видами из-за дефицитом влаги, обеспечивающей успешное клональное развитие группировок.

На ПП 6.01 (табл. 10) доминирующий с 2001 по 2005 гг. хвощ полевой (*Equisetum arvense*) с долей участия в НФМ 53-96%, сменился в 2006 г. болотницей болотной (*Eleocharis palustris*), долевое участие которой колебалось от 53 до 91% (кроме 2012 г., в котором зафиксировано преобладание *Agrostis stolonifera*). Интересно для этого сообщества отметить направленное уменьшение со временем продуктивности. Причина

таких изменений может быть связана с повышением рельефа при седиментации, которое пока мы не можем количественно учитывать до проведения точной инструментальной съемки. Фитоценоз начинает преобладать сообщество на ПП 25.00. Дефицит влаги проявился особенно в 2012 г., когда НФМ на ПП 6.01 уменьшилась до 16 г/кв.м против максимальных в 2004 г. 554 г/кв.м (35-кратное изменение показателя).

Таблица 8. НФМ на ПП 58.99, г/кв.м. Сообщество асс. *Rorippetum amphibiae*

Вид \ год	1999	2000	2001	2002	2003	2004	Итого
<i>Rorippa amphibia</i>	254,80	387,00	216,39	176,17	131,96	282,79	241,52
<i>Equisetum arvense</i>	0,16	0,00	2,10	2,46	2,68	4,57	1,99
<i>Arctophila fulva</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00
<i>Agrostis stolonifera</i>	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,64	0,11
<i>Carex acuta</i>	0,00	0,00	0,00	0,08	0,06	0,00	0,02
<i>Eleocharis palustris</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,19	0,03
<i>Mentha arvensis</i>	0,00	0,00	0,96	3,02	1,79	4,23	1,67
<i>Ptarmica salicifolia</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,38	0,00	0,06
Сумма	254,98	387,00	219,45	181,73	136,91	292,42	245,41

Таблица 9. НФМ на ПП 25.00, г/кв.м. Сообщества асс. *Eleocharito-Agrostietum stoloniferae* / *Eleocharitetum palustris*

Вид \ год	2000	2001	2003	2004	2005	Ср. 1	2006	2007	2008	Ср. 2	Итого
<i>Equisetum arvense</i>	5,23	0,19	48,05	36,72	47,15	27,47	25,06	15,67	23,11	21,28	25,15
<i>Equisetum fluviatile</i>	0,00	0,14	0,00	0,00	0,00	0,03	0,42	1,36	0,96	0,91	0,36
<i>Alisma plant.-aq.</i>	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Agrostis stolonifera</i>	117,03	115,28	25,76	31,52	57,58	69,43	49,78	0,38	11,44	20,53	51,10
<i>Alopecurus aequalis</i>	1,32	0,03	0,00	0,00	0,00	0,27	0,00	0,00	0,00	0,00	0,17
<i>Eleocharis palustris</i>	1,16	22,19	8,39	59,13	50,42	28,26	139,69	50,82	67,53	86,01	49,92
<i>Carex acuta</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,39	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05
<i>Rorippa amphibia</i>	0,09	0,00	0,93	4,69	3,71	1,89	0,07	5,31	0,07	1,82	1,86
<i>Rorippa palustris</i>	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Viola stagnina</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,01	0,00
<i>Inula britannica</i>	0,14	0,00	0,19	3,55	1,84	1,14	0,53	2,18	0,00	0,90	1,05
<i>Ptarmica salicifolia</i>	0,00	0,00	0,07	13,59	24,38	7,61	27,86	3,93	20,20	17,33	11,25
Сумма	124,97	137,84	83,41	149,20	185,48	136,18	243,43	79,65	123,31	148,80	140,91

Примечание: сокращения: Ср. 1 – среднее значение для *Eleocharito-Agrostietum stoloniferae* (2000-2005 гг.), Ср. 2 – среднее значение для *Eleocharitetum palustris* (2006-2008 гг.). Сокращения названий видов: *Alisma plant.-aq.* – *Alisma plantago-aquatica*

Таблица 10. НФМ на ПП 6.01, г/кв.м. Сообщества асс. *Agrostio-Equisetetum arvensis* / *Eleocharitetum palustris*

Вид \ год	2001	2002	2003	2004	2005	Ср. 1	2006	2007	2008	2009	2012	2013	2014	Ср. 2	Итого
<i>Equisetum arvense</i>	124,6	162,7	423,0	439,1	165,8	263,0	31,1	46,7	71,6	0,9	0,0	0,8	5,9	22,42	122,68
<i>Alisma plant.-aq.</i>	0,01	0,0	0,0	0,0	0,0	0,00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,00	0,00
<i>Agrostis stolonifera</i>	0,6	0,0	0,0	0,0	1,3	0,38	13,3	0,0	0,5	2,9	14,7	5,1	5,5	6,00	3,66
<i>Alopecurus aequalis</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7	0,14	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,10	0,11
<i>Poa pratensis</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,02	0,0	0,0	0,0	0,0	1,3	0,0	0,0	0,19	0,12
<i>Eleocharis palustris</i>	29,7	59,7	3,9	53,5	92,4	47,82	182,2	60,0	102,9	94,9	0,0	76,9	65,1	83,15	68,43
<i>Carex acuta</i>	0,0	0,0	0,0	0,8	0,0	0,17	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,00	0,07
<i>Stellaria palustris</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,00	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,03	0,02
<i>Rorippa amphibia</i>	0,4	2,5	0,6	1,6	0,3	1,08	0,0	0,0	1,9	0,0	0,0	3,5	2,1	1,07	1,07
<i>Naumburgia thyr.</i>	0,0	0,0	0,0	0,01	0,0	0,00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,00	0,00
<i>Mentha arvensis</i>	3,2	0,0	13,3	58,7	54,1	25,85	17,1	6,5	12,7	45,5	0,0	0,0	0,0	11,68	17,59
<i>Galium palustre</i>	0,0	0,0	0,0	0,5	0,1	0,11	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,06	0,08
<i>Inula britannica</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,00	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0	0,03	0,02
<i>Ptarmica salicifolia</i>	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,13	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,3	9,4	2,40	1,45
Сумма	159,1	224,9	440,7	554,3	314,8	338,8	244,8	113,2	189,5	144,4	16,2	93,6	88,0	127,1	215,3

Примечание: сокращения: Ср. 1 – среднее значение для *Agrostio-Equisetetum arvensis* (2001-2005 гг.), Ср. 2 – среднее значение для *Eleocharitetum palustris* (2006-2014 гг.). Сокращения названий видов: *Alisma plant.-aq.* – *Alisma plantago-aquatica*, *Naumburgia thyr.* – *Naumburgia thyriflora*

Особенностью ПП 11.99 является смена фитоценоза с доминированием характерной для прибрежных отмелей птармики (*Ptarmica salicifolia*), формируемым двухкосточниково-осоковым сообществом, для которого сохраняется мозаика из группировок *Carex aquatilis*, *Carex acuta* и *Phalaroides*

arundinacea (табл. 11). До конца пока остается невыясненным характер подобных изменений. Не исключено, что птармиковое сообщество изначально сформировалось в результате антропогенного нарушения исходного осокового фитоценоза, и мы наблюдаем его восстановление. Маловодные 1995-

1997 г. до начала наблюдений, которые могли повлиять на стабильность осочника. Также вероятно естественное развитие осокового сообщества из прибрежного, однако положение в рельефе не позволяет утверждать это определенно. Как бы там ни

было, сообщество птармики сохранялось и успешно развивалось в течение 1999-2005 гг. (доля доминанта за период наблюдений составляла 54-92%, а перед распадом – 88%). В 2006 г. доля птармики упала до 26%, в 2007 г. до 0,1%, а в 2008 г. вид исчез.

Таблица 11. НФМ на ПП 11.99, г/кв.м. Сообщества асс. *Eleocharito-Ptarmicetum cartilagineae* / *Caricetum aquatilis*

Вид \ год	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	Ср. 1	2006	2007	2008	2012	2013	Ср. 2	Итого
<i>Equisetum fluviatile</i>	4,64	8,22	8,48	0,00	1,34	0,89	8,59	4,59	2,32	15,00	38,18	0,00	0,00	11,10	7,30
<i>Potamogeton gram.</i>	0,00	0,06	0,00	0,00	0,00	5,46	0,00	0,79	0,00	3,24	0,06	0,00	0,13	0,69	0,75
<i>Alisma plant.-aq.</i>	14,59	8,91	0,43	0,10	1,74	12,13	0,00	5,42	0,00	0,22	0,14	0,00	0,00	0,07	3,19
<i>Elytrigia repens</i>	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
<i>Calamagrostis purp.</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,43	0,00	0,00	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04
<i>Agrostis stolonifera</i>	0,00	0,00	0,14	0,02	0,00	0,01	0,00	0,02	0,06	0,16	0,00	0,00	0,00	0,04	0,03
<i>Phalaroides arund.</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06	0,01	0,00	22,17	103,83	34,78	219,69	76,09	31,71
<i>Poa pratensis</i>	0,25	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02
<i>Eleocharis palustris</i>	90,95	114,84	126,54	7,15	60,29	19,65	4,43	60,55	59,36	77,30	180,89	0,11	0,00	63,53	61,79
<i>Carex acuta</i>	25,74	35,63	1,29	11,43	7,31	0,00	73,09	22,07	75,54	3,42	80,89	108,21	77,28	69,07	41,65
<i>Carex aquatilis</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	24,88	0,00	3,55	47,32	79,49	190,18	164,23	173,74	130,99	56,65
<i>Persicaria amphibia</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,86	23,79	3,34	8,81	7,56	3,15
<i>Rorippa amphibia</i>	2,66	0,00	3,82	0,83	0,00	0,78	0,00	1,16	0,00	0,16	0,00	0,00	0,00	0,03	0,69
<i>Caltha palustris</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,07	0,02	0,00	0,00	0,00	0,02	0,01
<i>Ranunculus repens</i>	0,00	0,00	0,09	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
<i>Viola stagnina</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,01
<i>Sium latifolium</i>	0,00	0,15	0,00	0,00	0,00	0,00	1,32	0,21	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,12
<i>Stachys palustris</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,78	0,00	0,00	0,11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06
<i>Mentha arvensis</i>	0,61	1,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,59	0,32	0,00	0,00	0,07	0,00	0,00	0,01	0,19
<i>Scutellaria gal.</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,93	0,00	0,00	0,13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,08
<i>Galium palustre</i>	0,19	0,00	0,13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,03
<i>Inula britannica</i>	0,31	0,00	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03
<i>Ptarmica salicifolia</i>	163,4	370,5	211,0	104,8	834,6	586,4	646,1	416,7	65,21	0,23	0,00	0,00	0,00	13,09	248,5
Сумма	303,5	539,3	352,0	124,3	907,4	650,2	734,2	515,8	250,0	203,3	618,0	310,7	479,7	372,3	456,1

