



# ВЕСТНИК

Института биологии  
Коми НЦ УрО РАН

№ 3  
(149)

## В номере

### СТАТЬИ

- Пестов С.** Виды рода *Eristalis* Latr. (Diptera: Syrphidae) Республики Коми ..... 2
- Творожникова Т., Хабибуллина Ф.** Особенности распространения микроорганизмов в лесной подстилке ельника черничного средней тайги ..... 6
- Кононова О.** Циклы развития и сезонная динамика численности *Mesocyclops leuckarti* (Claus) и *Asplanchna priodonta* Gosse в условиях малых пойменных озер средней тайги ..... 9
- Минеев Ю., Минеев О.** Биотопическое размещение и биология размножения малого лебеда на полуострове Русский Заворот (северо-восток Малоземельской тундры) ..... 12
- Пунегов В., Груздев И.** Количественное определение фитогормонов методами газо-жидкостной хроматографии–масс-спектрометрии ..... 18
- Тентюков М.** Изучение стока сухих аэрозолей в лесные экосистемы ..... 23

### СООБЩЕНИЯ

- Новаковская И., Патова Е.** Зеленые водоросли еловых лесов подзон средней и южной тайги ..... 27
- Сенькина С., Сидоренко Е.** Водообмен черники обыкновенной ..... 30

### ПАТЕНТ

- Тарабукин Д., Донцов А.** Белково-углеводная основа кормов для моногастричных животных ..... 31

### ПРАКТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ

- Рябинина М., Мишуров В.** Размножение жимолости зелеными черенками ..... 32

### КОНФЕРЕНЦИИ

- Минеев О.** Международная конференция «Границы Арктики: жизнь на Крайнем Севере» ..... 35
- Новаковская И.** Школа «Микроскопия аутентичных штаммов зеленых, желтозеленых и эустигматофитовых водорослей» ..... 36

Издается  
с 1996 г.



**Главный редактор:** к.б.н. А.И. Таскаев  
**Зам. главного редактора:** д.б.н. С.В. Дегтева  
**Ответственный секретарь:** И.В. Рапота  
**Редакционная коллегия:** д.б.н. В.В. Володин, д.э.н., д.т.н. А.Н. Киселенко, к.х.н. Б.М. Кондратенко, к.б.н. Е.Г. Кузнецова, к.б.н. Е.Н. Мелехина, д.б.н. А.А. Москалев, к.б.н. А.Н. Петров, к.с.-х.н. Н.В. Портнягина, д.б.н. Г.Н. Табаленкова, к.с.-х.н. А.Л. Федорков, к.б.н. И.Ф. Чадин, к.б.н. Т.П. Шубина

ВИДЫ РОДА ERISTALIS LATR. (DIPTERA: SYRPHIDAE) РЕСПУБЛИКИ КОМИ

**В**иды р. *Eristalis* – мухи среднего размера, чаще с коротковолосистым брюшком и более опушенным грудным отделом, своим внешним видом напоминают пчел или реже густоопушенные, напоминающие шмелей (рис. 1). Лицо под усиками с впадиной и обычно хорошо развитым лицевым бугорком. Ноги крепкие, иногда задние бедра несколько утолщенные и изогнутые, все бедра спереди у основания со щеткой мелких черных шпиков. Крылья прозрачные, иногда слегка затемненные, реже с бурой поперечной перевязью или пятном. Космополитный род, включающий 99 видов. В пределах Палеарктики отмечены 46 видов, разделенные на три подрода [9]. На территории Республики Коми обитают 14 видов р. *Eristalis*. Личинки этого рода развиваются в воде, питаются разлагающимися веществами растительного и животного происхождения, бактериями и синезелеными водорослями в условиях низкого содержания кислорода. Личинка имеет длинную дыхательную трубку на конце тела, с помощью которой она дышит атмосферным воздухом.

Нами в течение пяти лет в 2004-2008 гг. проводились сборы журчалок в таежной зоне Республики Коми (рис. 2) в Прилузском, Сысольском, Сыктывдинском, Койгородском, Княжпогостском, Усть-Куломском, Троицко-Печорском, Удорском, Усть-Цилемском, Ухтинском районах. Просмотрены коллекции Сыктывкарского госуниверситета, Коми пединститута, Института биологии Коми НЦ УрО РАН.

**Аннотированный список видов**

1. *Eristalis (Eoseristalis) abusivus* Collin, 1931.

Трансевразийский температурный обычный гигромезофильный эвритоппный вид. В средней тайге немногочисленный. К северу, вероятно, численность его увеличивается. По нашим наблюдениям, на севере Норвегии (провинция Финмаркен) в начале июня это самый массовый вид на одуванчике. По внешнему облику и экологии похож на *E. arbustorum*. Имаго питается на *Aconogonon ochreatum*, *Allium schoenoprasum*, *Alyssum* sp., *Anemone sylvestris*, *Barbarea* sp., *Caltha palustris*, *Chamaenerion* sp., *Inula britannica*, *Parnassia palustris*, *Rosa acicularis*, *Seseli condensatum*, *Senecio nemorensis*, *Sonchus arvensis*, *Spiraea media*, *Tanacetum vulgare* и *Valeriana officinalis* [2]. Нами вид собран на *Achillea millefolium*, *Aegopodium podagraria*, *Anethum graveolens*, *Pimpinella saxifraga* и *Taraxacum officinale*. Места



С. Пестов

обитания: поля, луга, придорожные полосы, опушки лесов. Начало июня–середина августа.

Места нахождения: ст. Полярный Урал, города Воркута, Печора, Ухта и Сыктывкар, заказник «Белая Кедва», с. Княжпогост, поселки Троицко-Печорск и Нижняя Омра.

2. *Eristalis (Cryproeristalis) anthophorus* (Fallen, 1817).

Голарктический температурный немногочисленный мезофильный вид. Имаго питается на *Salix* sp., *Taraxacum officinale* [15], *Caltha palustris*, *Ribes rubrum* [1], *Alisma plantago-aquatica*, *Alyssum* sp., *Barbarea* sp., *Caltha palustris*, *Cicuta virosa*, *Inula britannica*, *Plantago media*, *Spiraea media* и *Valeriana officinalis* [2]. Нами вид собран на *Heracleum sibiricum*. Места обитания: бечевники, опушки лесов. Начало июля–начало сентября.

Места нахождения: ст. Полярный Урал, заказник «Белая Кедва», города Ухта и Сыктывкар, биостанция Сыктывкарского госуниверситета (СГУ), заказник «Дон-ты», пос. Троицко-Печорск.

3. *Eristalis (Eoseristalis) arbustorum* (Linnaeus, 1758).

Голарктическо-ориентальный полизональный многочисленный мезофильный синантропный вид [6]. Имаго питается на *Anthriscus sylvestris* и *Amoria hybrida* [7, 15], *Spiraea* sp. [14], *Berteroa incana* [9]. *Filipendula ulmaria* [5]. Нами вид собран на *Achillea millefolium*, *Ajuga reptans*, *Anethum graveolens*, *Carum carvi*, *Chamaenerion angustifolium*, *Centaurea phrygida*, *Leontodon autumnalis*, *Leucanthemum vulgare*, *Knautia arvensis*, *Rumex acetosa*, *Senecio vulgaris*, *Sonchus arvensis* и *Pimpinella saxifraga*. Доминирующий вид на укропе [10]. Места обитания: обочины дорог, пойменные и суходольные луга, лесные опушки и поляны, огороды, пустыри. Начало июня–середина сентября.

Места нахождения: заказники «Пижемский», «Белая Кедва», «Дон-ты», города Печора, Ухта, Микунь и Сыктывкар, поселки Селэгвож, Междуреченск, Троицко-Печорск, Нижняя Омра, Кажим, села Княжпогост, Выльгорт, Усть-Кулом, Объячево и Слудка, дер. Ляли, биостанция СГУ.

4. *Eristalis (Eoseristalis) cryptarum* (Fabricius, 1794).

Трансевразийский температурный редкий вид. Имаго питается на *Taraxacum* sp., *Caltha palustris* и *Anemone sylvestris* [2]. Места обитания: низинные болота и прилегающие к ним участки [13]. По данным К.Ф. Седых [12], имаго летает в июне и июле.



Рис. 1. *Eristalis arbustorum*, самец.

Пестов Сергей Васильевич – к.б.н., н.с. лаборатории экологии наземных и почвенных беспозвоночных. E-mail: pestov@ib.komisc.ru, тел. (8212) 43 19 69. Область научных интересов: биоразнообразие, экология двукрылых насекомых.

Места нахождения: г. Ухта.

5. *Eristalis (Cryptoeristalis) fratercula* (Zetterstedt, 1838).

Трансевразийский гипоаркто-бореальный редкий вид. Места обитания: опушки лесов, болота. Конец июня.

Места нахождения: биостанция СГУ.

6. *Eristalis (Eoseristalis) horticola* (De Geer, 1776)

Палеарктическо-ориентальный полизональный немногочисленный вид. Имаго питается на *Leontodon autumnalis* и *Tilia cordata* [7], *Berteroa incana* [9]. Места обитания: опушки и поляны в лесу. Середина июля.

Места нахождения: г. Сыктывкар, пос. Кажим.

7. *Eristalis (Cryptoeristalis) intricarius* (Linnaeus, 1758).

Трансевразийский температурный немногочисленный вид. Имаго питается на *Bistorta major* и *Fragaria vesca* [7], *Cirsium* sp. [15], *Taraxacum* sp. [14]. Начало июля–начало сентября.

Места нахождения: города Ухта и Сыктывкар, пос. Троицко-Печорск.

8. *Eristalis (Eoseristalis) interrupta* (Poda, 1761).

Голарктический температурный многочисленный мезофильный синантропный вид. Имаго питается на *Antennaria dioica*, *Berteroa incana*, *Camelina microcarpa*, *Conium maculatum*, *Geum urbanum* и *Origanum vulgare* [7], *Alyssum* sp., *Caltha palustris*, *Draba cinerea*, *Galeopsis bifida*, *Inula britannica*, *Ledum palustre*, *Parnassia palustris*, *Rosa acicularis*, *Spiraea media*, *Valeriana officinalis* [2], *Filipendula ulmaria* [5]. Нами вид собран на *Achillea millefolium*, *Anethum graveolens*, *Ajuga reptans*, *Carum carvi*, *Cirsium arvense*, *Cirsium setosum*, *Leontodon autumnalis*, *Knautia arvensis*, *Pimpinella saxifraga*, *Senecio vulgaris*, *Sonchus arvensis* и *Valeriana wolgensis*. Места обитания: опушки лесов, пойменные и суходольные луга, лесные опушки, пустыри, придорожные полосы, просеки ЛЭП, карстовые суходольные луга. Начало июня–середина сентября.

Места нахождения: ст. Полярный Урал, заказники «Пижемский», «Белая Кедва» и «Дон-ты», города Печора, Ухта, Микунь и Сыктывкар, поселки Селэгвож, Междуреченск, Троицко-Печорск, Нижняя Омра, Визиндор и Кажим, села Выльгорт, Княжпогост, Пажга, Объячево, Гурьевка и Прокопьевка, деревни Ляли и Ель-База, биостанция СГУ.

9. *Eristalis (Cryptoeristalis) oestracea* (Linnaeus, 1758)

Американо-европейский температурный немногочисленный вид. Имаго питается на *Achillea millefolium*. Места обитания: бечевники, опушки лесов. Середина июля–конец августа.

Места нахождения: заказник «Пижемский», города Ухта и Сыктывкар, пос. Троицко-Печорск.

10. *Eristalis (Eoseristalis) pratorum* Meigen, 1822.

Транспалеарктический полизональный редкий вид. По данным К.Ф. Седых [12]. Имаго летает в июле и августе.

Места нахождения: г. Сыктывкар.

11. *Eristalis (Eoseristalis) rupium* Fabricius, 1805.

Голарктический температурный многочисленный мезофильный вид. Имаго питается на *Ledum palustre* и *Spiraea media* [2], *Berteroa incana* [9]. Нами вид собран на *Achillea millefolium*, *Anethum graveolens*,

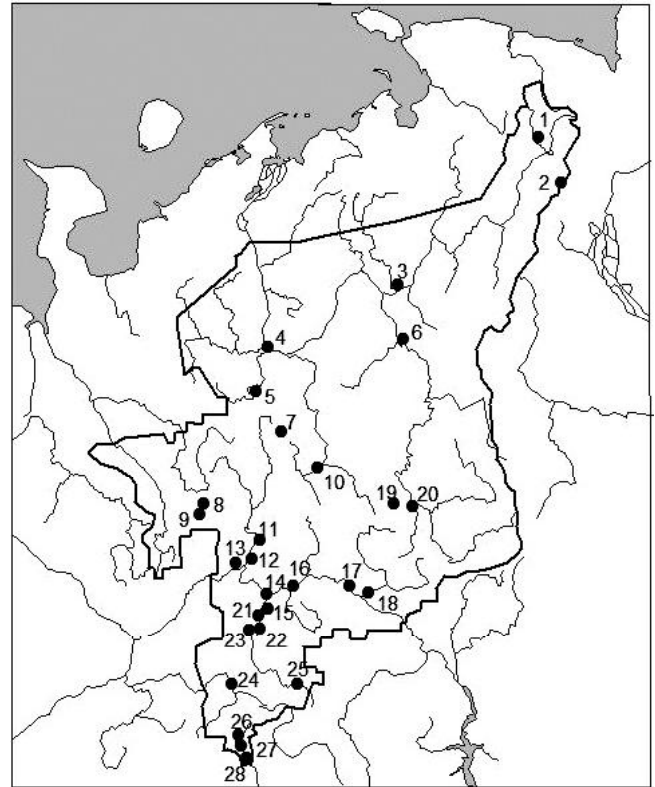


Рис. 2. Карта-схема района исследований. Цифрами на карте обозначены: 1 – г. Воркута, 2 – ст. Полярный Урал, 3 – пос. Усть-Уса, 4 – с. Усть-Цильма, 5 – заказник «Пижемский», 6 – г. Печора, 7 – заказник «Белая Кедва», 8 – пос. Селэгвож, 9 – пос. Междуреченск, 10 – г. Ухта, 11 – с. Княжпогост, 12 – дер. Ляли, 13 – г. Микунь, 14 – г. Сыктывкар, 15 – с. Выльгорт, 16 – биостанция СГУ, 17 – с. Усть-Кулом, 18 – заказник «Дон-ты», 19 – пос. Нижняя Омра, 20 – пос. Троицко-Печорск, 21 – с. Пажга, 22 – дер. Ель-База, 23 – пос. Визиндор, 24 – с. Объячево, 25 – пос. Кажим, 26 – с. Слудка, 27 – с. Гурьевка, 28 – с. Прокопьевка.

*Aster alpinus*, *Bistorta major*, *Carum carvi*, *Centaurea phrygida*, *Chamaenerion angustifolium*, *Heracleum sibiricum*, *Pimpinella saxifraga*, *Ranunculus acris* и *Valeriana wolgensis*. Места обитания: обочины дорог, огороды, пустыри, пойменные и карстовые суходольные луга, опушки лесов. Середина июля–конец августа.

Места нахождения: ст. Полярный Урал, заказники «Пижемский», «Белая Кедва», «Дон-ты», города Ухта и Сыктывкар, поселки Селэгвож, Троицко-Печорск, Нижняя Омра и Кажим, села Выльгорт, Объячево и Слудка, дер. Ляли, биостанция СГУ.

12. *Eristalis (Eristalis) tenax* (Linnaeus, 1758).