Примечание: сокращения: Ср. 1 – среднее значение для *Eleocharito-Ptarmicetum cartilaginea* (1999-2005 гг.), Ср. 2 – среднее значение для сообщества с доминированием осок и злаков (2006-2013 гг.). Сокращения названий видов: *Potamogeton gram.* – *Potamogeton gramineus*, *Alisma plant.-aq.* – *Alisma plantago-aquatica*. *Calamagrostis purp.* – *Calamagrostis purpurea*, *Phalaroides arund.* – *Phalaroides arundinacea*, *Scutellaria gal.* – *Scutellaria galericulata*

Выводы: проведенные 15-летние наблюдения показали высокую динамичность сообществ прибрежных отмелей, которая проявляется в сильных флуктуациях продуктивности и периодической смене состава доминантов большинства фитоценозов. Флуктуации и преобразования сообществ обусловлены как изменением экологических условий вследствие переформирования рельефа, так и, предположительно, внутренними причинами, связанными с продолжительностью существования сообществ с преимущественно клональным развитием, обуславливающим во многом их монодоминантную структуру [4]. Удержание сообществами поверхности зависит от интенсивности возмущающего фактора и, вероятно, их внутреннего состояния, в частности это может быть обусловлено возрастом фитоценозов.

Автор благодарит профессора Томского госуниверситета Л.Ф. Шепелеву и доцента Сургутского госуниверситета Г.М. Кукуричкина за ценные советы при подготовке публикации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Барышников, М.К. Луга Оби и Иртыша Тобольского Севера. - М.: Изд-во Госземобъединения, 1933. 97 с.
2. Дыдина, Р.А. Обь-Иртышские луга в пределах Ханты-Мансийского округа // Тр. НИИ с.-х. Крайнего Севера. – Норильск, 1961. С. 159-250.
3. Львов, Б.А. Флуктуации пойменных лугов и их продуктивность // Продуктивность сенокосов и пастбищ / Б.А. Львов, Л.Ф. Шепелева, Е.Д. Лапина. – Новосибирск: Наука, 1986. С. 35-37.
4. Пешкова, Н.В. Реальная и потенциальная продуктивность злаковых сообществ. – Свердловск: Изд-во Урал. ун-та, 1987. 136 с.
5. Скулкин, И.М. Состав и продуктивность основных луговых сообществ низовьев Оби // Флора и растительность эталонных и охраняемых территорий. – Свердловск: Изд-во АН СССР, 1986. С. 133-139.
6. Скулкин, М.И. Продуктивность пойменных лугов и ее динамика // Природа поймы нижней Оби. Наземные экосистемы. – Екатеринбург: УрО РАН, 1992. Т. 1. С. 76-91.

7. Таран, Г.С. Синтаксономия лугово-болотной растительности поймы средней Оби (в пределах Александровского района Томской области). – Новосибирск, Препринт ЦСБС СО РАН, 1995. 76 с.
8. Таран, Г.С. Флора и растительность Елизаровского государственного заказника (нижняя Обь) / Г.С. Таран, Н.В. Седельникова, О.Ю. Писаренко, В.В. Голомолзин. – Новосибирск: Наука, 2004. 212 с.
9. Таран, Г.С. Очерк растительности поймы Оби у города Сургута / Г.С. Таран, В.Н. Тюрин // Биологические ресурсы и природопользование: Сб. науч. тр. – Сургут: Дефис, 2006а. Вып. 9. С. 3-54.
10. Таран, Г.С. Флора поймы Оби у города Сургута / Г.С. Таран, В.Н. Тюрин // Биологические ресурсы и природопользование: Сб. науч. тр. – Сургут: Дефис, 2006б. Вып. 9. С. 55-79.
11. Тюрин, В.Н. Травяные сообщества поймы Оби и оценка их продукционного потенциала // Биологические ресурсы и природопользование: Сб. науч. тр. – Сургут: Дефис, 2002. Вып. 5. С. 3-23.
12. Тюрин, В.Н. Динамика продуктивности травяных сообществ прибрежных отмелей (сургутский участок р. Оби) // Известия Самарского научного центра РАН. 2012. Т.14, №1(5). С. 1395-1398.
13. Храпцова, Н.Ф. Статистический метод определения биопродуктивности травяных ценозов // Ботанический журнал. 1974. Т.59. С. 35-62.
14. Шепелева Л.Ф. Структурно-функциональная организация луговых фитоценозов поймы // Биологические ресурсы поймы Средней Оби: динамика и прогноз / Под ред. А.М. Адама. – Томск: НИИББ при Томском ун-те, 1996. С. 75-109.
15. Шепелева Л.Ф. Организация луговых сообществ поймы средней Оби: Автореф. дис. д.б.н. – Новосибирск, 1998. 34 с.

**THE RESULTS OF LONG-TERM OBSERVATIONS FOR THE PRODUCTIVITY DYNAMICS
OF GRASS COMMUNITIES ON RIVER COASTAL SAND-BANKS
(SURGUT PART OF THE OB RIVER)**

© 2017 V.N. Tyurin

Surgut State University

In paper the results of long-term observation for phytomass overground growth peculiarities of grass communities on the Ob River coastal sand-banks neighbourhood of Surgut city.

Key words: *river coastal sand-bank, grass community, productivity, dynamics, vegetation*

УДК 58.056

АГРОКЛИМАТИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ РАЗВИТИЯ ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ НА ТЕРРИТОРИИ ГОРОДА НИЖНЕВАРТОВСКА

© 2017 Г.К. Ходжаева

Нижевартовский государственный университет

Статья поступила в редакцию 20.05.2017

Исследования средних дат климатических показателей по Нижевартовску показали, что все весенние фенофазы древесных растений проходят в более короткие сроки по сравнению с осенними. Фенофазы в условиях города изменяются не только по срокам наступления, но и по своей длительности.

Ключевые слова: *микроклимат, фенофаза, древесные растения, агроклиматическая оценка*

По усредненным данным Нижевартовского и Мегионского лесхозов по породному составу древесные растения в Нижевартовском районе в основном распределены следующим образом: 53% - сосна, 26% - кедр, 14% - береза, 6% - осина и 1% другие породы. В настоящей работе использованы результаты фенологических и метеорологических наблюдений на территории г. Нижевартовска и Нижевартовского района среднетаежной зоны Ханты-Мансийского автономного округа-Югры за 2002-2013 гг. В качестве объектов исследования выбраны деревья береза, черемуха, осина и рябина. Фенологические наблюдения за древесными породами проводили по методикам Гордеева Ю.И., Никольской А.Н. Стрельниковой О.Г. и Федоровой А.И. [5, 7, 8, 10].

Фенологические данные дают весьма ценные для экологии сведения о средней продолжительности вегетации, периоде облиствения отдельных видов в данном районе, о местных и обусловленных погодой различиях в сроках прохождения фенологических этапов, являются основой всех экологических прогнозов. Ведущими фенологами было составлено несколько программ наблюдений. Получили известность принципы графического построения хода развития растительного сообщества или отдельного вида: фенологические - В.Н. Сукачева и А.П. Шенникова; биоклиматического картирования - фенологические карты Н.П. Смирнова и В.А. Батманова; методика расчета суммы эффективных температур, необходимой для начала того или иного порога развития растений - работы А.А. Шиголева и А.Н. Бабушкина; оценка термического режима растительного покрова - М.И. Бudyко, Л.С. Гандин, З.А. Мищенко и др. [10, 11, 12].

Результаты фенологических наблюдений необходимы для научных исследований, для проведения сельскохозяйственных и агротехнических работ, для лесников, охотников, для планирования и прогнозирования мероприятий на территориях. Фенология как наука, широко использует достижения биологии, климатологии, ботаники, земледелия

и других наук и до сегодняшнего дня основывается на наблюдении внешних, видимых изменений в состоянии растений (фенофаз). Систематическое наблюдение над одним и тем же объектом в различных географических пунктах позволяет установить скорость прохождения этих явлений в широтном и долготном направлениях и определить величину фенологических градиентов. Отклонения фактических сроков наступления сезонных явлений от среднего многолетнего (от нормы) называются феноаномалией. Феноаномалии могут быть отрицательными (когда явление опережает нормальные сроки) и положительными (когда запаздывает) [3].