Космополитный полизональный многочисленный мезофильный синантропный вид [6]. Имаго питается на *Solidago virgaurea*, *Berteroa incana* и *Knautia arvensis* [7]. Нами вид собран на *Achillea millefolium*, *Anethum graveolens*, *Carum carvi*, *Cirsium arvense*, *Leontodon autumnalis*, *Pimpinella saxifraga*, *Senecio vulgaris*, *Sonchus arvensis* и *Taraxacum officinale*. Места обитания: обочины дорог, пустыри, пойменные луга, опушки лесов. Середина июля–конец августа.

Места нахождения: поселки Усть-Уса, Троицко-Печорск, Нижняя Омра и Кажим, села Усть-Цильма, Выльгорт, города Печора, Ухта и Сыктывкар, биостанция СГУ.

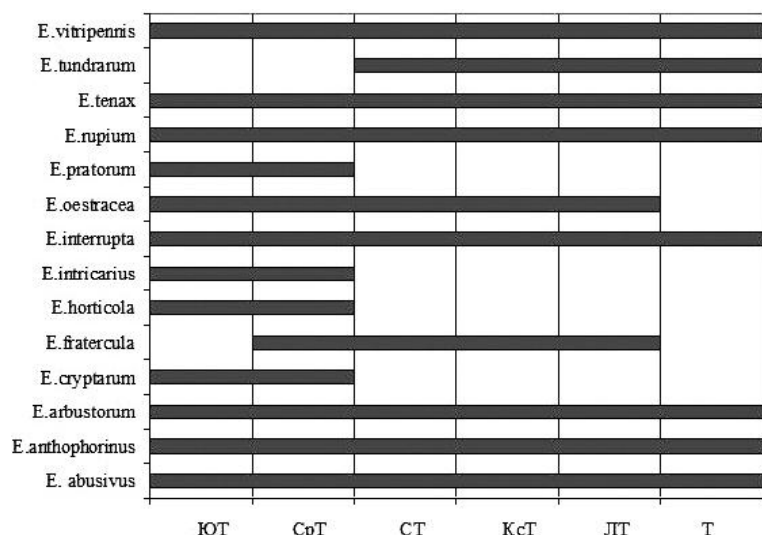


Рис. 3. Распространение видов р. *Eristalis* по ландшафтно-климатическим зонам и подзонам. Условные обозначения: ЮТ – южная, СрТ – средняя, СТ – северная, КСТ – крайнесеверная тайга, ЛТ – лесотундра, Т – тундра.

13. \**Eristalis (Eoseristalis) tundrarum* Frey, 1946.

Трансевразийский гипоаркто-бореальный мезофильный вид. Обычен в северной тайге и тундровой зоне. Имаго питается на *Angelica archangelica* [8], *Tanacetum vulgare* и *Taraxacum ceratophorum* [2]. Нами вид собран на *Achillea millefolium*, *Bistorta major*, *Chamaenerion angustifolium*, *Dracocephalum ruyschiana* и *Heracleum sibiricum*. Места обитания: пойменные и карстовые суходольные луга, залетает в помещения. Начало-середина августа.

Места нахождения: ст. Полярный Урал, г. Воркута, заказники «Пижемский» и «Белая Кедва».

14. *Eristalis (Eoseristalis) vitripennis* Strobl, 1893.

Трансевразийский температурный обычный мезофильный вид. Имаго питается на *Angelica sylvestris*, *Anthriscus sylvestris*, *Berteroa incana* и *Pastinaca sativa* [2], *Alyssum* sp., *Barbarea* sp., *Euphrasia* sp., *Ledum palustre*, *Parnassia palustris*, *Rosa acicularis*, *Senecio nemorensis*, *Spiraea media* и *Valeriana officinalis* [2]. Нами вид собран на *Anethum graveolens*, *Knautia arvensis*, *Pimpinella saxifraga* и *Valeriana wolgensis*. Места обитания: опушки и поляны в лесу, обочины дорог, Конец июня–конец июля.

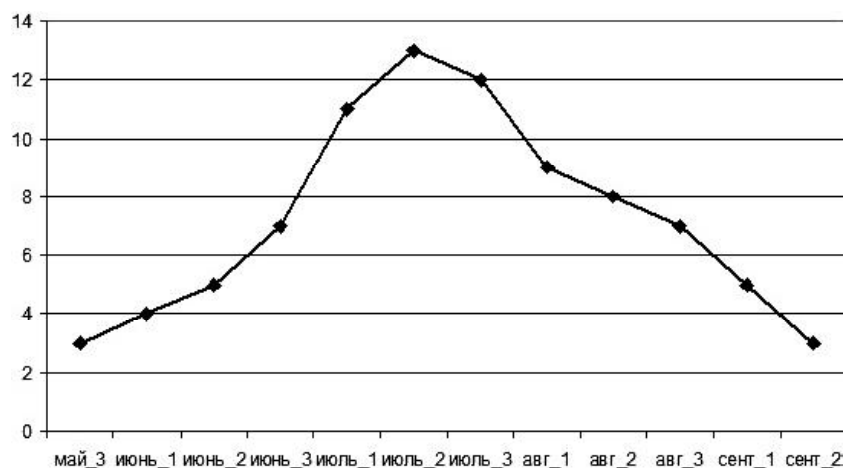


Рис. 4. Динамика сезонной активности видов р. *Eristalis*. По вертикали – количество летающих видов.

Места нахождения: заказники «Белая Кедва» и «Дон-ты», города Ухта и Сыктывкар, поселки Нижняя Омра и Кажим, с. Выльгорт, биостанция СГУ.

**Распространение и зоогеография**

На основании анализа ареалов видов журчалок [11] представители р. *Eristalis* относятся к семи зоогеографическим группам: космополитная полизональная (*E. tenax*), мультирегиональная полизональная (*E. arbustorum*, *E. horticola*), голарктическая температурная (*E. anthophorinus*, *E. interrupta*, *E. rupium*), американо-европейская температурная (*E. oestracea*), транспалеарктическая полизональная (*E. pratorum*), трансевразийская температурная (*E. abusivus*, *E. intricarius*, *E. vitripennis*, *E. cryptarum*) и трансевразийская гипоаркто-бореальная (*E. fratercula*, *E. tundrarum*). Половина всех видов р. *Eristalis* распространена в Республике Коми от южной тайги до тундровой зоны (рис. 3). До лесотундры доходит в своем распространении *E. oestracea*. Только в южной и средней тайге отмечены четыре вида – *E. pratorum*, *E. intricarius*, *E. horticola* и *E. cryptarum*.

**Фенология активности имаго**

Виды р. *Eristalis* отличаются сроками лёта имаго (по материалам исследований в средней и северной тайге). Самые растянутые сроки лёта характерны для *E. arbustorum*, *E. interrupta*, *E. tenax*. Эти виды летают с конца весны по начало осени. В самом начале июля появляются имаго *E. rupium*. Завершение лета этого вида приходится на конец августа. Активность имаго *E. fratercula* отмечена нами только в июне. В течение июня и июля летают *E. cryptarum*, *E. vitripennis*. Имаго *E. horticola*, *E. tundrarum* летают только в июле. Сначала июля по конец августа летают *E. abusivus*, *E. intricarius* и *E. pratorum*. Самыми последними появляются в середине июля *E. anthophorinus* и *E. oestracea*. Эти виды завершают лёт после первых заморозков в начале сентября. Весь период активности имаго разделен нами на декады (рис. 4). Пик активности приходится на середину июля. Зимуют большинство видов р. *Eristalis* на стадии личинки или куколки в водоемах. Об этом свидетельствует появление весной имаго с неповрежденными крыльями.

**Плодовитость**

Плодовитость вида определяется числом потомков одной самки, что зависит от числа заложенных яйцевых трубочек и числа кладок, сделанных самкой в течение жизни. О плодовитости мух обычно судят по числу яйцевых трубочек в яичниках самки [4]. По исследованиям, проведенным В.Г. Борисовой [3] в Ивановской области, журчалки р. *Eristalis* обладают высокой потенциальной плодовитостью. В пределах одного вида плодовитость отдельных особей

значительно варьирует. При этом намечается прямая зависимость между размерами тела самки и числом яйцевых трубочек, коэффициенты корреляции при этом довольно высокие (табл. 1). Плодовитость журчалок связана с доступностью субстратов, потребляемых личинками. Высокая плодовитость характерна для сирфид, чье развитие проходит в разлагающихся субстратах (детрито- и сапроксилофагов). Для журчалок, личинки которых хищники и фитофаги, характерна низкая плодовитость.

В р. *Eristalis* наибольшее число яйцевых трубочек имеется у самых крупных видов – *E. tenax* и *E. oestraceus*. У близких между собой видов *E. anthopharinus* и *E. intricarius* наблюдается прямая зависимость потенциальной плодовитости от размеров тела. Между числом яйцевых трубочек и размерами яиц существует обратная зависимость. Самки *E. vitripennis* и *E. rupium* имеют примерно одинаковые размеры тела – длина бедра соответственно 4.41 и 4.24 мм. Но *E. vitripennis* имеет в три раза больше яйцевых трубочек, чем *E. rupium* (соответственно 121.3 и 40.9). Длина трубочек у первого вида – 1.7, второго – 2.6 мм.

**Трофические и топические связи имаго**

Журчалки р. *Eristalis* посещают цветки 65 видов растений местной флоры. Наиболее привлекательными растениями являются (в скобках число посещающих их журчалок) *Pimpinella saxifraga* (7), *Achillea millefolium* (7), *Anethum graveolens* (6), *Spiraea media* (5) *Caltha palustris* (5), *Valeriana officinalis* (4), *Sonchus arvensis* (4), *Leontodon autumnalis* (4), *Knautia arvensis* (4). Наиболее широкий спектр растений посещают журчалки *Eristalis interrupta*. Посещаемые антофильными видами насекомых растения являются индикаторами экологических условий кормовых стадий имаго. Мы провели определение экологических амплитуд видов рода *Eristalis* (табл. 2) на основе анализа посещаемых кормовых растений по шкалам Л.Г. Раменского [13]. Для определения параметров местообитаний использовали «метод засечек». По результатам расчетов большинство видов журчалок было отнесено к мезофильной группе по шкале увлажнения (64-76 ступени). Вид *E. tundrarum* отнесен к ксеромезофильной группе (53-63 ступени). Наибольшей численности этот вид достигает на карстовых суходольных лугах в заказниках «Белая Кедва» и «Пижемский». Вид *Eristalis anthopharinus* отнесен к гигромезофилам (77-88 ступени). Наиболее широкой топической нишей по характеру увлажнения биотопа обладают виды *E. abusivus* (10.0) и *E. tenax* (9.5), наименьшей – *E. rupium* (1.0). По шкале богатства и засоления почвы имаго большинства видов р. *Eristalis* предпочитают мезотрофные станции и только два вида – *E. tenax* и *E. anthopharinus* – мезоэутрофные. Данные, полученные с использованием шкал Раменского, согласуются с данными учетов видов в станциях разных типов.

Таблица 1  
Число яйцевых трубочек в обоих яичниках и длина заднего бедра [3]

Вид	Число яйцевых трубочек		Длина заднего бедра		Коэффициент корреляции
	Среднее	Коэффициент вариации	Средняя, мм	Коэффициент вариации	
<i>Eristalis anthopharinus</i>	239.7	8.7	4.27	4.0	0.431
<i>E. arbustorum</i>	208.9	15.4	3.47	5.7	0.591
<i>E. abusivus</i>	130.9	14.4	3.20	6.6	0.774
<i>E. interrupta</i>	111.3	13.3	4.16	5.2	0.664
<i>E. intricarius</i>	256.9	12.8	4.47	5.8	0.609
<i>E. tenax</i>	395.3	12.3	5.27	1.1	–
<i>E. rupium</i>	40.9	22.9	4.24	9.2	0.795
<i>E. vitripennis</i>	121.3	14.5	4.41	5.9	0.516

Примечание: прочерк – данные отсутствуют.

Таблица 2  
Экологические амплитуды стадий видов рода *Eristalis*, рассчитанные на основе анализа посещаемых кормовых растений по шкалам Л.Г. Раменского

Вид	Шкала		Число посещаемых видов растений
	увлажнения почвы	богатства и засоления почвы	
<i>Eristalis abusivus</i>	68.0 ± 10.0	9.0 ± 2.0	21
<i>E. anthopharinus</i>	80.0 ± 4.0	11.0 ± 3.0	13
<i>E. arbustorum</i>	68.0 ± 6.0	8.5 ± 0.5	18
<i>E. interrupta</i>	69.5 ± 3.5	8.5 ± 0.5	29
<i>E. rupium</i>	67.0 ± 1.0	9.0 ± 1.0	14
<i>E. tenax</i>	64.5 ± 9.5	12.0 ± 3.0	13
<i>E. tundrarum</i>	61.5 ± 5.5	9.0 ± 1.0	8
<i>E. vitripennis</i>	64.5 ± 3.5	9.0 ± 1.0	17

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Багачанова А.К. Трофические связи сирфид (Diptera, Syrphidae) Якутии // Двукрылые насекомые: систематика, морфология, экология. Л.: Наука, 1987. С. 5-8.
2. Багачанова А.К. Фауна и экология мух-журчалок (Diptera, Syrphidae) Якутии. Якутск, 1990. 162 с.
3. Борисова В.Г. Потенциальная плодовитость мух-журчалок (Diptera, Syrphidae) // Зоол. журн., 1983. Т. 61, вып. 8. С. 1274-1277.
4. Дербенева-Ухова В.П. К сравнительной экологии синантропных видов семейств Muscidae и Calliphoridae // Мед. паразитол., 1961. Т. 30, вып. 1. С. 27-37.
5. Длусский Г.М., Лаврова Н.В. Сравнение имагинального питания некоторых видов журчалок (Diptera, Syrphidae) // Журн. общ. биол., 2001. Т. 62, № 1. С. 57-65.
6. Наземные беспозвоночные животные в системе мониторинга на европейском Севере / М.М. Долгин, А.Н. Зиновьева, О.И. Кулакова и др. // Международный контактный форум по сохранению местообитаний в Баренцевом регионе: Матер. IV совещ. Сыктывкар, 2005. С. 59-64.
7. Зимица Л.В. Новые данные по экологии и фаунистике журчалок (Diptera: Syrphidae) Московской области // Бюл. МОИП. Отд. биол., 1957. Т. 62, № 4. С. 51-62.
8. Зимица Л.В., Ольшванг В.Н. К фауне сирфид Приобского севера (Diptera: Syrphidae) // Бюл. МОИП. Отд. биол., 1976. Т. 71, № 6. С. 144-148.

9. (Кузнецов С.Ю.) *Kuznetsov S.Yu.* *Cryptoeristalis*, a new subgenus of *Eoseristalis* Latreille (Diptera: Syrphidae), with a description of a new species from Caucasus // *Dipterol. Res.*, 1994. Vol. 5. P. 231-238.

10. *Пестов С.В.* Амфибиотические журчалки (Diptera, Syrphidae) Республики Коми // Биологические ресурсы Белого моря и внутренних водоемов европейского Севера: Матер. IV (XXVII) междунар. конф. Вологда, 2005. Ч. 2. С. 61-64.

11. *Пестов С.В. Долгин М.М.* Зоогеографическая характеристика фауны мух-журчалок (Diptera, Syrphidae) таежной зоны европейского северо-востока России // *Вестн. Поморского ун-та. Сер. Естественные и точные науки*, 2007. Вып. 1 (11). С. 46-51.

12. *Седых К.Ф.* Животный мир Республики Коми. Беспозвоночные. Сыктывкар, 1974. 192 с.

13. Экологическая оценка кормовых угодий по растительному покрову / *Л.Г. Раменский, И.А. Цаценкин, О.Н. Чижиков* и др. М., 1956. 471 с.