В исследованиях В.П. Кузнецовой и Г.Н. Гребенюк (2015) выявлены особенности реакции фенологических явлений на метеорологический компонент в окрестностях города Нижевартовска, что проявляется в смещении сроков наступления фенофаз в субсезонах и особенно хорошо прослеживается в осенние и весенние периоды года. Средне многолетняя продолжительность фенологических сезонов в г. Нижевартовске за 2007-2014 гг. составляют: весна 110 дней, лето 63 дня, осень 67 дней и зима 122 дня. На сроки фенологических явлений оказывает значительное влияние погодные условия аномального характера, не соответствующие установленным нормам. Также наблюдается тенденция повышения средней температуры воздуха в многолетнем плане на территории г. Нижевартовска [6]. Характерной чертой микроклимата г. Нижевартовска является разнообразие и быстрая смена погоды во все сезоны года, особенно в переходные периоды - от осени к зиме и от весны к лету, а также значительные суточные и сезонные колебания температуры воздуха. Климат города характеризуется продолжительной суровой зимой и коротким летом. Как показали расчеты, температура воздуха в городе Нижевартовске выше на 1-3°C, чем в его окрестностях [5].

Наиболее информативным суммарным признаком влияния антропогенных или других (абиотических и биотических) факторов среды является длина вегетационного периода. За вегетационный период в метеорологии условно применяется момент, когда среднесуточная температура воздуха превышает +5°C. В Сибири, при сильном промерзании

Ходжаева Гюльназ Казым кызы, кандидат географических наук, научный сотрудник научно-исследовательской лаборатории геоэкологических исследований. E-mail: groekngsu@mail.ru

почвы в зимний период, весной, даже при средне-суточной температуре воздуха, превышающей +5°C, вегетация у растений часто не наблюдается. Поэтому за начало вегетации у растений часто принимают первые признаки набухания почек, реже — появление кончиков листьев, или весенние изменения в растениях, при которых обязательно поступление воды. У многих растений таким признаком может считаться наступление набухания почек, т.е. время заметного и почти непрерывного роста. Метеорологи за начало вегетации принимают начало снеготаяния и разморозание почвы. Дата устойчивого перехода температуры воздуха через 0°C осенью является последним днем незамерзшего состояния почвы и прекращения полевых работ. Многие исследователи концом вегетации считают опадание листьев у древесных пород, конец вегетации у летнезеленого растения, окончание фазы осеннего расцветивания листьев, т.е. фактически — разрушение хлорофилла и окончание фотосинтеза [1, 3, 4, 8, 13].

Для определения агроклиматических показателей используют разные методы: метод параллельных, или сопряженных наблюдений за ростом, развитием и урожайности культур и сопутствующими им метеорологическими условиями - основоположник метода П.И. Броунов; метод географических посевов; метод учащенных сроков сева, предложенный Г.Т. Селяниновым; метод обработки статистических материалов по урожайности и сопутствующим им метеорологическим условиям; метод лабораторных исследований; метод микроклиматических посевов и посадок; метод климатического анализа ареалов произрастания сельскохозяйственных культур (географический метод). Основоположником этого метода является А.И. Воейков.

Агроклиматической оценкой территории является степень благоприятствования климата возделыванию различных сельскохозяйственных культур и определяется характер изменений, вносимых в климат поля, луга, пастбища и других сельскохозяйственных угодий агролесомелиоративными и гидромелиоративными мероприятиями [3]. Для агроклиматической оценки термических условий территории представляет интерес дата перехода температуры воздуха через определенные пределы (выше 0°C, 5°C, 10°C и 15°C) весной и осенью. За 2002-2013 годы в Нижневартовске дата устойчивого перехода температуры через 0°C весной в среднем отмечается в конце третьей декады марта (29 марта), а осенью во второй декаде октября (15 октября). В среднем зимний покой древесных растений в городе составляет от 175 до 235 дней, а в районе от 175 до 245 дней. Период от начала зимнего покоя до начала вегетации у древесных растений в городе и районе в среднем составляет 190-200 дней. Число дней за время от перехода через 0°C весной до перехода температуры через 0°C осенью определяет общую продолжительность теплого периода. В городе Нижневартовске летний вегетационный период древесных растений в среднем длится около 130 дней.

Оценка термических ресурсов вегетационного периода по температуре воздуха производится на основе многих климатических характеристик, к которым следует отнести средние многолетние суммы температур воздуха выше 5°C, 10°C и 15°C, обеспеченность этих сумм и динамику накопления, уровень средних температур воздуха, длительность безморозного периода, микроклиматические поправки и т.д. [3, 10]. Для оценки агроклиматических условий территории необходимо сравнительная оценка по тепло- и влагообеспеченности. Влагообеспеченность характеризуется отношением суммы осадков к возможной сумме испарения (мм). Теплообеспеченность оценивается суммой температур воздуха за активный вегетационный период со средней суточной температурой воздуха выше 10°C. По условиям теплообеспеченности территории Нижневартовского района относится к умеренному агроклиматическому поясу среднетаежной агроклиматической зоны с достаточным увлажнением. Теплообеспеченность вегетационного периода древесных растений в г.Нижневартовске, т.е. суммы активных температур воздуха выше 10°C, в среднем составляет 1433°C.

По методике А.А. Шиголева вычисляя суммы эффективных температур, можно определить наступление фазы цветения ряда древесных растений [3]. Математически зависимость наступления той или иной фазы развития от накопления определенной суммы эффективных температур выражается уравнением

$$n = \frac{A}{t - 5},$$

где n – продолжительность периода от начала вегетации данной древесной породы до наступления какой-либо ее фазы развития (например, цветения); A – константа суммы эффективных температур; t – средняя температура за тот же период в анализируемом году. Например, по расчетам А.А. Шиголева, накопление сумм эффективных температур в 125°C соответствует времени зацветания черемухи, накопление 235°C – зацветанию рябины [3].

Прогноз сроков наступления цветения садов используется в мероприятиях по уходу за садом, в борьбе с заморозками. Прогноз наступления фаз развития можно рассчитать на основе учета средней многолетней продолжительности межфазных периодов, но лучшую оправдывает себя метод А.А. Шиголева, основанный на вычислении сумм эффективных температур. А также для определения средних многолетних дат наступления фаз развития древесных можно использовать метод, рекомендованный Ф.Ф. Давитая [10].

Как показали исследования средних дат климатических показателей по Нижневартовску все весенние фенофазы древесных растений проходят в более короткие сроки по сравнению с осенними. Например, фазы облиствения и зацветания обычно проходят довольно дружно и завершаются за 9-11

суток и менее, фазы расцветивания листьев, осеннего их опадания, созревания плодов могут быть растянуты на 1-1,5 месяца. На продолжительность межфазного периода оказывают влияние температура, влажность почвы, продолжительность дня, влажность воздуха и другие факторы внешней среды. Из перечисленных факторов наибольшее значение имеет температура. Длительность вегетационного периода может изменяться в больших пределах, между тем, суммы температур достаточно устойчивы и поэтому являются ценным показателем термического режима [10].

Суммы эффективных температур на территории города Нижневартовска за вегетационный период древесных растений в среднем равно 1112°C. За начало фазы рекомендуется принимать день, когда в данную фазу вступило 5-10% состава популяции, а за начало массового прохождения фенофазы принято считать момент, когда в фазу вступило не менее 40-50% состава взятой под наблюдение популяции [8, 13].

У древесных пород выделяют следующие фенофазы: зимний покой, начало весеннего сокодвижения — «весенний плач» (у берез), набухание почек, распускание почек, разворачивание листьев, рост побегов, летняя вегетация, осеннее расцветивание листьев, осеннее опадание листьев.

Репродуктивные фазы: бутонизация распознается при появлении первых признаков бутонов (черемуха) или разрыхлении сережек (береза); цветение — признак начала фазы — раскрытие кончиков у первых появившихся цветков или высыпание пыльцы. Созревание плодов начинается со времени достижения плодами размеров, характерных для их зрелого состояния. Признаком вступления растения в фазу рассеивания плодов является опадание зрелых плодов и поедание их животными [8].

При изучении особенностей развития древесных растений на территории г. Нижневартовска и Нижневартовского района был проведен сравнительный анализ этапов прохождения фенофаз у березы, черемухи, осины, рябины в течение летней вегетации. Как показали результаты исследований, повышение температуры воздуха в городе приводит к сдвигу сроков прохождения фенофаз по сравнению с окрестностями. Сроки наступления фенофаз в условиях городской экосистемы проходят быстрее по сравнению с территорией пригородной зоны. Например, начало весеннего сокодвижения у березы в городе в среднем за 2003-2013 гг. отмечается в первой декаде мая (03.05), а в окрестностях города во второй декаде мая (10-11.05), что на 7—8 дней позже. Фенофазы в условиях города сдвигаются не только по срокам, но и по своей длительности: практически все фенофазы у наблюдаемых древесных растений в условиях города длятся меньше, чем за городом. На процесс прохождения фенофаз в городе значительное влияние оказывает тепловой режим и факторы антропогенного воздействия. Разница между городом и окрестностях

г.Нижневартовска в сроках прохождения фаз древесных растений были от 7 дней до 22 дня.

Выводы: изучение фенологических особенностей развития древесных растений в условиях города среднетаежной зоны ХМАО-Югры показало, что разница между температурным режимом городской среды и за городом в среднем составляет 2-3°C. В результате повышения температуры воздуха в городе наблюдаются изменения в динамике этапов развития растений, происходит сдвиг фенологических фаз или наложение одной фазы на другую. Фенофазы в условиях города сдвигаются не только по срокам, но и по своей длительности: практически все фенофазы у наблюдаемых древесных растений в условиях города длятся меньше, чем за городом.

Работа выполнена в рамках исполнения инициативного научного проекта № 5.7590.2017 / БЧ Минобрнауки России

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Бейдеман, И.Н.* Изучение фенологии растений. Полевая геоботаника. Ч.2. – М.-Л., 1960. С. 85-87.
2. *Будыко, М.И.* Глобальная экология. – М., 1977. С. 11.
3. *Венцкевич, Г.З.* Агрометеорология. – Л.: Гидрометеоиздат, 1958. 376 с.
4. *Зайцев, Г.Н.* Фенология древесных растений. – М., 1981. 52 с.
5. *Иванова, Н.А.* Особенности фенологического развития древесных растений на территории города в условиях среднетаежной зоны ХМАО-Югры / *Н.А. Иванова, Г.К. Ходжаева* // Эколого-биологические проблемы Сибири и сопредельных территорий: Мат-лы I междунар. науч.-практ. конф. (г.Нижневартовск, 25-26 марта 2009 года). – Нижневартовск: Изд-во Нижневарт. гуманит. ун-та, 2009. С. 204-212.
6. *Кузнецова, В.П.* Динамика фенологических процессов в условиях изменения климата северных территорий (на примере таежной зоны Ханты-Мансийского автономного округа-Югры) / *В.П. Кузнецова, Г.Н. Гребенюк* // Современное состояние фенологии и перспективы ее развития: Мат-лы междунар. науч.-практ. конф., посвященной 115-летию со дня рождения выдающегося советского фенолога В.А. Батманова. – Екатеринбург: Изд-во Уральского государственного педагогического университета, 2015. С. 99-121.
7. *Машинский, Л.О.* Город и природа. М., 1973. 176 с.
8. Наставление гидрометеорологическим станциям и постам. Основные агрометеорологические наблюдения. М, 2000. Вып. 11. Ч. I, II. 87 с.
9. *Рыжов, И.Н.* Школьный экологический мониторинг / *И.Н. Рыжов, Г.А. Ягодин.* – М., 2000. С. 20-35.
10. *Синицына, Н.И.* Агроклиматология / *Н.И. Синицына, И.А. Гольцберг, Э.А. Струнников.* – Л.: Гидрометеоиздат, 1973. С. 344.
11. *Стрижев, А.* Фенология — наука о явлениях — М.: И Московский рабочий, 1989. № 9.
12. *Шнелле, Ф.* Фенология растений. – Л.: Гидрометеоиздат, 1961. 260 с.
13. *Дулин, А.Ф.* Экология растений // Учебно-методическое пособие к образовательной программе. Хабаровск: 2007. [Электронный ресурс] <http://kk.convdocs.org/docs/index-334263.html?page=4>

**AGRO-CLIMATIC CONDITIONS OF WOODY PLANTS DEVELOPMENT
AT THE TERRITORY OF NIZHNEVARTOVSK CITY**

© 2017 G.K. Khodzhaeva

Nizhnevartovsk State University

Researches of middle dates of climatic indexes showed on Nizhnevartovsk, indicate that all spring phenophases of arboreal plants pass in more short spaces as compared to autumn one. Phenophases in the conditions of city are moved not only the timing of the onset, but also in its duration.

Key words: microclimate, phenophase, arboreal plants, agroclimatic estimation

УДК 633.8.:581.4:581.19

БИОМОРФОЛОГИЧЕСКАЯ И БИОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАСТЕНИЙ *PHLÓMIS TUBEROSA* (LAMIACEAE) В КУЛЬТУРЕ В СРЕДНЕЙ ПОДЗОНЕ ТАЙГИ РЕСПУБЛИКИ КОМИ

© 2017 Э.Э. Эчишвили, Н.В. Портнягина, В.В. Пунегов, К.С. Зайнуллина

Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар

Статья поступила в редакцию 27.04.2017

Приведены результаты первичного интродукционного изучения лекарственного растения *Phlomis tuberosa* в средней подзоне тайги Республики Коми. Установлено, что растения *Phlomis tuberosa* вступают в генеративный период на третий год жизни, затем регулярно цветут и плодоносят. В среднем за 106 суток вегетации они ежегодно формируют полноценные семена, но самосевом не размножаются. В условиях Севера исследован химический состав эфирного масла *Phlomis tuberosa*, выделенного методом гидродистилляции из свежей надземной фитомассы многолетних растений. Выход эфирного масла составляет 0,32% в пересчете на абсолютно сухое сырье. В компонентном составе масла достоверно идентифицировано 38 соединений, 21 из которых являются основными. Доминирующими компонентами являются: тимол, этилнеролат, транс- α -бергамотен, трикозан, карвакрол, гексагидрофарнезил ацетат, гептакозан, α -кариофиллен, борнилацетат, гумулен. Выявлено, что растения *Phlomis tuberosa* могут успешно культивироваться в средней подзоне тайги в качестве лекарственного растения.

Ключевые слова: интродукция, *Phlomis tuberosa*, рост, развитие, морфология, эфирное масло, компонентный состав

Зопник клубненосный *Phlomis tuberosa* L. (*Phlomoïdes tuberosa* (L.) Moench) – многолетнее травянистое растение из семейства яснотковых (губоцветных) *Lamiaceae*. Растение широко распространено в Восточной Европе, в Малой и Средней Азии, Иране и Монголии. В России произрастает на юге Европейской части, Кавказе, Дальнем Востоке и Сибири. Растет в степях, на сухих склонах, в зарослях кустарников, на суходольных лугах. Корни длинные, шнуровидные, снабженные клубневидными утолщениями. Стебель прямостоячий, четырехгранный, фиолетово-пурпурный, простой или в верхней части ветвистый, голый или с редкими простыми волосками. Прикорневые и нижние стеблевые листья крупные, треугольные, на длинных черешках, крупнородчатые по краям, средние стеблевые схожие, верхние стеблевые – яйцевидно-ланцетные, сидячие. Цветки крупные, розовые или лиловые с линейно-шиловидными прицветниками, которые длиннее чашечки и опушены длинными отстоящими, многочисленными волосками, сидящими на бугорках. Цветки, собранные в пазухах листьев в густые ложные мутовки, удаленные друг от друга, образуют на вершине стебля длинное колосовидное соцветие. Плод дробный, распадается на четыре

односемянных орешкообразных мерикарпия. Семена с крупным прямым зародышем. В народной медицине используют траву, собранную во время цветения, и клубни, которые собирают осенью после усыхания надземной части [9]. Надземная часть растения содержит тритерпеновые соединения, флавоноиды, фенолокислоты, иридоиды, полисахариды, дубильные вещества, свободные органические кислоты, эфирное масло, макро и микроэлементы и др. [2, 6]. Зопник клубненосный не внесен в государственный реестр лекарственных средств, но исследованиями А.А. Круглой [2] установлено родство химического состава и фармакологической активности травы с зопником колючим (*Phlomis pungens* Willd.), который является официальным растением, входящим в сбор М.Н. Здренко. Также ею обоснована целесообразность и перспективы применения травы зопника клубненосного в медицинской практике в качестве сырья для получения лекарственных препаратов, обладающих желчегонным действием.

Попытки интродукции зопника колючего в Ботаническом саду предпринимались, но семена, привлекаемые к изучению по делектусам, не прорастали из-за комбинированного покоя (A1B1), характерного для семян данного вида [5]. Семена зопника не прорастали при постоянной температуре 20–22°C и не реагировали на стратификацию при 2°C в течение пяти недель [7]. Поэтому было решено привлечь в интродукцию зопник клубненосный, широко используемый в народной медицине и по химическому составу близкий к зопнику колючему. В настоящее время биология и биохимия растений зопника клубненосного изучены недостаточно, что и обусловило начало всестороннего интродукционного

Эчишвили Эльмира Элизбаровна, кандидат биологических наук, научный сотрудник. E-mail: elmira@ib.komisc.ru;
Портнягина Надежда Васильевна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, старший научный сотрудник. E-mail: portniagina@ib.komisc.ru;
Пунегов Василий Витальевич, кандидат химических наук, старший научный сотрудник. E-mail: punegov@ib.komisc.ru;
Зайнуллина Клавдия Степановна, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, и.о.заведующей отделом «Ботанический сад». E-mail: zainullina@ib.komisc.ru.

изучения данного вида в Ботаническом саду Института биологии Коми НЦ УрО РАН.

Цель работы: изучение роста, развития, морфологии растений *Phlomis tuberosa* в культуре и определение массовой доли эфирного масла, его компонентного состава в надземной фитомассе растений для оценки перспективности выращивания данного вида в средней подзоне тайги Республики Коми.

Материал и методы исследований. Объектами исследований послужили два образца зопника клубненосного разного географического происхождения, произрастающие в коллекции Ботанического сада Института биологии Коми НЦ УрО РАН. Исходный материал (семена и живые растения) был получен впервые в 2009 г. из Чебоксарского филиала Главного ботанического сада им. Н.В. Цицина РАН (далее Чебоксары) и Ботанического сада Нижегородского государственного университета (далее Нижний Новгород). Исследования проводили согласно методике, рекомендованной Всероссийским институтом лекарственных и ароматических растений [3]. Растения в коллекции изучались на однородном выровненном агрофоне в тщательно контролируемых условиях интродукционного питомника. Ритм сезонного развития наблюдали с помощью методики фенологических наблюдений Главного ботанического сада РАН [4]. Морфологический анализ проводили на 10 модельных растениях в фазе цветения. Линейные размеры семян определяли с помощью микроскопа стереоскопического МССО. Статистическую обработку экспериментальных данных проводили по общепринятой методике [1]. Выделение и количественное определение эфирного масла (ЭМ) из надземной части многолетних растений в фазе цветения проводили в 2016 г. в лабораторных условиях методом гидродистилляции из свежего сырья по ГОСТ (24027.2-80). Количественное определение массовой доли компонентов в составе ЭМ выполняли методом капиллярной газо-жидкостной хрома-

тографии (ГЖХ) с применением аналитической системы «Кристалл 2000М» (СКБ «Хроматэк», г. Йошкар-Ола, Россия). С целью идентификации химической структуры компонентов ЭМ проводили ГХ-МС анализ на спектрометре «TRACE DSQ» корпорации «Thermo Electron». Интерпретацию масс-спектров соединений выполняли с использованием программного обеспечения Xcalibur Data System (version 1.4 SR1) и библиотеки масс-спектров NIST 05.