14. *Скуфьин К.В.* К изучению фауны опылителей из семейства сирфид (Diptera: Syrphidae) заповедных участков Галичьей горы (Липецкая область) // *Охрана природы Центрально-Черноземной полосы (Воронеж)*, 1964. № 5. С. 165-172.

15. *Штакельберг А.А.* Материалы по фауне двукрылых Ленинградской области. IV. Syrphidae (Diptera) // *Труды Зоологического ин-та АН СССР*. Л., 1958. Т. XXIV. С. 192-246.

16. *Brandes D., Schrei J.* Populationbiologie und Ökologie von *Berteroa incana* (L.) DC // *Braunsch. naturkd. Schr.*, 1997. № 5. Ht. 2. S. 441-465. ❖

### ОСОБЕННОСТИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ МИКРООРГАНИЗМОВ В ЛЕСНОЙ ПОДСТИЛКЕ ЕЛЬНИКА ЧЕРНИЧНОГО СРЕДНЕЙ ТАЙГИ

**В**идовой состав и численность почвенной микробиоты определяется растениями-эдификаторами, образующими фитоценоз. Некоторые авторы отмечали снижение биомассы микроорганизмов в органогенном горизонте еловых парцелл северной тайги по сравнению с межкروновым пространством, что связывали с ингибированием их жизнедеятельности фенолами и танинами ствольных и кроновых вод [12]. Численность микроорганизмов в почве парцелл сосны в северной тайге возрастала осенью с поступлением в почву свежего опада, в то время как в межкроновых пространствах снижалась [7]. Целью работы явилось выявление структуры микробных сообществ в подстилке межкронового и подкroнового пространства в ельнике черничном средней тайги.

Исследования проводили в 2005-2006 гг. в ельнике черничном, сформированном на типичной подзолистой почве, на территории Ляльского лесоэкологического заказника, расположенного в подзоне средней тайги (62°17' с.ш., 50°40' в.д.). Таксационная характеристика древостоя дана в работе [4].

Образцы подстилки были отобраны осенью 2005 г. на расстоянии 1-6 м от ствола выбранного дерева ели. В 2006 г. несколько раз в течение сезона отбирали образцы почвы в пределах границы проекции кроны. Средний радиус кроны ели составил 2 м. Почвенные образцы помещали в стерильные пергаментные пакеты. Для оцен-



**Т. Творожникова**



**Ф. Хабибуллина**

ки содержания эколого-трофических групп микроорганизмов использовали общепринятый в микробиологии метод посева на твердые питательные среды. Учитывали содержание аммонификаторов на мясо-пептонном агаре (МПА), микроорганизмов, ассимилирующих минеральные формы азота, на крахмало-аммиачном агаре (КАА), олигонитрофилов (среда Эшби), целлюлозолитилов (среда Гетчинсона), сахаролитиков (среда Чапек), олигокарбофилов (среда Виноградского). Определение видов микромикетов проводили по определителям различных таксономических групп грибов, используя микроскоп МБИ-6 (Россия, Лома) при увеличении 12×45, 12×90. Для характеристики структуры комплекса грибов использовали такой общезкологический показатель, как частота встречаемости вида, на основании которого выделяли типичные виды с высокой частотой встречаемости – доминанты (Д), частые (Ч) и редкие (Р), а также виды, встречаемость которых ниже 30 % – случайные (С) [6]. Для определения видовой структуры биоты сапротрофных микромикетов в

почве использовали показатели относительного обилия видов, определяемого как соотношение конкретного вида и общего числа колоний, выросших при посеве образцов данного объекта.

На основании проведения количественного анализа горизонтального распределения различных групп микроорганизмов нами установлено, что в подстилке ельника черничного по количеству преобладают бактерии, а число актиномицетов наименьшее. В ельнике черничном нами отмечено два максимума численности микроорганизмов: в июне и августе, что, вероятно, обусловлено оптимальным сочетанием температуры и влажности подстилки для развития микроорганизмов в эти периоды (рис. 1). В июле, который характеризовался относительно низкой влажностью подстилки, отмечали снижение численности всех групп микроорганизмов. Низкую микробиологическую активность почв в мае и высокую – в августе наблюдали другие авторы, проводившие исследования в ельнике чернично-сфагновом [10]. В литературе наиболее благоприятный период для развития микроорганизмов относят к периоду поступления свежего растительного опада в августе-сентябре [9].

Наибольшее количество микроорганизмов наблюдали в радиусе от 1 до 3 м от ствола ели в пределах проекции кроны. На расстоянии 1-2 м подстилка максимально насыщена аммонификаторами и олигонитрофилами. Численность остальных групп микро-

**Творожникова Татьяна Александровна** – к.б.н., м.н.с. отдела лесобиологических проблем Севера. E-mail: tvorognikova@ib.komisc.ru. Область научных интересов: *морфофизиология растений, микология.*

**Хабибуллина Флюза Мубараковна** – д.б.н., с.н.с. отдела почвоведения. E-mail: fluza@ib.komisc.ru. Область научных интересов: *микробиоты, микробиота, биологическая активность.*

организмов возрастала на расстоянии 3 м, что может быть связано с вымыванием атмосферными осадками элементов минерального питания в почву (рис. 2А). Согласно данным Т.А. Пристовой [8], дождевые воды, прошедшие через кроны деревьев, насыщаются элементами минерального питания, такими как  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{N}$  ( $\text{NH}_4^+ + \text{NO}_3^-$ ). На расстоянии 4-5 м общее количество микроорганизмов продолжало снижаться, и наиболее многочисленными оставались аммонификаторы, сахаролитики и олигонитрофилы. Резкое увеличение аммонификаторов отмечено на расстоянии 6 м от ствола с появлением в опаде листьев березы, растущей вблизи данной точки.

Во всех случаях количество аммонификаторов преобладало над количеством микроорганизмов, использующих минеральные формы азота, что свидетельствует о низком процессе минерализации в подстилке елового фитоценоза. Коэффициент минерализации варьировал от 5 до 23 %, что согласуется с ранее полученными нами результатами [13]. Численность микроорганизмов, использующих минеральные формы азота, невелика, так как они постоянно сталкиваются с избытком аммонифицированного азота в подстилке. Олигонитрофильные бактерии, фиксируя молекулярный азот, используют значительное количество органического углерода [11]. Уменьшение или увеличение количества органического вещества влияет на активность этих микроорганизмов. Вероятно, поэтому под кроной дерева количество олигонитрофилов и олигокарбофилов наиболее высокое. На расстоянии 3 м их количество снижается, а бактерий, ассимилирующих минеральные формы азота, – увеличивается, видимо, в связи с отсутствием конкуренции. По этой же причине увеличивается

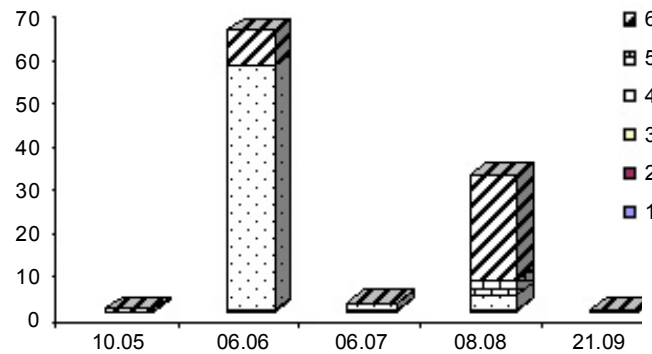


Рис. 1. Сезонная динамика микроорганизмов в подстилке на границе проекции кроны (2-3 м): 1 – микроорганизмы, ассимилирующие минеральный азот, 2 – сахаролитики, 3 – целлюлозолитики, 4 – аммонификаторы, 5 – олигонитрофилы, 6 – олигокарбофилы. По горизонтали – дата отбора почвенных проб; по вертикали – количество микроорганизмов, млн КОЕ/г в.с.п.

и количество сахаролитических микроорганизмов в этом радиусе. Количество целлюлозолитиков на расстоянии 2-3 м было минимально, на расстоянии 4 м резко увеличивалось и далее снижалось, вероятно, уже под влиянием других деревьев. Этим микроорганизмам для разложения целлюлозы требуется большое количество минерального азота [11], которое, вероятно, они получают в большом количестве в межкروновом пространстве, поскольку под кроной не выдерживают конкуренции с другими микроорганизмами, использующими минеральный

азот. Количество сахаролитических микроорганизмов также увеличивалось от границы проекции кроны в межкروновое пространство, вероятно, во-первых, вследствие большего поступления элементов питания с поверхности кроны, а во-вторых, в межкروновом пространстве условия наиболее благоприятны и нет влияния фенольных соединений хвойного дерева.

Распределение общего количества микромицетов в органогенном слое почвы ельника черничного на разном расстоянии от ствола дерева ели отличалось от общего распределения бактерий. Количество микромицетов было минимальным на расстоянии 1 м от дерева и увеличивалось на границе проекции кроны (рис. 2Б). Это согласуется с данными других авторов [6], которые отмечали преобладание грибного мицелия в парцеллах по сравнению с межкروновым пространством. Снижение численности микромицетов на близком расстоянии от ствола дерева ели, вероятно, связано с ингибированием развития почвенных грибов фенольными соединениями ствольных вод [12].

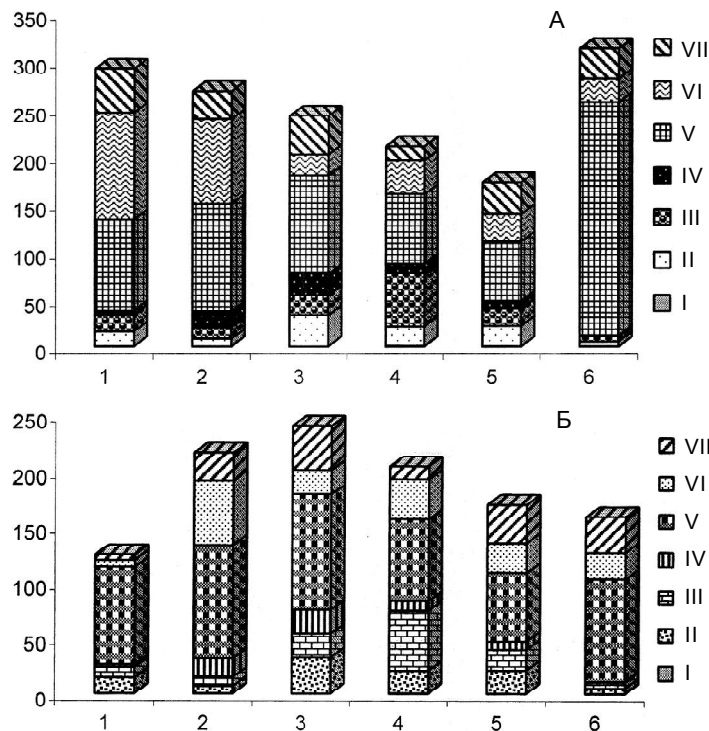


Рис. 2. Количество микроорганизмов (А) и микромицетов (Б) различных физиологических групп в подстилке ельника черничного средней тайги: I – целлюлозолитики, II, III – сахаролитики, IV – микроорганизмы, ассимилирующие минеральный азот, V – аммонификаторы, VI – олигонитрофилы, VII – олигокарбофилы. По оси абсцисс – расстояние от ствола, м. По оси ординат – (А) количество микроорганизмов, млн КОЕ/г в.с.п.; (Б) – количество микромицетов, тыс. КОЕ/г в.с.п.

Всего из органогенного слоя почвы в подкroновом и межкroновом пространстве под елью осенью выделено 45 видов микромицетов, относящихся к трем отделам: Zygomycota, Ascomycota и Anamorphic fungi. Доминантами были *Paecilomyces variotii*, *Penicillium camemberti*, *Trichoderma polysporum* и светлоокрашенные формы стерильного мицелия *Mycelia sterilia*. Доминирование стерильных форм грибов в северных почвах объясняют утратой способности образовывать органы полового и бесполого размножения под влиянием низкой температуры [2, 3]. Роды *Penicillium*, *Trichoderma* являются наиболее типичными родами грибов северных почв [1]. Обилие представителей рода *Penicillium* связывают с обилием их физиологических функ-

ций, способностью к кислотообразованию и разложению целлюлозы и гемицеллюлозы [1]. В органогенном горизонте почвы ельника черничного наибольшим обилием обладали роды *Mycelia sterilia*, *Trichoderma*, *Trichosporiella*, *Penicillium*, *Paecilomyces* и *Chaetomium* (рис. 3). Состав видов микромицетов в межкروновом и подкroновом пространстве под елью различался (коэффициент Сьеренсена-Чекановского равен 52 %).

На протяжении всего периода вегетации наибольшим обилием обладал род *Penicillium*, и лишь в осенний период высокого развития достигал *Mycelia sterilia*, что объясняется ухудшением гидротермического режима в подстилке. В пределах границы проекции кроны выделено 40 видов микромицетов, из них абсолютным доминантом был стерильный мицелий *Mycelia sterilia*, среди частых видов встречаются *Mucor globosus*, *Mucor sp.*, *Mortierella verticillata*, *M. ramanniana*, *Penicillium canescens*, *P. decumbens*, *P. godlewski*, *P. spinulosum*, *P. striatum*, *P. tardum*, *Trichoderma polysporum*. Количество видов микромицетов в течение сезона также менялось: отмечали наибольшее их число в мае-июне, которое резко снижалось к осени, что могло быть связано с понижением температуры в этот период.

Таким образом, в условиях средней тайги в ельнике черничном нами отмечено неоднородное распределение микроорганизмов в подстилке. Из физиологических групп наибольшей численностью характеризовались аммонифицирующие и олигонитрофильные микроорганизмы. В сезонной динамике выявили два максимума численности микроорганизмов – в июне и августе, что может быть связано с

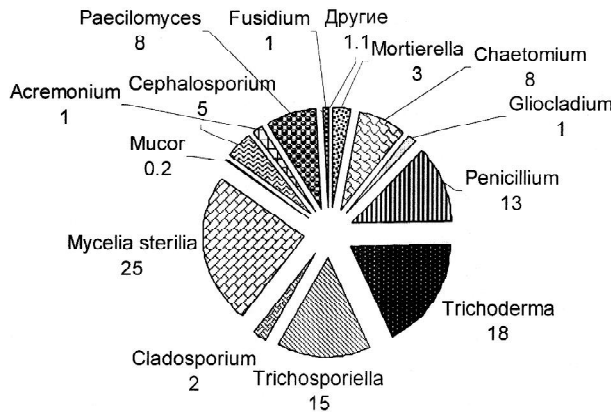


Рис. 3. Распределение микромицетов по родам и их обилие (%) в подстилке ельника черничного на расстоянии 1-6 м от ствола дерева ели в октябре. *Примечание:* другие – роды микромицетов, обилие которых не превышало 0.1 % (*Geomyces*, *Stachybotris*, *Hormiscium*, *Pentardum*, *Acremoniella*).

наиболее оптимальным сочетанием в этот период температуры и влажности для развития микроорганизмов в почве. Количество микроорганизмов возрастало от ствола к границе проекции кроны ели и снижалось в межкroновом пространстве, что может быть обусловлено влиянием фитогенного поля дерева. Видовой состав микромицетов в подстилке также различался в подкroновом и в межкroновом пространствах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аристовская Т.В. Микробиология подзолистых почв. М.: Наука, 1965. 345 с.
2. Гришкан И.Б. Микобиота и биологическая активность почв верховий Колымы. Владивосток, 1997. 136 с.
3. Курцидели И.Ю. Почвенные микромицеты арктических тундр таймырского побережья Карского моря // Микология и фитопатология, 1999. Т. 33, вып. 1. С. 19-24.
4. Коренные еловые леса Севера: биоразнообразие, структура, функции / Отв. ред. К.С. Бобкова, Э.П. Галенко. СПб.: Наука, 2006. 337 с.
5. Мирчинк Т.Г. Почвенная микология. М.: Изд-во МГУ, 1988. 220 с.