Результаты и обсуждение. При посеве семян зопника клубненосного инорайонных репродукций в открытый грунт прорастание растений происходило очень медленно и неравномерно. Единичные проростки отмечались через 20, массовые – через 25–40 дней после посева. Полевая всхожесть семян составила 10–30%. К концу первого года жизни высота растений варьировала от 2 до 8 см. На втором году жизни зопник клубненосный в июне был пересажен на новый участок, на гребни с междурядьями 70 см и расстоянием между растениями 40 см. Перед пересадкой провели морфологическое описание растений, большинство из которых находилось в виргинильном онтогенетическом состоянии. Растения 8–20 см высотой формировали розетку из 3–7 яйцевидно-ланцетных листьев. Листья черешковые, светло-зеленые, опушенные, по краям городчатые. Средние показатели параметров листа следующие: длина 4,6±0,4 см, ширина 3,2±0,3 см, длина черешка 4,9±0,5 см. На базальной части побега просматриваются 3–5 почек возобновления. Корневая система представлена небольшим корневищем 0,5±0,1 см в диаметре и стержневым корнем длиной до 27 см. Главный корень ветвится до второго и третьего порядков. В базальной части побега формируются и придаточные корни, которые несут клубни до 2,1 длиной и 1,4 см шириной. Клубни помельче образуются и на главном корне. К концу сезона высота виргинильных растений зопника клубненосного составила 25–40 см.

Таблица 1. Фенология и высота растений *Phlomis tuberosa* по фазам развития

Фазы развития		Нижний Новгород		Чебоксары	
		2015 г.	2016 г.	2015 г.	2016 г.
вегетация	начало	7.05	2.05	7.05	2.05
	массовое	12.05	7.05	12.05	7.05
	высота, см	38±1	24±2	18±2	12±1
бутонизация	начало	21.05	20.05	28.05	26.05
	массовое	28.05	26.05	4.06	1.06
	высота, см	79±1	64±2	93±2	78±2
цветение	начало	11.06	16.06	18.06	20.06
	высота, см	105±3	94±2	118±2	97±3
	массовое	16.06	20.06	23.06	24.06
	конец цветения	1.07	4.07	9.07	5.07
плодоношение	высота, см	112±3	103±4	126±3	112±2
	начало	1.07	4.07	9.07	5.07
	массовое	17.07	26.07	29.07	26.07
	высота, см	112±3	107±4	127±3	119±3
	сбор семян	20.08	16.08	20.08	16.08

На третий год жизни растения зопника клубненосного перешли в генеративный период, затем ежегодно цвели и плодоносили, но не формировали самосев. В условиях среднетаежной подзоны Республики Коми многолетние растения зопника клубненосного характеризуются высокой зимостойкостью. Весеннее отрастание начинается в первой декаде мая, сразу после перехода положительных температур через 5°C. Начало бутонизации отмечается в третьей декаде мая, начало цветения – во второй декаде июня, заканчивается цветение в первой декаде июля. Необходимо отметить, что растения зопника клубненосного из Нижнего Новгорода зацветали на 4–7 суток раньше, чем растения из Чебоксар (табл. 1). Продолжительность цветения обоих образцов составляет 16–22 суток. Массовое плодоношение приходится на вторую – третью декаду июля, сбор семян проводили во второй декаде августа. Продолжительность периода от начала вегетации до формирования зрелых семян составляет 106–107 суток, что достаточно для развития растений и формирования полноценных семян с массой 1000 шт. семян 3,1 г, 6,2–6,3 мм длиной и 1,6–1,8 мм шириной. Энергия прорастания и лабораторная всхожесть семян сыктывкарской репродукции достаточно высокие – 45 и 71 % соответственно. Период прорастания семян в чашках Петри составил 13 дней.

Нарастание побегов зопника клубненосного в высоту продолжается до конца июня (табл. 1). Наибольшие среднесуточные приросты отмечены в период от массового отрастания до начала цветения, у растений из Нижнего Новгорода они составляли 3,0–3,7 см, Чебоксар – 4,7–5,2 см. Максимальная высота растений из Нижнего Новгорода варьировала от 84 до 130 см, Чебоксар – от 105 до 145 см. В конце июня нами были определены морфологические признаки генеративного побега у растений обоих образцов (табл. 2). В условиях культуры многолетнее растение зопника клубненосного формирует прикорневую розетку листьев 35–45 см длиной и 2–3 облиственных генеративных побега, разветвленных в верхней части до побегов второго порядка (3 пары). Существенных различий по морфологическим признакам между образцами не выявлено. На верхушке главного побега формируется колосовидное соцветие 30–45 см длиной, состоящее из 6–7 расставленных мутовок. В среднем в одной мутовке образуется 21–26 цветков. На концах побегов второго порядка 17–27 см длиной формируются соцветия, состоящие из трех мутовок, среднее число цветков в них варьирует от 8 до 17. Уже в июле отмечается усыхание листьев на растениях, после сбора семян засыхают и генеративные побеги. Второй генерации листьев у зопника клубненосного в наших исследованиях мы не наблюдали.

Таблица 2. Морфометрические признаки генеративного побега *Phlomis tuberosa*

Признаки	Год	Происхождение образцов	
		Нижний Новгород	Чебоксары
длина главного побега, см	2015	119±3,2	127±2,8
	2016	103±3,7	112±1,9
диаметр основания побега, см	2015	0,8±0,03	0,9±0,08
	2016	0,7±0,03	0,7±0,03
число стеблевых листьев, пар	2015	4,0±0,1	3,9±0,1
	2016	4,0±0,1	4,0±0,1
размеры листа на главном побеге, см длина ширина	2015	11,5±0,6	14,5±1,0
	2016	12±1,1	11,5±0,9
	2015	5,0±0,6	7,0±0,7
	2016	5,0±0,8	5,0±0,6
число мутовок в соцветии на главном побеге, шт.	2015	6,0±0,4	7,0±0,2
	2016	6,0±0,4	7,0±0,6
число цветков в мутовке на главном побеге, шт.	2015	21±3,4	24±3,8
	2016	26±2,6	22±3,3
длина побега второго порядка, см	2015	24±2,7	18±2,3
	2016	27±1,2	17±3,7
размеры листа на побеге второго порядка, см длина ширина	2015	2,9±0,2	2,8±0,2
	2016	3,4±0,3	3,8±0,5
	2015	0,8±0,06	0,8±0,07
	2016	0,7±0,06	1,2±0,1
число мутовок в соцветии на побеге второго порядка, шт.	2015	3,0±0,4	3,5±0,3
	2016	3,3±0,2	2,4±0,4
число цветков в мутовке на побеге второго порядка, шт.	2015	17,0±1,5	8,0±1,3
	2016	14,0±1,7	11,0±1,9

В 2016 г. методом гидродистилляции выделяли эфирное масло из надземной фитомассы растений зопника клубненосного из Нижнего Новгорода. Общее содержание ЭМ составило 0,32% в пересчете на абсолютно-сухое сырье. Визуально эфирное масло, полученное из растений, выращиваемых в условиях культуры Республики Коми, представляло собой легко подвижную прозрачную жидкость со слабо выраженным синеватым оттенком из-за низкого содержания хамазулена (0,3% от массы масла). Достоверно в эфирном масле идентифицировано 38 компонентов, 21 из которых являются основными, так как их массовая доля превышает 0,5% от эфирного масла абсолют (табл. 3). Идентифицированные соединения составляют 86,4% от массы масла. Установлено, что доминирующим компонентом в

эфирном масле зопника клубненосного, является тимол (30,9%), при наличии также ароматических соединений карвакрола (4,2%) и метилового эфира тимола (0,5%). Есть исследования, доказывающие, что растения *Thymus baicalensis* Serg. с преобладанием в эфирном масле тимола и карвакрола произрастают в северных широтах и лучше защищены от микроорганизмов, так как эти соединения обладают выраженными антисептическими и фунгицидными свойствами [8]. Кроме тимола и карвакрола в эфирном масле зопника клубненосного в наибольших концентрациях (2,8–5,8%) присутствуют восемь компонентов: этилнеролат, транс- α -бергамотен, трикозан, гексагидрофарнезил ацетон, гептакозан, α -кариофиллен, борнил-ацетат, гумулен.

Таблица 3. Компонентный состав эфирного масла из надземной фитомассы *Phlomis tuberosa*, выращиваемого в средней подзоне тайги Республики Коми, 2016 г.