6. Особенности распространения микроорганизмов в Al-Fe-гумусовых подзолах северо-таежных еловых лесов: природные и техногенные аспекты / В.В. Никонов, Н.В. Лукина, Л.М. Полянская и др. // Микробиология, 2001. Т. 70, № 3. С. 374-383.

7. Микроорганизмы Al-Fe-гумусовых подзолов сосняков лишайниковых в условиях аэротехногенного загрязнения / Л.М. Полянская, В.В. Никонов, Н.В. Лукина и др. // Почвоведение, 2001. № 2. С. 215-226.

8. Пристова Т.А. Влияние древесного полога лиственно-хвойного насаждения на химический состав осадков // Лесоведение, 2005. № 5. С. 49-55.

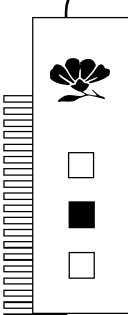
9. Смагина М.В. Микроорганизмы и экологические особенности трансформации органического вещества в осушаемых болотных лесах: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Красноярск, 1988. 18 с.

10. Титов Ю.В. Влияние корней ели на биологическую активность и азотный режим подзолистых почв // Лесоведение, 1971. № 4. С. 9-20.

11. Трипольская Л.Н., Багданавичене З.Е., Романовская Д.К. Микробиологическая активность дерново-подзолистой почвы и разложение органических удобрений в осенне-зимний период // Почвоведение, 2004. № 9. С. 1100-1108.

12. Численность и биомасса почвенных микроорганизмов в коренных старовозрастных северо-таежных еловых лесах / О.А. Фомичева, Л.М. Полянская, В.В. Никонов и др. // Почвоведение, 2006. № 12. С. 1469-1478.

13. Хабибуллина Ф.М., Творожникова Т.А. Роль микромицетов в трансформации растительных остатков в ельнике чернично-зеленомошном средней подзоны тайги // Лесной журн., 2007. № 4. С. 40-46. – (Изв. ВУЗов). ❖

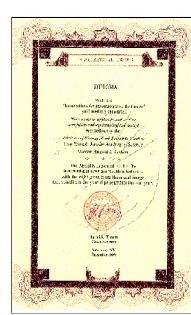


## НАШИ ПОЗДРАВЛЕНИЯ

Институт биологии Коми НЦ УрО РАН награжден золотой медалью по теме «Инновации для инвестирования в будущее» международной программы «Золотая Галактика» за проект «Новые методы санитарно-эпидемиологического контроля содержания фенола и анилина»!

Исполнительный директор Патрик Финч, Нью-Йорк, декабрь 2009 г.







**ЦИКЛЫ РАЗВИТИЯ И СЕЗОННАЯ ДИНАМИКА ЧИСЛЕННОСТИ  
MESOCYCLOPS LEUCKARTI (CLAUS) И ASPLANCHNA PRIODONTA GOSSE  
В УСЛОВИЯХ МАЛЫХ ПОЙМЕННЫХ ОЗЕР СРЕДНЕЙ ТАЙГИ**

**В** настоящее время большое внимание уделяется изучению структуры и функционирования водных экосистем, что неотделимо связано с изучением динамики популяций составляющих ее видов. Выбранные нами виды – *Asplanchna priodonta* и *Mesocyclops leuckarti* – представители хищного зоопланктона, широко распространены в малых пойменных водоемах средней тайги в течение всего вегетационного периода [2, 3].

Исследования были проведены в пойменном оз. Еля-ты. Озеро имеет постоянную связь с р. Сысола посредством протоки, частично зарастающей макрофитами во второй половине вегетационного сезона. Водоем небольшой, его длина 2.7 км, ширина – 0.15 км, глубины озера колеблются в среднем от 0.5 м – в прибрежье, до 3 м – в пелагиали (макс. – 6 м). Грунт в основном песчаный со значительным слоем ила и детрита. Высшая водная растительность хорошо развита. Весной она представлена в основном единичными растениями. В июле-августе макрофиты тянутся широкой полосой около двух, иногда до пяти-семи метров вдоль берегов. Для изучения жизненных циклов, структуры популяций и динамики численности видов с июня по сентябрь еженедельно в пелагиали озера отбирали пробы зоопланктона объемом от 100 до 200 л воды с последующим процеживанием через сеть Апштейна (№ газа – 70). Пробы фиксировали 4%-ным водным раствором формалина. Камеральную обработку проб осуществляли принятыми в гидробиологии методами [1]. В пробах у перечисленных видов определяли пол, стадию развития, численность и биомассу: для *Asplanchna priodonta* – по Л.А. Кутиковой [4] и Ruttner-Kolisko [13], для *M. leuckarti* – по А.В. Монакову [6-9].

*Asplanchna priodonta* (фото 1) – широко распространенный эврибионтный вид коловраток, часто доминирующий как по численности, так и по биомассе в зоопланктоне малых водоемов средней тайги. Высокой плотности достигает в течение вегетационного сезона, в период наибольшего прогрева водных масс. Среди коловраток животное достаточно крупное – до 1.5 мм длиной и 0.25 мм шириной [4]. Имеет мешковидное прозрачное тело. В озерах можно встретить типичную форму *A. priodonta priodonta* Gosse и *A. priodonta helvetica* Imhof, несколько различающихся между собой строением челюстного аппарата. По способу питания *A. priodonta* активный хищник макрофаг, способна потреблять как

простейших, так и коловраток, ракообразных и их молодь, в ее рационе часто присутствуют водоросли [10]. Для коловраток в целом характерно чередование дву- и однополого размножения (партеногенетическое, или гетерогония), вместе с тем аспланхны – живородящие животные [4]. В пелагиали оз. Еля-ты *A. priodonta* появляется во второй декаде июня, с прогревом воды до 16 °С, в популяции были отмечены только взрослые амиктические самки (см. рисунок). Размер популяции быстро увеличивался и уже через четыре дня достиг своего максимума. Такой рост численности вероятно связан с тем, что в этот период молодые самки рождались уже с эмбрионами, а с момента закладки партеногенетического яйца до рождения аспланхны при температуре воды 18 °С проходит трое суток [12]. Плодовитость *A. priodonta* в течение всего периода исследований не менялась и составила 1 эмбрион/экз. К первой декаде июля обилие животных в пелагиали озера резко снизилось до 0.01 тыс. экз./м<sup>3</sup>, популяция на 100 % состояла из молодых самок. Ко второй декаде июля в озере не было найдено ни одной коловратки этого вида. Вновь животные появляются в

первой декаде августа и уже ко второй декаде этого месяца мы наблюдали второй пик их численности, составивший порядка 6 % от первого, после чего плотность популяции неуклонно уменьшалась. Во второй декаде сентября, при температуре воды 13 °С, в популяции *A. priodonta* наряду с партеногенетическими самками (1 % всей популяции) были встречены и гамогенетические (1.3 %), они несли по одному покоящемуся яйцу и их размер не превышал 0.5 мм. Темп развития и число генераций планктонных животных находятся в тесной связи с экологическими условиями водоема, а температура воды считается одним из определяющих. Проведенный нами корреляционный анализ не выявил какой-либо зависимости роста и развития популяции от температурного режима озера.

Таким образом, в исследуемом озере для динамики численности *A. priodonta* характерно два подъема численности. В популяции этих коловраток в течение сезона был отмечен один период полового и партеногенетического размножения, т.е. в условиях малых поймен-



О. Кононова

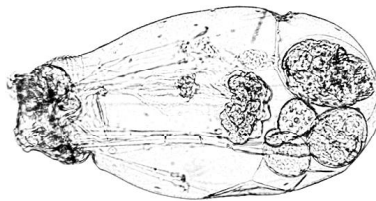


Фото 1. *Asplanchna priodonta* (с сайта: [biology.mcgill.ca/faculty/fuss-mann/slideShow/asplanchnaPriodon-ta.html](http://biology.mcgill.ca/faculty/fuss-mann/slideShow/asplanchnaPriodon-ta.html)).

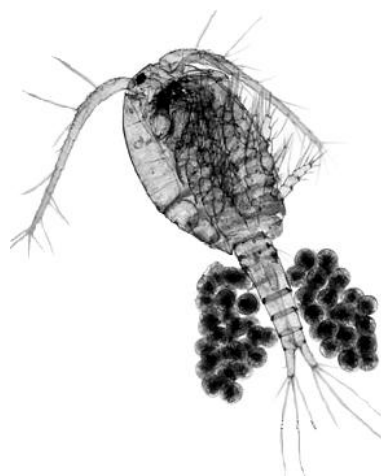
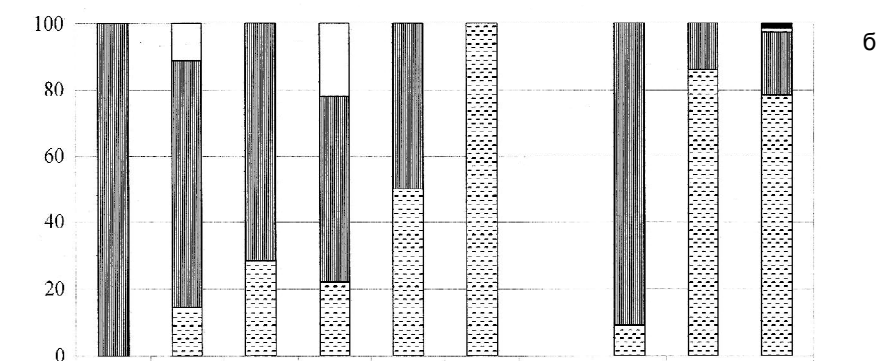
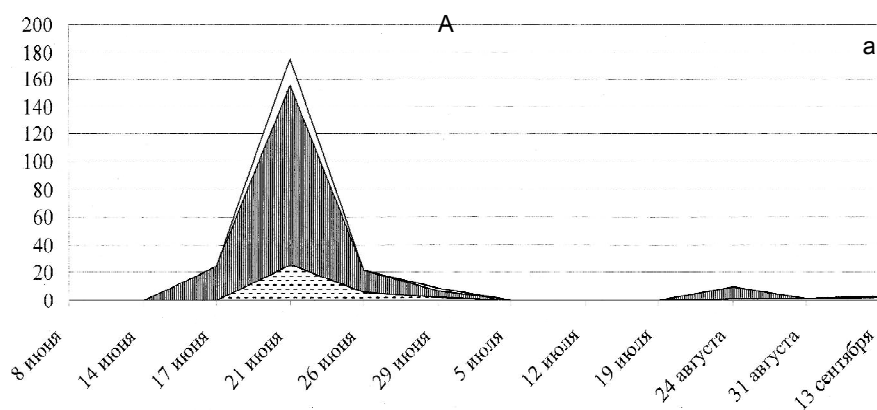


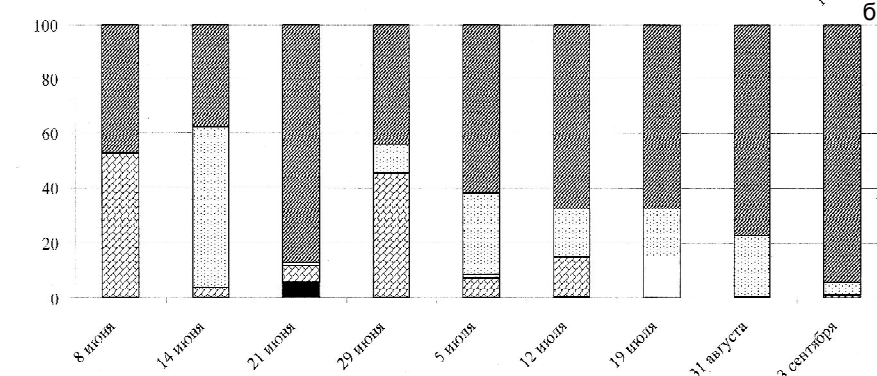
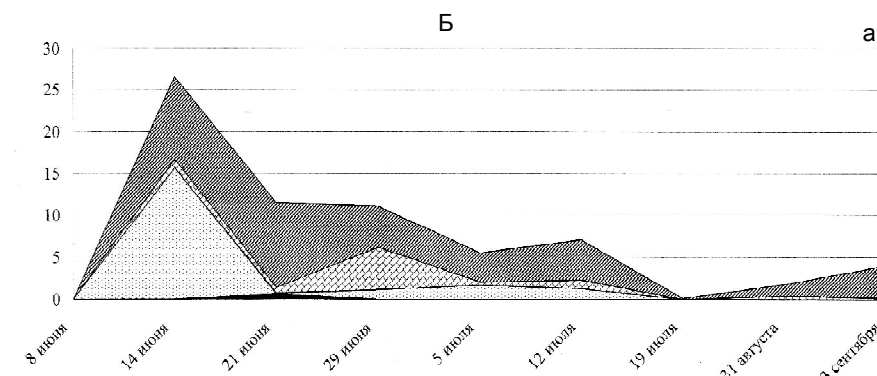
Фото 2. *Mesocyclops leuckarti* (с сайта: [cfb.unh.edu/CFBkey/html/Organisms/CCopepoda/OCyclopoida/GMesocyclops/mesocyclops\\_edax/mesocyclopsedax.html](http://cfb.unh.edu/CFBkey/html/Organisms/CCopepoda/OCyclopoida/GMesocyclops/mesocyclops_edax/mesocyclopsedax.html)).



амиктичские (0.3-0.4 мм)
  амиктичские (0.5-0.6 мм)
  амиктичские (0.5-0.6 мм) с эмбрионами
  миктичские (0.5 мм)

ных водоемов средней тайги у этого вида наблюдалась моноциклия. Максимум плодовитости амиктичских самок наблюдали в третьей декаде июня. В условиях средней полосы эти коловратки встречаются в планктоне водоемов круглогодично, имеют три пика численности – в мае, июне и сентябре и дицикличны [5].

*Mesocyclops leuckarti* (фото 2) – также достаточно широко распространенный в наших водоемах эвпланктонный вид циклопид. В большей степени характерен для пелагиали, хотя обитает и в условиях литорали. Рачок тепловодный, предпочитает слабощелочную среду (рН 6.0-8.5) [11]. По способу питания рачок относится к облигатным хищникам хватателям, так как не способен отфильтровывать пищевые частицы и создавать токи воды, приносящие пищу [10]. Схватив жертву (мелких кладоцер, ракообразных), *M. leuckarti* предварительно разрывает ее на части и съедает только содержимое, оставляя покровы, в то время как простейших, мелких коловраток, копепод ранних науплиальных стадий размером 100-150 мкм обычно заглатывает целиком [10]. Биология этого веслоногого рачка довольно хорошо изучена. По данным А.В. Монакова [6, 8], общая продолжительность науплиального периода рачка при 20 °С составляет 6-8 дней, копеподитного – в среднем 10 дней. Самцы созревают раньше самок на один-два дня. Продолжительность жизни самок после созревания – в среднем 43 дня, количество пометов за этот период – шесть, где общее число науплиев – 120-150. Количество яиц в яйцевых мешках – от 4 до 30 в каждом, в Рыбинском водохранилище – от 20 до 40 шт. Развитие яиц в яйцевых мешках продолжается два дня. С момента вылупления до образования новой пары яйцевых мешков проходит два-четыре дня. В подледный период животные этого вида обычно впадают в анабиоз на стадии копеподитов IV-V. Тем не менее, в оз. Еля-ты в пробах, отобранных в январе, были встречены копеподиты *M. leuckarti* (V стадия) в активном состоянии, размер особей составил 0.8 мм. По мнению А.В. Монакова [7], это может быть связано с наличием в водоеме илистых грунтов, которые, со-



Самцы
  Самки с яйцевыми мешками
  Copepodit IV-V
  Copepodit I-III
  Nauplius

Сезонная динамика (а) численности (тыс. экз./м<sup>3</sup>) *Asplanchna priodonta* (А) и *Mesocyclops leuckarti* (Б) и структура их популяций (б) по относительной численности (%) в пелагиали оз. Еля-ты в 2005 г. По горизонтали указаны даты отбора проб.