Компоненты	Массовая доля, в % от цельного масла	Время удерживания, ч:мин:с	Компоненты	Массовая доля, в % от цельного масла	Время удерживания, ч:мин:с
Окт-1-ен-3-ол	0,6	0:06:55	α -Кариофиллен	3,5	0:30:36
Камфен	0,1	0:11:02	Гумулен	2,8	0:31:11
Δ -3-Карен	0,3	0:13:07	β -Фарнезен	1,7	0:31:30
Лимонен	0,1	0:15:07	Гермакрен D	0,1	0:31:45
Гамма-терпинен	0,2	0:16:24	Кадиана-1(10),4-диен	0,7	0:32:18
Линалоол	0,2	0:18:02	Мууролен	1,0	0:32:29
Борнеол	0,4	0:18:56	Кадиана-3,9-диен	0,1	0:32:47
Тимол	30,9	0:19:11	α -Кадинол	0,2	0:36:50
Карвакрол	4,2	0:20:05	α -Бисаболол	0,3	0:37:34
Этилнеролат	5,8	0:21:07	Хамазулен	0,3	0:39:22
Метилловый эфир тимола	0,5	0:23:13	Нероледол изобутонаоат	0,9	0:41:51
Карвон	1,9	0:23:04	Гексагидрофарнезил ацетон	4,1	0:42:09
Гераниол	1,3	0:24:03	Пальмитиновая кислота	1,2	0:43:01
Борнил ацетат	3,3	0:25:04	Цембрен	0,3	0:43:19
α -Лонгипинен	0,1	0:27:22	Трикозан	5,3	0:45:33
Геранилацетат	0,1	0:28:15	Тумбергол	0,7	0:46:40
Лонгифолен	1,1	0:28:59	Пентакозан	2,2	0:50:14
изо - Кариофиллен	0,3	0:29:13	Гептакозан	3,6	0:51:50
транс- α -Бергамотен	5,7	0:30:19	Гексадекановая кислота	0,4	0:52:21

Выводы:

1. Зимостойкость растений зопника клубненосного высокая (97–100 %). В первые два года жизни растения находятся в прегенеративном периоде и характеризуются медленными темпами роста и развития. Массовый переход растений в генеративный период происходит на третьем году жизни. Затем многолетние растения ежегодно цветут, плодоносят и формируют полноценные семена. Полученные данные по фенологии и динамике нарастания побегов в высоту зопника клубненосного могут быть использованы для планирования сроков заготовки лекарственного сырья.

2. Исследован химический состав эфирного масла зопника клубненосного, выделенного методом гидродистилляции из надземной части растений. Выход эфирного масла составил 0,32% в пересчете на абсолютно-сухое сырье. Компонентный состав масла исследован методом хромато-масс-спектрометрии. Достоверно идентифицировано 38 компонентов, 21 из которых являются основными. Особенностью эфирного масла зопника клубненосного является наличие в нем высокого содержания тимола (30,9%) в составе эфирного масла.

3. Учитывая высокую зимостойкость, способность многолетних растений формировать полноценные семена, а также достаточно высокое

содержание эфирного масла в надземной фитомассе растений, зопник клубненосный может успешно культивироваться в подзоне средней тайги Республики Коми в качестве лекарственного растения.

Работа выполнена в рамках государственного задания по теме «Некоторые аспекты репродуктивной биологии ресурсных видов растений в культуре на европейском Северо-Востоке России» № 115012860039.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Зайцев, Г.Н. Методика биометрических расчетов. – М.: Наука, 1973. 256 с.
2. Круглая, А.А. Фармакогностическое изучение зопника колючего и зопника клубненосного, произрастающих на Северном Кавказе: автореф. дис. ... канд. фарм. наук. – Пятигорск, 2008. 20 с.
3. Майсурадзе, Н.И. Методика исследований при интродукции лекарственных растений / Н.И. Майсурадзе, В.П. Киселев, О.А. Черкасов и др. // Лекарственное растениеводство. – М.: ВИЛАР, 1984. Вып. 3. 33 с.
4. Методика фенологических наблюдений в ботанических садах СССР // Бюл. Гл. ботан. сада. 1979. Вып. 113. С. 3–8.
5. Николаева, Н.Г. Справочник по проращиванию покоящихся семян / Н.Г. Николаева, И.В. Лянгузова, В.Н. Гладкова. – Л.: Наука, 1985. 347 с.
6. Першукова, А.М. Зопник клубненосный и его биологическая активность / А.М. Першукова, Г.П. Сафронова // Итоги биологических исследований. – Челябинск, 2000. №2. 8 с.
7. Портнягина, Н.В. Интродукция лекарственных растений в ботаническом саду Института биологии Коми НЦ УрО РАН / Н.В. Портнягина, К.С. Зайнуллина, Э.Э. Эчишвили // Ботанические сады и устойчивое развитие северных регионов: Матер. докл. Всерос. науч. конф. с междунар. участием, посвящ. 80-летнему юбилею ПАБСИ КНЦ РАН. – Апатиты-Кировск, 2011. С. 160–165.
8. Рабжаева, А.Н. Компонентный состав эфирного масла *Thymus baicalensis* Serg. (семейство *Lamiaceae*), произрастающего на территории Восточной Сибири и Монголии / А.Н. Рабжаева, С.В. Жигжитжапова, Л.Д. Раднаева // Химия растительного сырья. 2015. №2. С. 119–126.
9. Флора СССР, Т. XXI. – М., Л.: Изд-во АН СССР, 1954. С. 57.

BIOMORPHOLOGICAL AND BIOCHEMICAL CHARACTERISTIC OF *PHLÓMIS TUBEROSA* (LAMIACEAE) PLANTS IN CULTURE IN THE TAIGA MIDDLE SUBZONE IN KOMI REPUBLIC

© 2017 E.E. Echishvili, N.V. Portnyagina, V.V. Punegov, K.S. Zaynullina

Institute of Biology Komi Scientific Center UrB RAS, Syktyvkar

Results of primary introduction studying of *Phlómis tuberosa* herb in the taiga middle subzone in Komi Republic are given. It is established that *Phlómis tuberosa* plants enter the generative period for the third year of life, then regularly blossom and fructify. On average in 106 days of vegetation they annually form full-fledged seeds, but they do not multiply themselves by self-seeding. In the conditions of the North the chemical composition of *Phlómis tuberosa* essential oil emitted with a hydrodistillation method from the fresh elevated phytomass of perennial plants is investigated. An exit of essential oil makes 0,32% in terms of absolutely dry raw materials. In component composition of oil 38 compounds are authentically identified, 21 of which are the main. The dominating components are: thymol, ethyl nerolate, trans- α -bergamotene, tricosan, carvacrol, hexahydrofarnesyl acetate, heptacosan, α -caryophyllene, bornylacetate, humulen. It is revealed that *Phlómis tuberosa* plants can successfully be cultivated in the taiga middle subzone as a herb.

Key words: introduction, *Phlómis tuberosa*, growth, development, morphology, essential oil, component structure

Elmira Echishvili, Candidate of Biology, Research Fellow.

E-mail: elmira@ib.komisc.ru;

Nadezhda Portnyagina, Candidate of Agriculture, Associate Professor, Senior Research Fellow. E-mail:

portniagina@ib.komisc.ru;

Vasiliy Punegov, Candidate of Chemistry, Senior Research Fellow. E-mail: punegov@ib.komisc.ru;

Klavdiya Zaynullina, Candidate of Biology, Senior Research Fellow, Acting as Chief of the Department "Botanical Garden".

E-mail: zaynullina@ib.komisc.ru.

УДК 596

ПОЛИМОРФИЗМ И МОРФОБИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПОПУЛЯЦИЙ *PELOPHYLAX RIDIBUNDUS* ИЗ РАЗНЫХ МЕСТ ОБИТАНИЯ

© 2017 Г.Р. Юмагулова, А.П. Яковлева

Башкирский государственный университет, г. Уфа

Статья поступила в редакцию 25.05.2017

Изучено 23 особи озёрной лягушки из горно-лесной зоны и 49 особей из Предуралья. Выявлено 7 видов паразитов. Установлена взаимосвязь между условиями обитания и морфо-биологическими особенностями популяций.

Ключевые слова: озёрная лягушка, местообитание, морфометрия, полиморфизм, гельминты, экология, Предуралье, горно-лесная зона

Озерная лягушка – наиболее распространенный вид околородных амфибий Южного Урала, более обычна в Предуралье и в Зауралье Республики Башкортостан (РБ) [6]. В горно-лесной зоне данный вид более редок, одной из таких локальных популяций является «ассинская» популяция *P. ridibundus*, обитающая на территории с. Ассы Белорецкого района РБ. В данной работе проведен сравнительный анализ популяций *P. ridibundus* из разных мест обитаний, испытывающих различную степень антропогенной нагрузки по морфологическим параметрам, полиморфизму, составу паразитофауны.

Село Ассы расположено в горно-лесной зоне в долине реки Инзер. Из-за приподнятости территории (220 м над уровнем моря) годовое количество осадков доходит до 582 мм, среднегодовая температура понижается до 0,5 С, безморозный период сокращается до 60-70 дней (средняя температура января -15,7°С, средняя температура июля +17,4°С). Среднегодовая относительная влажность воздуха - 75 %. На исследованной площади протекают реки Инзер, Юрмаш, Туз, Улуякла, 17 источников ключа Туз-Ялга (Соляная речка), 14 из которых минеральные (маломинерализованные и высокоминерализованные). Родники выделяют азот, сероводород, кислород, углекислый газ.

Город Салават находится в лесостепной зоне на левом берегу реки Белая на высоте 150 м над уровнем моря. Климат территории умеренно континентальный, среднегодовая температура +3,6°С, средняя температура января -13,9°С, июля: +19,4°С. Среднее количество осадков составляет 576 мм. Территория г. Салават относится к экологически неблагоприятным из-за интенсивного влияния на неё деятельности ОАО «Газпром Нефтехим Салават» – предприятия, которое входит в тройку крупнейших нефтехимических производителей в России и является одним из крупнейших производителей бутиловых спиртов, бензина, этилена, пропилена, полиэтилена и других продуктов нефтехимии [14].