здавая благоприятные условия, служат так называемыми «убежищами», где в течение холодного периода сохраняются запасы циклопид. В летний период рачок был широко распространен по всей акватории озера – отмечен в более чем 80 % проб. В пелагиали в начале вегетационного сезона популяция *M. leuckarti* была незначительна (0.04 тыс. экз./м<sup>3</sup>) и представлена в основном неполовозрелыми особями (см. рисунок). К середине июня численность этого вида интенсивно нарастала и достигла своего максимума (26.5 тыс. экз./м<sup>3</sup>). Многочисленными были науплии и копеподиты младших возрастных групп, доля копеподитов IV-V была менее 4 %. Половозрелые самки и самцы в популяции были найдены в начале третьей декады июня, их доля составляла около 7 % (соотношение самок и самцов 1:6). О наступлении периода размножения *M. leuckarti* можно судить по появлению в популяции самок с яйцевыми мешками. В озере он приходился на первую и вторую декады июля при температуре воды 17-21 °С. Доля самок с яйцевыми мешками в начале июля составила 12.5 % общего числа самок, во второй декаде – 100 %. Количество яиц было невелико: в правом яйцевом мешке  $9.5 \pm 5.5$ , в левом –  $8.5 \pm 4.5$ . Средняя длина самок была 1.0 мм, самцов – 0.9 мм. К 19 июля, при температуре водной поверхности 25.5 °С, плотность популяции снизилась до 0.07 тыс. экз./м<sup>3</sup> и несколько возросла вновь к концу вегетационного сезона. К середине сентября популяция на 94 % состояла из науплиальных стадий. В целом, практически на протяжении всего периода наблюдений в популяции *M. leuckarti* преобладали науплии и копеподиты I-III. Проведенный нами корреляционный анализ не выявил какой либо зависимости роста и развития популяции от температурного режима озера.

Таким образом, в малых пойменных озерах нашего региона *Mesocyclops leuckarti* моноциклический, приступает к размножению позднее, чем его популяции в крупных водоемах средней полосы, например, в Рыбинском водохранилище, где рачок дициклический и приступает к размножению в июне и конце августа–сентябре [8]. Возможность изменения числа генераций, как отмечает В.М. Рылов [11], в целом свойственна видам, обитающим в мелких водоемах, где присутствует большое разнообразие в сочетании факторов водной среды.

В заключение можно отметить, что в условиях малых пойменных озер средней тайги цикл развития планктонных животных претерпевает ряд изменений. В течение вегетационного сезона виды

способны образовывать только одну генерацию, т.е. моноциклически, и массового развития достигают гораздо позднее, чем аналогичные популяции в условиях средней полосы. Сезонные изменения развития популяции исследуемых видов зоопланктона не зависят от динамики температуры воды в озере и, вероятно, связаны с другими факторами или их сочетанием.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Киселев И.А. Планктон морей и континентальных водоемов. Л.: Наука, 1969. Т. 1. 658 с.
2. Кононова О.Н. Фауна зоопланктона пойменного озера Еля-ты (бассейн р. Вычегда) // Биологические ресурсы Белого моря и внутренних водоемов Европейского Севера: Матер. IV (XXVII) междунар. конф. Вологда, 2005. Ч. 1. С. 197-200.
3. Кононова О.Н. Зоопланктон одного из озер бассейна средней Вычегды // Устойчивость экосистем и проблема сохранения биоразнообразия на Севере: Матер. междунар. конф. Кировск, 2006. Т. 1. С. 289-293.
4. Кутикова Л.А. Коловратки фауны СССР. Подкласс Eurotatoria (отряды Ploimida, Monimotrochida, Paedotrochida). Л.: Наука, 1970. 744 с.
5. Лазарева В.И. Сезонный цикл развития и питание хищных коловраток рода *Asplanchna* в Рыбинском водохранилище // Биология внутренних вод, 2004. № 4. С. 59-68.
6. Монаков А.В. Жизненный цикл *Mesocyclops leuckarti* Claus (Copepoda, Cyclopoida) // ДАН СССР, 1958. Т. 120, № 2. С. 419-421.
7. Монаков А.В. О зимовке *Mesocyclops leuckarti* Claus в Рыбинском водохранилище // Бюл. Ин-та биологии водохранилищ, 1959. № 5. С. 18-20.
8. Монаков А.В. Основные черты биологии циклопов *Acanthocyclops viridis* (Jur.) и *Mesocyclops leuckarti* Claus (Copepoda, Cyclopoida): Автореф. дис. ... канд. биол. наук. М., 1959. 24 с.
9. Монаков А.В. Фауна циклопид прибрежной зоны Рыбинского водохранилища // Биология и трофические связи пресноводных беспозвоночных и рыб. Л., 1968. С. 33-40. – (Тр. ИБВВ; Вып. 17).
10. Монаков А.В. Питание пресноводных беспозвоночных. М., 1998. 320 с.
11. Рылов В.М. Cyclopoida пресных вод. М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1948. 320 с. – (Фауна СССР. Новая серия, № 35. Ракообразные; Т. III, вып. 3).
12. Трибуш Т.М. Некоторые наблюдения над коловратками семейства Asplanchnidae Рыбинского водохранилища // Бюл. Ин-та биологии водохранилищ, 1960. № 6. С. 18-19.
13. Ruttner-Kolisko A. Suggestions for biomass calculation of plankton rotifers // Arch. Hydrobiol. Beih. Ergebn. Limnol. (Struttgart), 1977. H. 8. P. 71-76. ❖

#### ИНФОРМАЦИЯ В НОМЕР

На базе Института биологии 8-12 ноября 2010 г. планируется проведение научно-практической конференции «Современное состояние и перспективы развития сети особо охраняемых территорий европейского Севера и Урала» (к 15-летию образования объекта Всемирного наследия ЮНЕСКО «Девственные леса Коми»).

- На конференции предполагается рассмотреть следующие проблемы:
- современное состояние и пути совершенствования системы управления и деятельности ООПТ;
  - роль общественных организаций в создании, функционировании и развитии систем ООПТ;
  - роль заповедников, национальных парков и других ООПТ в сохранении биологического разнообразия;
  - проблемы сохранения редких видов на особо охраняемых природных территориях;
  - динамические процессы в особо охраняемых природных комплексах, их анализ и прогнозирование, в том числе в связи с изменениями климата;
  - современные методы охраны ООПТ, опыт внедрения инновационных технологий;
  - современные методы мониторинга особо охраняемых природных комплексов;
  - развитие экологического туризма и экологического образования на территориях ООПТ;
  - перспективы развития региональной сети ООПТ Республики Коми.

## БИОТОПИЧЕСКОЕ РАЗМЕЩЕНИЕ И БИОЛОГИЯ РАЗМНОЖЕНИЯ МАЛОГО ЛЕБЕДЯ НА ПОЛУОСТРОВЕ РУССКИЙ ЗАВОРОТ (СЕВЕРО-ВОСТОК МАЛОЗЕМЕЛЬСКОЙ ТУНДРЫ)

Полуостров Русский Заворот и Коровинская губа – основной район воспроизводства малого лебедя на европейском севере России [4, 7]. Размещение и численность малого лебедя данного региона изучены относительно полно [1, 5, 6, 9], но сведения о биотопическом распределении и гнездовой биологии вида в регионе до настоящего времени мало численны. В условиях современной антропогенной трансформации тундровых ландшафтов эти данные необходимы и важны для охраны и управления популяцией малого лебедя.

### Район исследований

Полуостров Русский Заворот (северо-восток Малоземельской тундры) расположен приблизительно между 68°14'–68°59' с.ш. и 52°45'–54°55' в.д. Характер ландшафтов исследованной территории разнообразен. По побережью Баренцева моря от Колокольной губы до мыса Русский Заворот (Тиманский берег) имеет довольно прямолинейный и выровненный характер рельефа. В центральной части п-ова Русский Заворот с севера на юг тянется Ненецкая гряда, представляющая возвышенный ландшафт с крупными озерами. Восточное побережье (Захарьин берег) и приморская тундра Печорской губы представляет низменную территорию с большим числом различных озер, рек и протоков. Растительность исследованного региона представлена различными видами ив (*Salix* sp.), карликовой березкой (*Betula nana*) и различными видами злаков. На болотах обычны мхи (*Bryophyta*), осоки (*Carex* sp.) и багульник (*Ledum palustre*). На возвышенных участках тундры произрастают лишайники (*Lichens* sp.), различные злаки и кустарнички. Крупным опресненным заливом является Коровинская губа, морским заливом – Колоколкава губа.

### Материал и методика

Стационарные работы<sup>1</sup> проводились в междуречье Хабуйка–Янгутейяха (август 1977 г., июнь–август 1988 и 1990 гг., июнь 1991 г., июль–август 1992 и 1993 гг., июль–сентябрь 1994 г.; июль–

август 1996 г.), в междуречье Хуновейяха–Белузейяха (22 июня–10 августа 1996 г.), на п-ове Костяной Нос (август–сентябрь 1992 г., июль–август 1993 г.), на островах Ловецкий (июль–август 1995 г.), Чаичий (8 июля–11 августа 1996 г.) и Коровинской губе (август–сентябрь 1992 г., июль–август 1993 г.).

Сведения о количестве гнездящихся и неразмножающихся птиц, занимаемых ими местообитаниях получены на стационарах, во время пешеходных учетов и лодочных маршрутов на реках п-ова Русский Заворот, в Коровинской и Печорской губах. На стационарах проводили учеты численности гнездящихся и территориальных неразмножающихся птиц. Выводки учитывали по мере встречаемости, определяли примерный возраст птенцов, производили промеры и взвешивание, описывали используемые местообитания. На маршрутах регистрировали одиночные, пары и группы птиц, проводили картирование и описание гнезд. Ширина учетной полосы на пешеходных маршрутах была принята за 500 м (по 250 м влево и вправо). Общая длина учетных пешеходных маршрутов составила 1336 км, лодочных – 790 км.

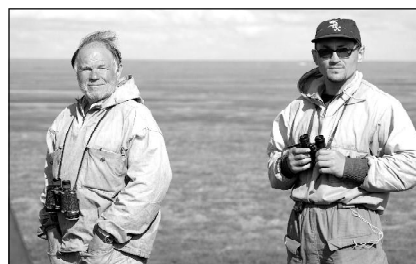
Для выяснения размещения гнездовых, линных и предмиграционных скоплений птиц по территории в июне 1991, 1995 и 1996 гг., августе 1977, 1985 и 1994 гг., сентябре 1976, 1983 и 1992 гг. проведены авиавизуальные обследования п-ова Русский Заворот, дельты Печоры, Коровинской и Колокольной губ по методике А.А. Кищинского [2]. Для этой цели использованы самолет АН-2, вертолеты МИ-2 и МИ-8. Высота полета составляла 80–100 м, что обеспечивало наблюдения в полосе около 250 м с каждого борта летательного аппарата. Скорость полета была в пределах 140–160 км/ч.

### Результаты

#### Биотопическое распределение.

На основании проведенных исследований нами были выделены наиболее типичные для малого лебедя биотопы.

*Высокие сухие лишайниковые участки среди влажных и заболоченных тундр.* Преобладающая раститель-



Ю. Минеев

О. Минеев

ность – водяника (*Empetrum nigrum*), багульник (*Ledum palustre*), карликовые ива (*Salix* sp.) и березка (*Betula nana*), ситник (*Juncus* sp.), вейник (*Calamagrostis* sp.) и др. Малый лебедь гнездится по берегам водоемов и на удалении от них, в послегнездовый период на озерах встречаются выводки. В годы урожая ягод водяники и толкнянки (*Arctostaphylos uva-ursi*) – места кормежки птиц.

*Кустарничково-мохово-лишайниковая тундра с невысокими кочками, иногда в сочетании со сфагновыми болотами.* Доминирующая растительность – низкие ивы (*Salix* sp.), багульник (*Ledum palustre*), черника (*Vaccinium myrtillus*), вороника (*Empetrum nigrum*), арктоус. Здесь лебеди изредка гнездятся, на озерах встречаются выводки.

*Заболоченная травяно-моховая тундра.* Приморская тундра с множеством разнообразных озер, соединенных с морем протоками или небольшими речками. Местами (особенно у побережья) заливается нагонной волной во время прилива при сильном ветре. Растительность представлена осоками (*Carex* sp.), моршкovo-осоково-моховым комплексом с невысокими кочками и редкими низенькими кустами ивы. Гнездовой биотоп, на водоемах обычны выводки малых лебедей. В конце июня на приморских низинах Захарьинского берега концентрируются на линьку лебеди. Стаи насчитывают по 10–30 особей, в июле они объединяются в более крупные (60–150 и 200–300 особей) скопления. Приморские низины Печорской губы (район озер Хабуйка-То, Кузнецкое-То и бассейны рек Янгутейяха и Хуновейяха) – места ежегодной линьки лебедей.

<sup>1</sup> Исследования в 1993–1996 гг. проведены совместно с О.Ю. Минеевым.

Минеев Юрий Николаевич – д.б.н., гл.н.с. лаборатории экологии наземных позвоночных. E-mail: mineev@ib.komisc.ru.

Минеев Олег Юрьевич – к.б.н. н.с. этой же лаборатории.

Область научных интересов: экология и охрана водоплавающих птиц и водно-болотных угодий.

*Кустарничково-моховая тундра.* Низменная, местами слабо увлажненная тундра с низкорослой ивой, водяникой, толокнянкой, мятликом (*Poa* sp.), овсяницей (*Festuca* sp.), осокой, мхами и др. Основной гнездовой биотоп, на водоемах обычны выводки. В июне многочисленны неразмножающиеся стаи лебедей по 30-40, редко по 100-150 особей. В июле-августе в районе крупных озер обычны стаи (по 120-350 особей) линяющих птиц.

*Разнотравно-осоково-мелкобугорковатая тундра.* Этот биотоп чаще встречается в равнинных ландшафтах. Растительность представлена осоками, мхами, мятликом, хвощами (*Equisetum* sp.), ожикой (*Luzula* sp.), горцем живородящим (*Polygonium viviparum*), ясколкой (*Cerastium* sp.) и др. Характерны приземистые (высотой до 10 см) карликовые березка и ива. Малый лебедь гнездится по берегам озер и на удалении от них. Обычны скопления птиц (стаи по 120-150 особей) на линьке.

*Реки и протоки.* Для исследованной территории характерно обилие различных по длине и ширине рек и проток. Их берега, как правило, невысокие, поросшие травянистой, редко кустарниковой растительностью. Уровень воды и направление течения водотоков зависят от приливов на море. Реки и протоки служат в качестве защитных и кормовых местообитаний взрослых птиц и выводков.