Материалом для исследования послужили 72 особи *P. ridibundus*, отловленные на территории с. Ассы Белорецкого района (23 экз.) и г. Салават (49 экз.). Последние отбирались из трех зон, отличных

по характеру антропогенного воздействия [5]: зоны многоэтажных застроек (15 экз.) – озеро Ялпой, зоны малоэтажной застройки – озеро Сяскакуль (16 экз.) и зелёной зоны – старица на р. Белая (18 экз.). Сбор материала проводился в летние месяцы 2013-15 г.г. Для изучения морфометрических признаков были сделаны соответствующие промеры по общепринятым методикам [1, 8, 10-12].

Для взвешивания животных использовали весы ВЛКТ 500 G МКТ 4 с точностью 0,01 г, для взвешивания внутренних органов – электронные весы Massa-K (с точностью до 0,001 г). Результаты измерений были пересчитаны относительно массы тела в индексах по формуле [7, 13]: $C = P_i / P_o \times 1000$, где C – относительный вес органов в промилле, P_i – масса органа, P_o – масса тела. Обработка данных проведена с помощью пакета статистических программ STATISTICA 5.0 (StatSoft Inc.). Достоверность различий между морфологическими параметрами особей внутри популяции оценивали с помощью t -критерия (коэффициента Стьюдента). Полученные результаты отражены в табл. 3 и 4. Полиморфизм (вариация окраски дорсальной стороны) оценивали по общепринятой градации [4].

Для изучения гельминтофауны использовали методику полных гельминтологических вскрытий позвоночных [9]. Для количественного анализа зараженности амфибий использовали показатели: экстенсивность (E , %), интенсивность инвазии (I , экз.) [2, 3]. В соответствии со значениями экстенсивности инвазии условно выделяются следующие группы паразитов: доминантные ($E > 70\%$), субдоминантные ($E > 50\%$), обычные ($E > 30\%$), редкие ($E > 10\%$) и единичные ($E < 10\%$). Поскольку места обитания озерных лягушек приурочены к водоемам, проводили анализ воды для определения содержания металлов и значения рН в санитарно-гигиенической лаборатории филиала ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в РБ в г. Салават, Ишимбайском районе.

В двух водоемах – в старице на р. Белая (г. Салават) и в реке Инзер все показатели воды соответствовали гигиеническим нормам; в озере Сяскакуль обнаружено превышение норм рН (щелочная среда) и запаха, а в озере Ялпой превышение норм ПДК регистрируется по трем показателям: рН, по содержанию ртути и свинца. По результатам анализа воды искусственного пруда с. Ассы выявлено превышение допустимого показателя по критерию «Запах» (3 балла вместо допустимых 2), что объясняется наличием многочисленных минеральных ключей вдоль р. Юрмаш.

Юмагулова Гульдар Рашитовна, кандидат биологических наук, доцент кафедры физиологии человека и зоологии. E-mail: guldar02@mail.ru
Яковлева Алла Павловна, аспирантка

Таблица 1. Химический анализ воды из мест обитания популяций *P. ridibundus*

Определительные показатели	Гигиенический норматив (мг/дм ³)	г. Салават			с. Ассы	
		озеро Сяскакуль	старница вблизи р. Беляя	озеро Ялпой	пруд на р. Юрмаш	р. Инзер
окраска	*	**	**	**	**	**
запахи	≤ 2 балла	3	1	1	3	1
pH	6,5-8,5	8,64 ± 0,10	7,41 ± 0,10	8,70 ± 0,10	7,30 ± 0,10	6,80 ± 0,10
Hg	≤ 0,0005	0,0002 ± 0,00001	0,0001 ± 0,00001	0,0007 ± 0,00001	0 ± 0,00001	0 ± 0,00001
Cu	≤ 1,0	0,007 ± 0,002	0,002 ± 0,002	0,005 ± 0,002	0,005 ± 0,002	0 ± 0,002
Pb	≤ 0,01	0,01 ± 0,001	0,01 ± 0,001	0,03 ± 0,001	0,001 ± 0,001	0,001 ± 0,001
Mn	≤ 0,1	0,007 ± 0,001	0,003 ± 0,001	0,005 ± 0,001	0,013 ± 0,001	0,009 ± 0,001
Cr	≤ 0,05	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01

Примечание: - жирным шрифтом выделено превышение норм ПДК; * - не должна обнаруживаться в столбике 10 см; ** - не обнаруживается

В обеих популяциях *P. ridibundus* преобладают особи с крупными пятнами на дорсальной стороне (80-90%), этот рисунок спины маскирует лягушек как в водной среде, так и по берегам водоемов. Только по одной особи в каждой популяции представлено морфой *burnsi* (чистая) (2-5%). Светлая полоса на спинной стороне (*striata*) чаще встречается в популяциях, обитающих на урбанизированных территориях (6%). Изучение полиморфизма рисунка вентральной стороны выявило следующую законо-

мерность: доминируют светлобрюхие (75%) особи с пигментированным горлом, остальные морфы более редкие. Как самцы, так и самки из «ассинской» популяции по всем параметрам имеют более низкие достоверно значимые показатели (кроме параметра D.r.o. у самок, где значение коэффициента Стьюдента >0,05). Возможно, уменьшение размеров тела озёрных лягушек горно-лесной зоны связано с укорочением благоприятного для питания периода.

Таблица 2. Полиморфизм рисунка дорсальной стороны особей *P. ridibundus*

Морфы	<i>P. ridibundus</i> (с. Ассы) экз. / %	<i>P. ridibundus</i> (г.Салават) экз. / %
<i>Maculata</i> (M), пятнистая	19 / 80	44 / 90
<i>Bursni</i> (B), чистая	1 / 5	1 / 2
<i>Punctata</i> (P), крапчатая	2 / 10	1 / 2
<i>Striata</i> (S), полосатая	1 / 5	3 / 6

Таблица 3. Сравнения морфометрических параметров между самками *P. ridibundus*

Параметр	<i>P. ridibundus</i> (с. Ассы)		<i>P. ridibundus</i> (г.Салават)		Коэффициент Стьюдента, P
	min-max	M ± m	min-max	M ± m	
Масса тела, г	14,3-119,3	47,679±31,313	33,5-120	81,643±29,534	0,02
L, мм	47-106	74,348±19,260	76-106	96,286±12,366	0,01
D.r.o., мм	6-19	10,957±3,748	9-14	12,571±1,902	0,28
L.o., мм	4-9	5,565±1,728	8-11	9,714±1,112	<0,01
F, мм	21-51	33,174±8,250	33-49	42,286±6,291	0,01
T, мм	23-53	37,000±8,707	37-55	49,143±6,939	0,01
D.p., мм	10-15	13,000±2,082	12-21	15,261±2,094	0,02
C.int., мм	3-7	4,217±1,278	4-6	5,429±0,787	0,03

Примечание: здесь и в табл. 4 - длина тела - L.; D.r.o. - от глаза до конца морды; L.o. - глаза; F - бедра; T - голени; D.p. - первого пальца задней ноги; C.int. - внутреннего пяточного бугра

В результате гельминтологических вскрытий у озерной лягушки было обнаружено 7 видов паразитических червей (табл. 5), относящиеся только к классу Trematoda: 3 вида паразитов мочевого пузыря (*G. cygnoides*, *G. loossi*, *G. vitelliloba*); 2 вида гельминтов кишечника - *O. ranae*, *P. claviger*; по 1 виду, паразитирующих в легких (*Pneumonoeces variegatus*) и на серозных оболочках (*Strigea falconis*). Структура сообщества паразитов включает две группы: редкие (*G. loossi*, *G. cygnoides*, *O. ranae*, *P. variegatus*, *Pleurogenes claviger* и метацеркарии *St. falconis*), и единичные виды (*G. vitelliloba*); доминан-

тов, субдоминантов и обычных видов нами не обнаружено, видимо из-за ограниченного круга возможных про-межуточных хозяев. Показатели интенсивности инвазии гельминтами в обеих популяциях невысокие, варьируют от 0,4 до 3,6 экз., несколько выше показатель I для личинок трематод *S. falconis* - 7,3 экз. В обеих популяциях *P. ridibundus* встречено по 5 видов паразитических червей (коэффициент Стьюдента равен 0,6), общими стали наиболее обычные виды трематод (*G. vitelliloba*, *O. ranae*, *P. variegatus*), встречающиеся в популяциях озерных лягушек повсеместно.

Таблица 4. Сравнения морфометрических параметров между самцами *P. ridibundus*

Параметр	<i>P. ridibundus</i> (с. Ассы)		<i>P. ridibundus</i> (г.Салават)		Коэффициент Стьюдента, P
	min-max	M ± m	min-max	M ± m	
Масса тела, г	12,11-99,03	36,227±20,911	46-91	66,885±16,610	<0,0001
L, мм	48-98	69,500±13,828	80-97	89,538±5,317	<0,0001
D.r.o., мм	6-19	10,269±2,822	11-16	13,615±1,557	0,0003
L.o., мм	4-8	4,924±1,230	8-10	9,231±1,013	<0,0001
F, мм	22-48	31,654±5,411	30-46	39,000±4,865	0,0002
T, мм	25-51	35,462±6,872	40-50	45,154±3,738	<0,0001
D.p., мм	10-16	13,230±1,878	12-20	14,500±1,875	0,0316
C.int., мм	3-7	3,731±1,116	5-6	5,154±0,376	<0,0001

Таблица 5. Видовой состав гельминтов *P. ridibundus* из различных биотопов

№ п/п	Виды гельминты	<i>P. ridibundus</i> (с. Ассы)		<i>P. ridibundus</i> (г.Салават)	
		Е, %	І, экз.	Е, %	І, экз.
1	<i>Gorgodera cygnoides</i>	21,7	1,1	-	-
2	<i>Gorgodera loossi</i>	26	1,3	-	-
3	<i>Gorgoderina vitelliloba</i>	8,7	0,4	10,2	3,6
4	<i>Opisthioglyphae ranae</i>	26	1,3	12,2	3,3
5	<i>Pneumonoeces variegatus</i>	17,4	0,8	16,3	1,8
6	<i>Strigea falconis</i>	-	-	14,3	7,3
7	<i>Pleurogenes claviger</i>	-	-	14,3	2

Таблица 6. Морфологические различия зараженных и здоровых особей *P. ridibundus*

Параметр	Особь, зараженные гельминтами (n=16)		Особь без гельминтов (n=33)		Коэффициент Стьюдента, P
	min-max	M ± m	min-max	M ± m	
масса тела, г	12,1-77,8	41,58±22,818	14,3-119,3	41,61±28,664	0,997
масса печени, г	0,2-4,5	2,21±1,378	0,3-5,3	1,72±1,303	0,236
масса сердца, г	0,1-1,6	0,52±0,517	0,07-1,38	0,30±0,266	0,053
масса почек, г	0,1-1,7	0,52±0,568	0,1-1,6	0,32±0,257	0,090
индекс печени	0,01-0,08	0,05±0,016	0,02-101,00	3,10±17,575	0,493
индекс сердца	0,004-0,046	0,01±0,013	0,003-0,043	0,01±0,007	0,079
индекс почек	0,003-0,386	0,04±0,094	0,004-0,050	0,01±0,008	0,115
длина тела, мм	48-94	72,94±14,424	47-106	71,21±17,744	0,737
длина головы, мм	16-27	20,50±3,502	15-28	20,42±4,078	0,949
D.r.o., мм	6-14	10,75±2,380	6-19	10,52±3,658	0,817
L.o., мм	4-7	4,88±1,204	4-9	5,39±1,619	0,262
L.tym, мм	3-8	4,81±1,328	3-8	4,76±1,415	0,897
F, мм	22-40	32,13±5,667	21-51	32,48±7,446	0,865
T, мм	25-45	37,06±6,826	23-53	35,76±8,216	0,585
D.p., мм	10-16	13,94±1,914	10-17	14,33±2,245	0,548
C.int., мм	3-5	3,88±0,806	3-7	4,00±1,369	0,738
Sp.cr., мм	8-17	11,25±3,173	8-20	11,82±4,376	0,646
Lt.p., мм	4-8	6,50±1,366	4-9	6,58±1,562	0,869
S.p.p., мм	1-4	2,56±0,727	1-4	2,64±1,025	0,798

Примечание: длина тела – L.; L.c. – головы; D.r.o. – от глаза до конца морды; L.o. – глаза; Lt.p. – ширина верхнего века; L.tym. – барабанной перепонки; F – бедра; T – голени; D.p. – первого пальца задней ноги; C.int. – внутреннего пяточного бугра; Sp.cr. – расстояние между внутренними краями носовых полосок; S.p.p. – наименьшее расстояние между внутренними краями верхних век

Среди пищевых объектов озерных лягушек водные обитатели составляют 75%, а наземные корма – 25%. Доминирование в пищевом рационе водных беспозвоночных, а также полное отсутствие геогельминтов еще раз подтверждают тесную связь *P. ridibundus* с водной средой обитания. Ниже приводится анализ морфометрических показателей зараженных гельминтами лягушек с особями *P. ridibundus*, свободными от паразитов (табл. 6).

Сравнительный анализ морфометрических показателей зараженных особей *P. ridibundus* и лягушек, свободных от паразитических червей показал, что достоверных отличий по размерам тела, массе тела и внутренних органов, а также по индексам печени, почек и сердца не обнаружено. Вероятно, сложившийся комплекс паразитов у озерных лягушек приводит к адаптациям, которые позволяют сохранить физиологические процессы у

зараженных озерных лягушек на том же уровне, что и у «чистых» от паразитов особей *P. ridibundus*.

Выводы: изучение популяций *P. ridibundus* из разных мест обитания выявило следующие особенности: в горно-лесной зоне преобладают особи с морфой *maculate* (80%) и *punctata* (10%). В условиях Предуралья также доминантной остаётся пятнистая морфа (90%) и морфа *striata* (6%). Озерные лягушки, обитающие в горно-лесной зоне РБ, имеют более мелкие размеры тела – самки с длиной тела $74,5 \pm 19,3$ мм ($P < 0,05$), самцы $69,5 \pm 13,8$ мм ($P < 0,05$); почти в два раза меньше их масса тела по сравнению с лягушками из Предуралья (соответственно $47,7 \pm 31,3$ г у самок и $36,2 \pm 20,9$ г у самцов по сравнению с популяциями из г. Салават – $81,6 \pm 29,5$ г ♀ и $66,9 \pm 16,6$ г ♂). Уменьшение размеров тела связано с условиями обитания, так как в горно-лесной зоне укорачивается благоприятный период для питания озерных лягушек, позже наблюдается выход из зимовок.

Видовой состав гельминтофауны в обеих популяциях включает по 5 видов трематод (индекс фаунистического сходства 0,6), только в Предуралье в популяциях *P. ridibundus* зарегистрированы личинки *Strigea falconis* и кишечные трематоды *Pleurogenes claviger*, тогда как в «ассинской» популяции встречено большое разнообразие паразитов мочевого пузыря (2 вида из рода *Gorgodera* и 1 вид из рода *Gorgoderina*). Зависимости между заражённостью особей озерных лягушек паразитами и их морфометрическими параметрами не выявлено.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Банников, А.Г. Определитель земноводных и пресмыкающихся фауны СССР / А.Г. Банников, И.С. Даревский, В.Г. Ищенко и др. – М.: Просвещение, 1977. 414 с.
2. Бреев, К.А. Применение негативного биномиального распределения для изучения популяционной биологии паразитов. – Л., 1972. 96 с.
3. Бреев, К.А. Применение математических методов в паразитологии // Проблемы изучения паразитов и болезней рыб: Изв. ВНИИОРХ. Т. 105, 1976. С. 109-126.
4. Боркин, Л.Я. Некоторые аспекты морфологической изменчивости, полиморфизма окраски, роста, структуры популяции и суточной активности *Rana lessonae* на северной границе ареала / Л.Я. Боркин, Н.Д. Тихенко // Экология и систематика амфибий и рептилий. Л.: Труды ЗИН АН СССР. Т. 89. 1979. С. 18-54.
5. Замалетдинов, Р.И. Экология земноводных в условиях большого города: Автореф. Дис. ... к.б.н. – Казань, 2003. 19 с.
6. Зарипова, Ф.Ф. Эколого-фаунистическая характеристика земноводных урбанизированных территорий республики Башкортостан: Автореф. дис. ... к.б.н. – Тольятти, 2012. 22 с.
7. Мисюра, А.Н. Влияние отходов предприятий уранодобывающей промышленности на эколого-физиологические показатели земноводных / А.Н. Мисюра, И.Н. Залпуха // Вісник Дніпропетровського університету. Біологія. Екологія. 2006. Вип. 14, т.2. С. 113-117.
8. Писанец, Е.М. Амфибии Украины (справочник-определитель земноводных Украины и сопредельных территорий). – Киев: Зоологический музей ННПМ НАН Украины, 2007. 312 с.
9. Скрыбин, К.И. Метод полных гельминтологических вскрытий позвоночных, включая человека. – М.: Изд-во МГУ, 1928. 45 с.).
10. Таращук, С.В. Схема морфометрической обработки представителей семейства настоящих лягушек (Ranidae) // Руководство по изучению земноводных и пресмыкающихся – Киев: Наукова думка, 1989. С. 46-72.
11. Терентьев, П.В. Лягушка. – М.: Советская наука, 1950. 346 с.
12. Терентьев, П.В. Определитель земноводных и пресмыкающихся / П.В. Терентьев, С.А. Чернов. – М.: Советская наука, 1949. 340 с.
13. Шварц, С.С. Метод морфофизиологических индикаторов в экологии наземных позвоночных: Тр. Института экологии растений и животных / С.С. Шварц, В.С. Смирнов, Л.Н. Добринский. – Свердловск, 1968. Вып. 58. С. 113-118.
14. <http://elib.osu.ru/handle/123456789/632>

POLYMORPHISM AND MORPHO-BIOLOGICAL PECULIARITIES OF *PELOPHYLAX RIDIBUNDUS* POPULATIONS FROM DIFFERENT HABITATS

© 2017 G.R. Yumagulova, A.P. Yakovleva

Bashkir State University, Ufa

It was investigated 23 frogs species from mountain-forest area and 49 frogs species from pre-Ural mountains area. It were found out 7 species of helminthes. The relationship between habitats and morpho-biological parameters of populations was established.

Key words: *Pelophylax ridibundus*, habitats, morphometry, polymorphism, helminthes, ecology, mountain-forest area, pre-Ural mountains area

Guldar Yumagulova, Candidate of Biology, Associate Professor at the Department of Human Physiology and Zoology. E-mail: guldar02@mail.ru; Alla Yakovleva, Post-graduate Student

Сдано в набор 20.04.2017. Подписано к печати 30.06.2017. Формат бумаги 60x80 1/8
Офсетная печать. Усл.п. л. 10,5 Усл.кр.-отг. 8,3 Уч.изд. л. 13,0 Тираж 300 экз. Заказ №

Учредители: Самарский научный центр Российской академии наук,
Президиум СамНЦ РАН

Адрес издателя: 443001, Самара, Студенческий пер., 3а
Отпечатано в типографии СамНЦ РАН. 443001, Самара, Студенческий пер., 3а