*Озера.* Их можно подразделить на две группы: а) глубоководные озера с неизменяющимся уровнем воды. Берега преимущественно песчаные, высокие, часто зарастают кустами ивы (высотой до 2 м). Водоемы служат местом остановок и отдыха мигрирующих лебедей (стаи по 12-137 особей) к местам линьки; б) мелководные озера с пологими берегами, уровень воды сильно подвержен влиянию морских приливов. Во время отлива местами обнажается илистое дно. Озера служат кормовым биотопом, где обычны одиночные, пары, группы и стаи (до 150 особей) лебедей. В послегнездовой период встречаются выводки.

*Морское побережье.* Во время сезонных миграций лебеди используют морское побережье как место остановок и отдыха. Илистые и песчаные отмели, заливаемые приливами, служат в качестве кормовых биотопов одиночным и парам птиц. Низменные заболоченные участки побережья – места

линьки лебедей. Особенно многочисленны скопления (стаи 50-600 особей) птиц на Захарьином берегу (междуречье Янгутейяха–Белузейяха). На Тиманском берегу Баренцева моря обычны скопления птиц стаями по 20-30, 100-300 и изредка до 400 особей.

*Морские мелководья.* Крупные мелководья Коровинской и Печорской губ расположены между Афонихой и Тундровым Шаром, у островов Кашин, Зеленые, Чаичий и Ловецкий. В гнездовой период на мелководьях держатся стаи неразмножающихся лебедей от 5 до 30 особей. Акватории мелководий хорошо прогреваются и изобилуют водной растительностью (*Potamogeton* sp. и др.) и зообентосом, привлекая выводки и скопления (стаи 5-900 особей) лебедей на линьку. Южная часть побережья Коровинской губы (от устья Тундрового Шара до устья Большой Печоры) служит местом массовой концентрации лебедей перед осенней миграцией. Их численность в этот период колеблется от 5000 до 15000 особей [7].

В тундре, прилегающей к Колокольной губе, и на ее акватории в июле-августе встречаются скопления лебедей по 20-90, в некоторые годы – по 100-450 особей.

**Размножение.** Для гнездования малый лебедь использует различные биотопы, из которых основными являются заболоченные кочкарниково-ивняковые (28.6%), мохово-лишайниковые (28.6%) и лишайниковые (21.4%) участки тундры и сфагново-осоковые болота (21.4%). В меньшей степени используются сухие моховые (14.3%) и мохово-кустарниковые возвышенные (7.1% гнезд) участки тундры.

В осоково-моховых и осоково-разнотравных местообитаниях приморских тундр (Захарьин берег) птицы гнездятся довольно плотно друг от друга, минимальное расстояние между ними составило 300 м. Плотность гнездования птиц – от 0.16 до 2.38 пары/км<sup>2</sup>. В центральной части п-ова Русский Заворот (район озер Янгутей-То, Хуновей-То, Белузей-То, Песчанка-То) плотность гнездования лебедей колеблется от 0.13 до 0.43 пары/км<sup>2</sup>. В районе Ненецкой гряды благоприятные условия для размножения лебедей находят в депрессиях около озер и некоторых рек, где они гнездятся с плотностью от 0.02 до 0.20 пары/км<sup>2</sup>. Плотность гнездования лебедей на Тиманском берегу варьирует от 0.18

до 0.33 пары/км<sup>2</sup>. На островах и прилежащих тундрах Коровинской губы лебеди гнездятся с плотностью от 0.05 до 0.18 пары/км<sup>2</sup>. Важным районом воспроизводства лебедей служат прибрежные тундры Колокольной губы. Плотность размножающихся лебедей в этом районе варьирует от 0.07 до 0.93 пары/км<sup>2</sup>. В некоторых районах птицы гнездятся с исключительно высокой плотностью. Так, на пробной площадке (27 км<sup>2</sup>) в междуречье Хабуйка–Янгутейяха плотность гнездования лебедей была в 1988 г. – 1.2, 1990 г. – 1.57, 1991 г. – 1.22, 1992 г. – 1.35, 1993 г. – 1.24, 1994 г. – 1.33, 1995 г. – 1.56 и в 1996 г. – 1.41 пары/км<sup>2</sup>. Самая высокая величина данного показателя зарегистрирована в среднем течении р. Хуновейяха (1996 г.) – 2.38 пары/км<sup>2</sup> (38 пар на 16 км<sup>2</sup>).

На п-ове Русский Заворот (1988-1996 гг.) в разные годы численность птиц к началу гнездования варьировала от 3000 до 6500 особей. Из них в размножении принимали участие от 6 до 42, в среднем ( $n = 12$  лет) 20% лебедей. Наибольшее число размножающихся птиц было в 1988 г. (41.8%), 1990 г. (36.6%) и 1976 г. (31.6%), минимальное – в 1995 г. (6.1%), 1994 г. (10.4%) и 1992 г. (11.4%). В период исследований в регионе гнездились от 700 до 2000 пар. Доля размножающихся лебедей в каждом конкретном году зависит от численности оставшихся на летовку птиц, а также обусловлена погодными условиями весны.

Гнезда лебеди располагают в самых разнообразных местах: у временных луж, на полуостровах озер, у кромки воды и на расстоянии до 500 м от нее. Из 117 обследованных гнезд – 14 (12%) были сооружены на гривках среди болот, заболоченных или сырых участков, 12 (10.3%) – на кочках, 22 (18.8%) – на буграх или невысоких холмах, 15 (12.8%) – на сухих участках, по берегам озер – 24 (20.5%), рек и проток – 9 (7.7%), среди низинной заболоченной тундры – 14 (11.9%) и труднопроходимых болот – 7 (6.0%). В одном случае птицы соорудили гнездо на жилой норе песка, расположенной на высоком холме, и использовали его в течение всего времени наблюдений (с 1988 г.). После прибытия в места размножения лебеди сразу же после схода снега распределяются по гнездовым территориям. Первоначально они занимают участки низин-

ной тундры и болота, поскольку с ранним освобождением их от снега имеется в наличии строительный материал и корм. Несколько позднее птицы занимают для устройства гнезд гривки и кочки; возвышенные и сухие участки тундры используются в последнюю очередь. Это связано с тем, что высокие участки тундровой поверхности зимой сильно промерзают, весной затрудняя сбор строительного материала для гнезд. Для откладки яиц лебеди строят новые или обновляют и надстраивают старые гнезда. В условиях затяжной и холодной весны старые гнезда используются чаще. В разные годы для размножения лебеди вновь занимают от 20 до 60, в среднем 36.7 % старых гнезд.

Материал для строительства собирается непосредственно около гнезда. В основном это разные виды растительности: мох (сфагнум, зеленый и др.) – в 21.7; мох, кустарнички и кустарники (водяника, багульник, карликовые ива и береза) – 17.4; трава (осока, арктофила, вейник) – 8.7; трава и мох 8.7; мох, лишайники, кустарнички и кустарник – 8.7; трава, кустарнички

и кустарники – 8.7; кустарнички – 8.7; мох и лишайники – 4.4; кустарнички и лишайники – 4.4; мох, кустарнички и комочки земли (3-5 мм) – 4.4 % гнезд. Лоток выстилается ветошью и травой (по 43.7 %); мхом (6.3 %), смесью травы и ветоши (6.3 % гнезд). В процессе насиживания в лотке появляется небольшое количество пуха или перьев. Размеры гнезд (n = 58): диаметр основания 90-230 (среднее 116); вершины 60-100 (среднее 79); лотка 19-50 (среднее 35); высота гнезда 15-50 (среднее 22), глубина лотка 9-20 (среднее 13) см.

Начало откладки яиц происходит во второй-третьей декадах мая и длится по 15 июня, массовая откладка яиц – 4-7 июня. Кладки содержат 1-6 (n = 199 кладок), в среднем 3.37 яйца, в том числе: 1988 г. (n = 19) – 3.44; 1990 г. (n = 21) – 2.76; 1991 г. (n = 26) – 3.88; 1992 г. (n = 24) – 4.2; 1993 г. (n = 24) – 3.1; 1994 г. (n = 10) – 3.3; 1995 г. (n = 39) – 3.2; 1996 г. (n = 36) – 3.1. Размеры яиц (n = 403): 89.0-117.5 × 61.3-71.5, в среднем 102.6 × 66.5 мм. Наблюдается тенденция к увеличению размеров яиц в годы с небольшой ве-

личинной кладки. Скорлупа недавно отложенного яйца имеет цвет слоновой кости, но затем темнеет от грязи.

За время исследований первые птенцы отмечены 30 июня–8 июля, массовое вылупление – 10-12 июля, появление последних птенцов в гнездах зарегистрировано 11-18 июля. Эмбриональная смертность в популяции малого лебедя на п-ове Русский Заворот составляет 3.96-31.50, в среднем (n = 6 лет) – 14.60 % от числа отложенных яиц. Величина выводков к концу июля в результате хищничества и неблагоприятных погодных условий в разные годы сокращается на 8.8-33.4, в среднем – 20.2 % от числа вылупившихся птенцов. К началу сентября величина выводков, по сравнению с июльскими, уменьшается на 12-15 %. Выводки насчитывают 1-5 (782 выводка), в среднем 2.50 птенца, в том числе: 1976 г. (n = 28) – 2.32; 1977 г. (n = 20) – 2.32; 1983 г. (n = 440) – 2.60; 1985 г. (n = 29) – 2.20; 1988 г. (n = 23) – 3.10; 1990 г. (n = 6) – 2.31; 1992 г. (n = 34) – 3.15; 1993 г. (n = 98) – 2.30; 1994 г. (n = 54) – 2.30; 1995 г. (n = 12) – 1.75; 1996 г. (n = 42) – 2.76. В предмиграци-



## ЮБИЛЕЙ

28 марта свою юбилейную дату отмечает **Нина Геннадьевна Комарова**. Ее судьба неразрывно связана с нашим Институтом. Свою трудовую деятельность она начала сразу после школьной скамьи и почти 30 лет отдала Институту биологии. Именно здесь она стала настоящим специалистом своего дела! В 1981 г. еще совсем юной Нина Геннадьевна поступила на работу в лабораторию экологии и генетики животных Института биологии Коми филиала АН СССР. Выполняя обязанности лаборанта, она оказывала неоценимую помощь всем сотрудникам лаборатории. За ее плечами многие километры нелегких экспедиционных маршрутов, во время которых

проведена скрупулезная работа по сбору полевого гидробиологического материала. Не осталось незамеченным и ее умение быстро и качественно печатать рукописи, оформлять научные отчеты, выполнять трудоемкую техническую работу при подготовке к опубликованию научных трудов. В 1982 г. ей доверили ответственный и очень напряженный участок работы – назначили заведующей канцелярией Института. Постигнув здесь все сложности и премудрости непростого дела – документооборота, она стала высококвалифицированным специалистом и в 1992 г. заняла пост начальника отдела кадров Института.

Сегодня Нина Геннадьевна является опытным специалистом в области кадровой службы. В своей работе она использует современные методы учета личного состава, ведения и хранения установленной документации. Благодаря ее труду за последние годы существенно укреплен кадровый потенциал академической науки Института.

Нине Геннадьевне свойственны лучшие человеческие качества: доброта, отзывчивость, деликатность в общении. Искренне восхищаемся ею как обаятельной женщиной, заботливой мамой и бабушкой!

*Дорогая Нина Геннадьевна!*

*В этот знаменательный день мы хотим от всей души пожелать, чтобы жизнелюбие, оптимизм, доброжелательность и далее оставались неотъемлемыми чертами Вашего характера, доброго здоровья, новых успехов, семейного благополучия.*

Коллеги

онных скоплениях на Коровинской губе молодые птицы составляли в 1976 г. – 5.6, 1983 г. – 4.1 и 1992 г. – 3.5 % общей численности лебедей. В это время их меньше в 1.5-2.0 раза, чем учитывают на зимовках. В Западной Европе в 1986-1987 гг. молодые лебеди насчитывали 7.2-9.9 % всех зимующих птиц [11]. Несовпадение данных о численности молодых лебедей в местах размножения и зимовок объясняется тем, что на Коровинской губе концентрируются в основном мигранты с ранними выводками и из других частей ареала (Западная Сибирь, арктические острова, Большеземельская тундра и Югорский п-ов). Выводки лебедей на п-ове Русский Заворот остаются в местах размножения до замерзания водоемов. В сентябре и во время осенней миграции выводки теряют от 20 до 44 % птенцов от численности августа–начала сентября.

Масса вылупившихся птенцов (n = 12) – 140-183, в среднем 146 г. Рост массы птенцов одинакового возраста в первую неделю жизни в разных выводках колеблется от 23.9 до 116.3, в среднем (n = 10) – 65.2 г в день. В недельном возрасте птенцы имеют ту же тенденцию прироста массы тела, в разных выводках она варьирует от 353 до 922, в среднем (n = 9) – 663.6 г. Дифференциация в темпах роста лебедей

характерна и для одного выводка. Отставание между крупными и средними по массе птенцами в выводках (n = 4) колеблется в пределах от 6 до 29, в среднем – 17.7 %, а между крупными и маленькими – от 18 до 40, в среднем – 27.3 %. Меньшими по массе тела, как правило, являются особи женского пола. В конце июля лебебята имеют массу, в среднем составляющую 12-16 % массы тела взрослых птиц. В конце августа–начале сентября молодые птицы достигают 62 % массы взрослых птиц.

В разные годы рост и развитие выводков происходит неодинаково, что обусловлено различиями в сроках вылупления птенцов и, вероятно, статусом родителей, использующих неравноценные кормовые местообитания. Известно, что на зимовках выводки птиц-доминантов занимают лучшие по качеству места кормежки [12]. В междуречье Хабуйка–Янгутейяха 20 июля 1993 г. птенцы в одном из выводков были размером с белую куропатку, в другом – с турпана. Различия в размерах птенцов особенно велики были в 1994 и 1996 гг. Так, 21 июля птенцы в одном из выводков (n = 4) были с сингу (масса от 355 до 377 г), во втором (n = 4) птенцы имели массу от 567 до 760 г.; 25 июля найден выводок, птенцы которого были по раз-

мерам с турпана, 1 августа – с гуменника; 23 августа встречен один выводок с птенцами размером почти со взрослых птиц, второй – чуть крупнее гуменника; 20 июля 1996 г. три птенца из выводка в среднем имели массу по 500 г, в другом (n = 3) – 116 г, в третьем (n = 4) – 370 (самки) и 425 г (самцы), 22 июля – выводок (n = 3) с крупными лебедятами массой более 1 кг. На о-ве Ловецкий птенцы в выводках, встреченные 2 и 16 августа 1995 г., были соответственно размером с турпана и крупнее гуменника. Наиболее запоздалые выводки, найденные 3 сентября 1992 г., имели пуховой наряд с пробивающимся контурным оперением, их масса (n = 2) была равна 2.2 и 2.7 кг. Подъем на крыло первых молодых птиц зарегистрирован 30 августа–7 сентября.

### Обсуждение

Спектр обитания малого лебеда на п-ове Русский Заворот включает местообитания типичные для подзоны северных тундр пресные и солоноватые морские заливы. Максимальная численность птиц (0.4-12.0, среднее 3.1 особи) отмечена в кустарничково-мохово-лишайниковой с невысокими кочками тундре. Высокая плотность птиц (1.4-5.6, среднее 2.8) зарегистрирована на сухих лишайниковых участ-

## НАШИ ПОЗДРАВЛЕНИЯ

Ведущему инженеру-химику **Наталие Евгениевне Игнатовой** с 30-летием трудового стажа в Институте. Наталия Евгениевна внесла неоценимый вклад в химический анализ почв и растений, принимает активное участие в лабораторных и полевых экспериментальных работах, освоении международных методик анализа объектов окружающей среды, семинарах, симпозиумах, конференциях, является постоянным консультантом при освоении методов анализа почв и растений молодыми специалистами. К работе относится добросовестно: обеспечивает высокий уровень доверия к полученным ею результатам анализов, отличается требовательностью к аналитическим данным, характеризуется творческим подходом к эксперименту, порядочностью и надежностью, стремится к совершенствованию, обладает чувством ответственности за порученное дело, является исключительно трудолюбивым химиком-аналитиком, обладающим широтой взглядов, умением глубоко проникнуть в сущность сложных проблем.

Наталия Евгениевна обладает незаурядными личными качествами: доброжелательностью, объективностью, высокой нравственностью, принципиальностью, бескомпромиссностью, надежностью. Она является человеком огромного обаяния, душевной доброты, бескорыстия, неиссякаемой энергии и жизнерадостности. Все это достойно глубокого уважения!

*Дорогая Наталия Евгениевна! Примите самые теплые и искренние поздравления с 30-летием трудовой деятельности. От всей души мы желаем Вам, прекрасному человеку, крепкого здоровья, счастья, благополучия, долгих лет активной творческой жизни на благо дальнейшего развития почвоведения!*

С уважением, коллеги-почвоведы



ках среди заболоченных тундр, в кустарничково-моховой (0.8-2.9, среднее 2.5) и заболоченной травяно-моховой (0.5-4.6, среднее 2.4), минимальная (0.7-8.8, среднее 2.0 особи/км<sup>2</sup>) – в разнотравно-осоково-мелкобугорковой тундрах. Перечисленные биотопы важны как места гнездования, обитания выводков и территориальных не размножающихся лебедей. В гнездовой период данные местообитания кратковременно используются в качестве кормовых станций нетерриториальными птицами. Заболоченные низменные участки морского побережья являются важными местами линьки, а также остановок и отдыха мигрирующих птиц. К ценными местообитаниями, которые используются лебедями в качестве мест линьки и концентрации перед осенней миграцией, относятся Коровинская, Колоколкова и Печорская губы. Реки, протоки и крупные озера служат лебедям местами отдыха во время миграции на линьку и зимовку, реже – кормовыми станциями. Из-за отсутствия благоприятных условий в этих местообитаниях очень редки выводки. Сравнение данных 1988-1996 гг. с предыдущими исследованиями 1976-1981 гг. показало, что основные места гнездования и линьки птиц не изменились. Они располагаются вдоль Захарьиного берега, в районе Колоколковой губы и в центральной части п-ова Русский Заворот. Узловые пункты концентрации предлетных лебедей – Коровинская, Болванская и Колоколкова губы, п-ов Русский Заворот [5, 6]. Дельта Печоры – одна из основных станций переживания во время весенних миграций.

Для гнездования лебеди используют самые разнообразные биотопы и их гнезда не привязаны к определенным типам растительности. С наибольшей плотностью они гнездятся там, где территория раньше освобождается от снега и имеются кормовые участки. К биотопам, предпочитаемым для со-

оружения гнезд, можно отнести кочкарничково-мохово-ивняковые слабоувлажненные и мохово-лишайниковые участки тундр, наименьшее число птиц гнездится в мохово-кустарничковых возвышенных участках тундр.

Факторами успешного гнездования малого лебеда являются наличие кормовых (осоки и злаки) и гнездовых условий в сочетании с обилием небольших мелководных озер и произрастанием в них макрофитов и водорослей. Несмотря на то, что малые лебеди относятся к типично одиночно гнездящимся птицам, у них отмечена склонность занимать гнездовые территории неподалеку друг от друга. На некоторых участках птицы гнездятся на расстоянии 150-300 м друг от друга. Наличие факультативной колониальности у малого лебеда в гнездовой период проявляется только в высокопродуктивных, оптимальных биотопах. Стратегия размножения (пространственное распределение гнезд) малого лебеда зависит в некоторой степени от характера весенних погодных условий, в частности, от схода снежного покрова. При позднем сходе снежного покрова значительное число лебедей гнездится на высоких участках тундры, не образуя «колоний».

Можно допустить, что «колониальные» и одиночные гнездящиеся птицы представляют как бы две более или менее независимые субпопуляции одного вида. В этой связи интересны результаты исследований по лебедю-шипуну (*Cygnus olor*), из которых следует, что птицы, гнездящиеся колониально, генетически отличаются от неколониально гнездящихся [9]. При такой детерминированности совершенно очевидны возможности для реализации селективных преимуществ у лебедей с разным типом гнездового поведения.

Конструкция гнезд в зависимости от их размещения различна. Большинство гнезд, устроенных в низких мес-

тах или на кочках, имеют мощную основу из мха (сфагнум, зеленый) в чистом виде или с примесью различных кустарничков, травы и др. На высоких участках рельефа гнезда сооружаются чаще всего из сухой травы, иногда с примесью кустарничков или другой растительности. Использование старых гнезд в значительной мере определяется запоздалой, затяжной весной и поздним сходом снега. В таких условиях занятие их максимальное (до 60 %), почти постоянно птицы занимают старые гнезда в оптимальных биотопах.

Из-за длительного гнездового периода, продолжительного роста и развития птенцов начало размножения лебедей жестко детерминировано. Занятие индивидуальных территорий, строительство гнезд и откладка яиц в популяции малых лебедей п-ова Русский Заворот происходит во второй декаде мая–15 июня. Рост фолликулов у лебедей происходит до прилета на места гнездования, а готовность к продуцированию яиц зависит от энергетических ресурсов, накопленных на зимовке. Длительный период неблагоприятных погодных условий определяет начало размножения, степень потерь энергетических ресурсов и тем самым детерминирует степень участия птиц в размножении и размер кладок. Анализ продуктивности лебедей показал, что величина кладки и плотность гнездования в неблагоприятных погодных условиях связаны с труднодоступностью необходимого количества пищи или ее недостаточностью в гнездовой период. При изучении стратегии размножения, бюджета времени и энергии [3] и питания разных возрастных групп малых лебедей выяснено, что основу пищи (60 %) размножающихся птиц в первую неделю после прилета в тундру составляют осоки (*Carex aquatilis*, *C. rariflora* и др.) и злаки (*Arctophila fulva* и др.). Эти растения после перезимовки сохраняют



## НАШИ ПОЗДРАВЛЕНИЯ

**Наталье Владимировне Герлинг** с успешной защитой диссертации на соискание ученой степени кандидата биологических наук (03.02.01 – ботаника) «Структура и фотосинтез хвои видов р. *Juniperus* на северо-востоке европейской части России» (диссертационный совет Д 004.007.01 при Институте биологии Коми НЦ УрО РАН)!

Желаем дальнейших творческих успехов!



в основном свои кормовые достоинства [8] и являются незаменимыми кормами птиц. Пик потребления осок и злаков приходится на период откладки яиц. В это время размножающиеся птицы около 99 % времени, затраченного на кормежку, проводят на земле и лишь 1 % – на воде в поисках водорослей и других водных растений. Неземноживущие территориальные лебеди около 40 % времени кормятся на водоемах. В условиях недоступности осок и злаков (из-за снежного покрова) основным видом пищи становятся водоросли и водные макрофиты. В этих условиях гнездящиеся лебеди вынуждены больше времени тратить на кормежку на водоемах, потребляя преимущественно водоросли, которые не полностью восстанавливают энергетические затраты. Следствием этого является снижение на 35-37 % количества откладываемых яиц по сравнению с нормальными средними кладками и уменьшение их размеров. В оптимальных гнездовых биотопах в условиях позднего разрушения снежного покрова и вскрытия водоемов сдвиги размножения лебедей не превышают 10, в исключительных случаях (1996 г.) – 15 дней. При этом некоторые птицы иногда строят гнезда в несвойственных для них местах (высокие берега рек, озер, торфяные бугры и др.). В условиях недостаточно калорийного питания и огромных энергетических затрат, связанных с откладкой яиц и их насиживанием, птицы менее активно защищают гнездовую территорию от хищников и неразмножающихся территориальных лебедей. При этом они чаще покидают гнездо и больше времени проводят на кормежке. Ослабленная связь насиживающих птиц с гнездами, возникающие конфликтные ситуации с территориальными парами способствуют потере кладок от хищников. Отмечены случаи узурпации гнезд (с яйцами) при отсут-

ствии владельцев территориальными птицами. Даже при относительной высокой численности мышевидных грызунов гибель кладок лебедей от хищников в аномальные по погодным условиям годы бывает значительной (20-25 %). Особенно велики потери (около 50 %) кладок были в 1996 г.

Сравнение данных за разные годы исследований показали, что максимальная численность гнездящихся лебедей превышает минимальную в среднем (n = 8 лет) на 14.8 % (0.6-23.6 %), а величина кладки – в среднем на 22.4 % (6.6-34.3 %). Успех размножения малых лебедей в конце июля в среднем равен 71.2 %. В местах зимовок молодые птицы составляют 7-10 % общей численности лебедей, а величина выводка равна 51.9 % кладки среднего размера.

Учитывая ценность исследованной территории как района размножения и линьки малого лебедя, необходима охрана уникального района на европейском северо-востоке России. Одной из основных мер по сохранению водно-болотных угодий п-ова Русский Заворот, Коровинской и Колоколкиной губ является организация биосферного заповедника.

Считаем своим долгом выразить признательность за участие и помощь в сборе материала участникам экспедиций 1991-1996 гг. P. Anderson-Harild, D. Scott, E. Rees и J. Beekman.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Бианки В.В., ШUTOVA E.B. Размещение и численность лебедей на севере европейской части СССР // Экология и миграции лебедей в СССР. М.: Наука, 1987. С. 20-28.
2. Кищинский А.А. Учеты птиц с самолета // Труды Окского государственного заповедника. М., 1973. Вып. 9. С. 197-235.
3. Кривцов С.К., Минеев Ю.Н. Сточный бюджет времени и энергии

малого лебедя в репродуктивный сезон // Изучение и охрана птиц в экосистемах Севера. Владивосток, 1986. С. 122-127.

4. Минеев Ю.Н. Птицы заказника «Ненецкий» (северо-восток Малоземельской тундры) // Рус. орнитол. журн., 1994. № 3 (4). С. 319-336.

5. Минеев Ю.Н. Сезонное размещение и численность водоплавающих птиц Малоземельской тундры // Изв. АН СССР. Сер. географ., 1981. Вып. 4. С. 119-122.

6. Минеев Ю.Н. Сезонное размещение и численность лебедей на северо-востоке европейской части СССР // Бюл. МОИП. Отдел биол., 1986. Т. 91, вып. 3. С. 19-28.

7. (Минеев Ю.Н.) Mineyev Yu.N. Distribution and numbers of Bewick's swans *Cygnus bewickii* in the European north-east of the USSR // Proceedings IWRB 3rd Swan Symposium / Eds. J. Sears, P.J. Bacon. Oxford, 1991. P. 62-67. – (Wildfowl Special Suppl.; № 1).

8. Северное оленеводство / Э.К. Бороздин, В.А. Забродин, Н.П. Востряков и др. М., 1979. 286 с.

9. Щадилев Ю.М., Орлов В.А. Численность, размещение и экология лебедей в гнездовой период на севере Ненецкого автономного округа // Экология и миграция лебедей в СССР. М.: Наука, 1987. С. 77-84.

10. Bacon P.J., Anderssen-Harild P. Colonial breeding in mute swans (*Cygnus olor*) associated with an allosyme of lactate dehydrogenase // Biol. J. Soc., 1987. Vol. 30, № 3. P. 193-228

11. Dirksen S., Beekman J.H. Population size, breeding success and distribution of Bewick's swans *Cygnus c. columbianus bewickii* wintering in Europe in 1986-1987 // Proceedings IWRB 3rd Swan Symposium / Eds. J. Sears, P.J. Bacon. Oxford, 1991. P. 120-124. – (Wildfowl Special Suppl.; № 1).

12. Scott D.K. Reproductive success in Bewick's swans // Reproductive success / Ed. T.H. Clutton-Brock. Chicago: Univ. Chicago Press, 1988. P. 220-236.



## НАШИ ПОЗДРАВЛЕНИЯ

Доктору биологических наук **Алексею Александровичу Москалеву** с присуждением медали Российской академии наук для молодых ученых РАН по итогам конкурса 2009 г. в области общей биологии за работу «Экологическая генетика продолжительности жизни»

Постановление Президиума РАН № 36 от 16.02. 2010 г.

Желаем дальнейших побед!



**КОЛИЧЕСТВЕННОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФИТОГОРМОНОВ  
МЕТОДАМИ ГАЗО-ЖИДКОСТНОЙ ХРОМАТОГРАФИИ–МАСС-СПЕКТРОМЕТРИИ**

**В** настоящее время к фитогормонам (ФГ) относят более 200 органических соединений, различающихся по химической структуре и биологической активности. В данной работе уделено внимание прежде всего совершенствованию методики одновременного количественного определения в растительных образцах шести ФГ (рис. 1): индол-3-уксусной кислоты (ИУК), гибберелловой кислоты (ГА<sub>3</sub>), зеатина (ЗН), зеатин-рибозида (ЗН-Р), изопентениладенина (ИПА), изопентениладенин-рибозида (ИПА-Р) и одного ингибитора фитогормонов – абсцизовой кислоты (АБК).

Наиболее апробированным для определения ФГ в растительных экстрактах является метод биотеста в различных вариациях использования проростков растений (горох, овес и др.), культур клеток растений и микроорганизмов [1]. Основное преимущество метода биотестов для определения ФГ – минимальная потребность технического оснащения при высокой чувствительности к основным группам ФГ: ауксинам, цитокининам, гибберелловым кислотам и ингибиторам ФГ. Недостаток метода заключается в завышении реального содержания ФГ в анализе из-за синергических эффектов и гормоноподобной активности некоторых классов вторичных метаболитов растений. Более прогрессивным и экспрессным для определения ФГ является метод иммуно-ферментного анализа (ИФА), позволяющий при наличии стандартных образцов антител к индивидуальным ФГ выполнять скоростной мультиплексный анализ указанных гормонов в растительных экстрактах [2, 3]. В то же время метод ИФА мало приемлем для одновременного определения ФГ, мало отличающихся по химической структуре.

Высокоэкспрессивной и наиболее экономичной является методика определения ФГ с помощью капиллярного гель-электрофореза (КГЭФ). Китайскими исследователями показано, что методом КГЭФ удается сравнительно легко определять ФГ за 10-15 мин. электрофореза даже в слабо очищенных экстрактах растений [5]. Основной недостаток метода КГЭФ при определении ФГ заключается в относительно малой чувствительности. Предел обнаружения ФГ в данном случае лежит на уровне доли микрограммов.



**В. Пунегов**



**И. Груздев**

Наиболее информативным при анализе ФГ, но в ущерб экспрессности, является метод газо-жидкостной хроматографии (ГЖХ) – тандемная масс-спектрометрия (ГЖХ-МС/МС) с применением ионной ловушки в качестве детектора [4]. Указанным методом удастся выполнить количественное определение большинства известных ФГ и их ингибиторов в малых

и сверхмалых по весу растительных образцах (от 20 до 200 мг) с пределом обнаружения 10<sup>-12</sup>–10<sup>-15</sup> г. Следует отметить, что указанный метод имеет свои преимущества и недостатки. Основной недостаток указанного метода для определения ФГ заключается в необходимости выполнять многоступенчатую подготовку проб к анализу с обязательной дериватизацией нативных ФГ до метильных или триметилсилилированных производных. Вместе с тем, на современном уровне развития аналитических технологий метод ГЖХ-МС/МС является единственным по-настоящему мультиплексным методом определения ФГ в анализе, позволяющим в режиме реального времени выполнять мониторинг пула ФГ при воздействии на растительный организм различных факторов. Несмотря на 80-летнюю историю исследования ФГ, до настоящего времени не существует четко регламентированной методики количественного определения ФГ, защищенной от получения артефактов в результате анализа.

В данной работе мы стремились осветить лишь некоторые результаты, полученные в ходе аналитического исследования ФГ и отражающие тонко-

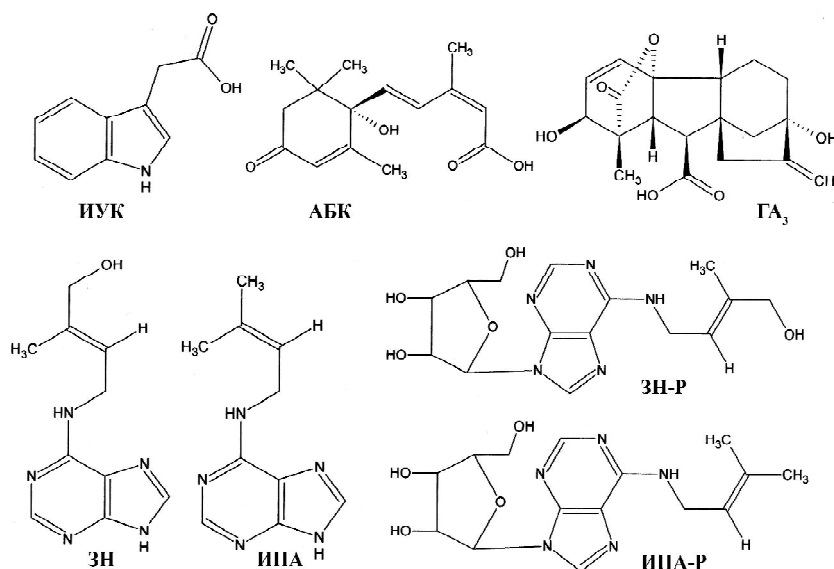


Рис. 1. Химическая структура фитогормонов, определяемых в данной работе. Объяснения в тексте.

**Пунегов Василий Витальевич** – к.х.н., с.н.с. отдела Ботанический сад. E-mail: [punegov@ib.komisc.ru](mailto:punegov@ib.komisc.ru). Область научных интересов: *биоорганическая химия веществ специализированного обмена растений, химия и технология возобновляемого растительного сырья.*

**Груздев Иван Владимирович** – к.х.н., с.н.с. Экоаналитической лаборатории. E-mail: [gruzdev@ib.komisc.ru](mailto:gruzdev@ib.komisc.ru). Область научных интересов: *аналитическая химия, экология.*

Таблица 1

Концентрация компонентов (мг/мл) в калибровочных растворах и значения калибровочного коэффициента (*K<sub>i</sub>*)

Компонент смеси	Раствор			<i>K<sub>i</sub></i>
	A	B	C	
Индол-3-уксусная кислота	61.0	30.5	15.25	0.021767
Абсцизовая кислота	2.6	1.3	0.65	0.003909
Гибберелловая кислота	3.0	1.5	0.75	0.001802
Зеатин	3.5	1.75	0.875	0.006606
Зеатин-рибозид	2.25	1.125	0.5625	0.000462
Изопентиниладенин	3.5	1.75	0.875	0.005577
Изопентиниладенин-рибозид	0.8	0.4	0.2	0.000292
Гексадекан	0.77	0.385	0.1925	0.002306

сти в технологии пробоподготовки для количественного определения ФГ методом ГЖХ-МС.

**Материалы и методы**

**Растительный материал.** В качестве объекта исследований при оптимизации условий подготовки проб к определению ФГ использовали ростки *Avena sativa* L., выращенные из семян на торфо-песчаном субстрате (2:1, v/v) в течение пяти дней при 18-22 °С в условиях закрытого грунта. Надземную часть растений срезали и после взвешивания фиксировали горячим метанолом в стеклянных колбах при гидромодуле, равном 10. Одновременно были отобраны пробы с тройной повторностью от 6 до 13 г (точная навеска).

**Стандартные образцы ФГ.** Все стандартные образцы ФГ были приобретены у корпорации Sigma-Aldrich и любезно предоставлены для калибровки аналитической аппаратуры руководством ООО «Гринтек» (Москва), а именно генеральным директором В.В. Моховым и главным технологом Е.В. Фомичевой. Все стандартные вещества соответствовали квалификации «хч» (массовая доля компонентов в пределах 98-99 %).

**Подготовка растворов рабочих стандартных образцов (РСО) ФГ.** В качестве РСО для калибровки аналитической аппаратуры использовали химически чистые вещества: ИУК (1), АБК (2), ГА<sub>3</sub> (3), ЗН (4), ЗН-Р (5), ИПА (6), ИПА-Р (7). Навески веществ в количестве 0.16-12.20 мг, отобранные с точностью до 0.01 мг, помещали в пробирку Эппендорфа и микродозатором «Биохит-1000» вносили 200 мкл силирующей смеси (пиридин:триметилхлорсилан:N,О-бис(триметилсилил)-трифторацетамид в соотношении 2:1:2 v/v/v) и микрошприцем «Газохром 101» вводили 0.1 мкл гексадекана (ВС). Синтез триметилсилированных производных (ТМСП) ФГ осуществляли в течение 30 мин. при комнатной температуре с активацией процесса ультразвуком. Микропробирку с реакционной смесью выдерживали 20-30 с в ультразвуковой ванне УЗВ-150. Непосредственно по истечении указанного времени осуществляли ГЖХ и ГЖХ-МС анализ полученной смеси силированных ФГ. Из полученного раствора А отбирали в пробирку Эппендорфа аликвоту 100 мкл, разбавляли во второй пробирке Эппендорфа в два раза также силирующей смесью. Из полученного раствора В также отбирали аликвоту 100 мкл и в третьей пробирке готовили двукратным разбавлением раствор С (табл. 1). Для получения калибровочных кривых зависимости концентрации компонентов в смеси от интегральной интенсивности хроматографического сигнала все полученные растворы анализировали три раза методом ГЖХ. Для всех компонентов смеси указанная зависимость описывается уравнением:

$$Y_i = K_i \cdot X_i,$$

где *Y<sub>i</sub>* – концентрация *i*-того компонента в смеси, мкг/см<sup>3</sup>, *X<sub>i</sub>* – интегральная интенсивность хроматографического сигнала, мВ·с, *K<sub>i</sub>* – калибровочный коэффициент (табл. 1).

**Экстракция и пробоподготовка к ГЖХ-МС анализу ФГ.** Фиксированные пробы выдержали 24 ч в

темноте при комнатной температуре. Первичный экстракт декантировали, к растительному материалу в колбах снова приливали горячий метанол (гидромодуль 10) и гомогенизировали блендером. Гомогенат настаивали 1 ч и центрифугировали. Супернатант объединяли с первичным экстрактом, концентрировали в вакууме на роторном испарителе ИР-1М при температуре не более 40 °С. Высушенный экстракт темно-зеленого цвета диспергировали в 3 мл метанола, затем приливали 30 мл диэтилового эфира и обрабатывали смесь ультразвуком в ванне УЗВ-150 в течение 2 мин., полученную эмульсию разделяли центрифугированием. Супернатант, содержащий ФГ, растворенные в диэтиловом эфире, концентрировали досуха в вакууме. Остаток диспергировали в 40 мл бидистиллированной воды и фильтровали через концентрирующий патрон Диапас-NH<sub>2</sub> с применением манифолда. Фильтрат отбрасывали. Сопутствующие примеси к ФГ элюировали с сорбента в патроне смесью 5 мл хлороформ:изо-пропанол (2:1, v/v), а фракцию ФГ элюировали с сорбента в патроне 10 мл диэтилового эфира, содержащего 2 % уксусной кислоты. Полученный раствор ФГ концентрировали в вакууме досуха, диспергировали в 2 мл метанола с последующим добавлением 8 мл бидистиллированной воды и дополнительно очищали твердофазной экстракцией на концентрирующем патроне «Диапак-130 С16Т». Фильтрат из патрона отбрасывали и ФГ элюировали 50%-ным метанолом, содержащим 2 % уксусной кислоты. Полученный раствор ФГ концентрировали в колбе объемом 5 мл в вакууме досуха, вводили в колбу 0.1 мкл внутреннего стандарта (гексадекан) и 200 мкл силирующей смеси (пиридин:триметилхлорсилан:N,О-бис(триметилсилил)-трифторацетамид в соотношении 2:1:2 v/v/v). Синтез ТМСП ФГ осуществляли в течение 30 мин. при комнатной температуре с активацией процесса ультразвуком. Колбу с реакционной смесью выдерживали 20-30 с в ультразвуковой ванне УЗВ-150. По истечении указанного времени осуществляли ГЖХ- и ГЖХ-МС-анализ полученной смеси силированных ФГ.

**Газо-жидкостная хроматография – масс спектрометрия.** ГЖХ-анализ триметилсилированных ФГ осуществляли на хроматографе «Кристалл 2000М» (ОАО «Хроматек»), оснащенном капиллярной аналитической колонкой длиной 25 м, диаметром внутренним 0.2 мм, с нанесенной неподвижной фазой SE-54, пламенно-ионизационным детектором. Условия анализа: газ-носитель – гелий, объем вводимой

в испаритель пробы 1 мкл, температура испарителя 280 °С, деление потока в испарителе 1/70, температура детектора 280 °С, режим линейного роста температуры термостата колонки от 130 до 280 °С со скоростью 3 °С/мин. с последующей изотермой 10 мин. при 280 °С. Продолжительность анализа 60 мин. Математическую обработку данных ГЖХ-анализов выполняли с помощью компьютерной программы «Хроматэк Аналитик» (СКБ «Хроматэк», Марий Эл). Вычисление содержания индивидуальных ФГ в сыром растительном материале осуществляли по методу внутреннего стандарта с учетом калибровочных коэффициентов  $K_i$  по формуле:

$$C \text{ (мг/г)} = \frac{K_i \cdot X_i \cdot m_{st} \cdot V}{K_{st} \cdot X_{st} \cdot m \cdot V_a}$$

где  $K_i$  – калибровочный коэффициент (табл. 1),  $X_i$  – интегральная интенсивность хроматографического сигнала  $i$ -того компонента смеси, мВ·с;  $m$  – масса навески растительного сырья, г;  $m_{st}$  – масса внутреннего стандарта в пробе, мг;  $V$  – объем пробы, 200 мкл;  $V_a$  – объем пробы, введенной для анализа в колонку, 1 мкл.

Хромато-масс-спектрометрический анализ ФГ осуществляли на хромато-масс спектрометре «TRACE DSQ» фирмы «Thermo Electron», оснащенном капиллярной аналитической колонкой корпорации Thermo Electron длиной 60 м и диаметром 0.32 мм. Неподвижная фаза – полифенилметилсиликон, содержащий 5 % фенильных групп и 95 % метильных групп. Толщина неподвижной фазы – 0.25 мкм. Деление потока гелия на входе в испарителе – 1:30. Масс-селективный детектор – DSQ. Ионизация электронным ударом, энергия электронов 70 эВ, регистрация положительных ионов, сканирование 50-800 Дальтон. Библиотека, использованная для идентификации структуры соединений: NIST MS Search. Температура детектора 200 °С. Время анализа 60 мин. Анализ ФГ осуществляли инжектированием в испаритель пробы в объеме 1 мкл.

### Результаты и их обсуждение

Количественное определение ФГ в органах растений и биохимический мониторинг пула ФГ и в настоящее время остается сложной проблемой для исследователей. Это обусловлено как особенностями физико-химических свойств ФГ, так и уровнем технического оснащения исследовательских центров. В целом, ФГ – это химически лабильные соединения, подвержены деградации при автоферментации и в процессе экстракции и концентрирования из растительного материала, содержатся в органах растений в малых и сверхмалых количествах (на уровне мкг/г – пкг/г сырья). В этой связи нами в данной работе апробирован потенциал сравнительно нового аналитического оборудования, имеющегося в Институте биологии Коми НЦ УрО РАН, а именно газо-жидкостно-хроматографа «Кристалл 2000 М» и хромато-масс спектрометра «TRACE

GC ULTRA-DSQ» для идентификации структуры ФГ и их количественного определения в растениях.

Биологической моделью для оптимизации условий определения ФГ выбраны пятидневные ростки *Avena sativa*. По экспериментальным данным, полученным в процессе оптимизации условий пробоподготовки, совершенно неприемлемо применение различных вариантов жидкостно-жидкостной экстракции с целью обогащения пробы ФГ. Нами экспериментально доказано, что применение даже самых малополярных растворителей, например, гексана для очистки фракции ФГ от пигментов и растительного воска приводит к достоверно значимым потерям части ФГ вместе с гексановой фракцией. В связи с этим в качестве основы технологии пробоподготовки в данной работе была принята схема А. Мюллера с соавторами [4] с нашими небольшими изменениями (рис. 2). Ключевой стадией в схеме концентрирования и очистки фракции ФГ является их твердофазная экстракция (ТФЭ) последовательно на концентрирующем патроне (КП), содержащем сорбент с *n*-пропиламиновым функциональным покровом пор, и далее на КП, содержащем сорбент с *n*-гексадецилсилановым функциональным покровом пор. На КП происходит освобождение фракции ФГ от сахаров, аминокислот, хлорофилла, солей минеральных кислот, каротиноидов, агликонов флавоноидов, терпеноидов, солей органических кислот. Указанная технология пробоподготовки позволяет концентрировать ФГ в пробе для ГЖХ от 20 до 60 раз.

Отличительная особенность предложенной технологии пробоподготовки от схемы Мюллера заключается в том, что вместо метилирования ФГ подвергали силированию с получением термостабильных и пригодных для ГЖХ-анализа ТМСП ФГ.

Экспериментально было установлено, что ТМСП некоторых стандартных образцов ФГ (ИУК, ИПА и ГА<sub>3</sub>) регистрируются на хроматограммах в виде парных пиков, отражающих изомерный состав исходных ФГ или продуктов дериватизации (рис. 3). Это в некоторой степени усложняет как математическую обработку данных анализа, так и достоверную

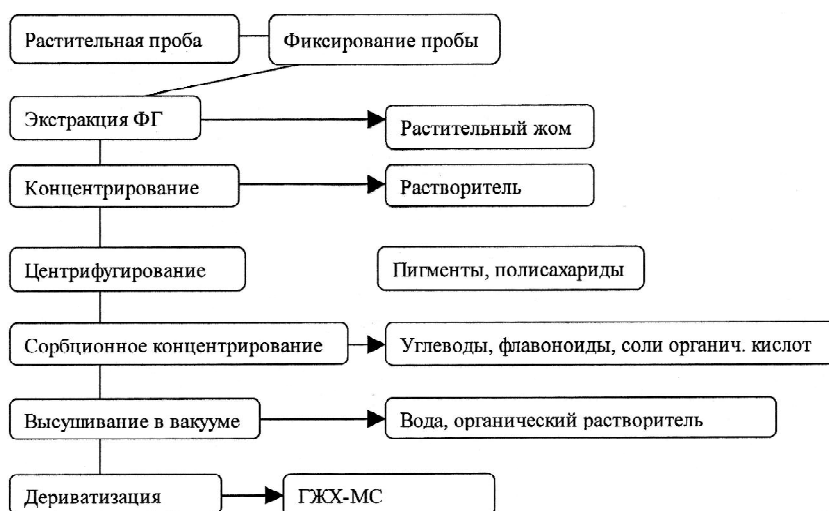


Рис. 2. Схема подготовки растительной пробы к определению фитогормонов методом газо-жидкостной хроматографии–масс-спектрометрии.

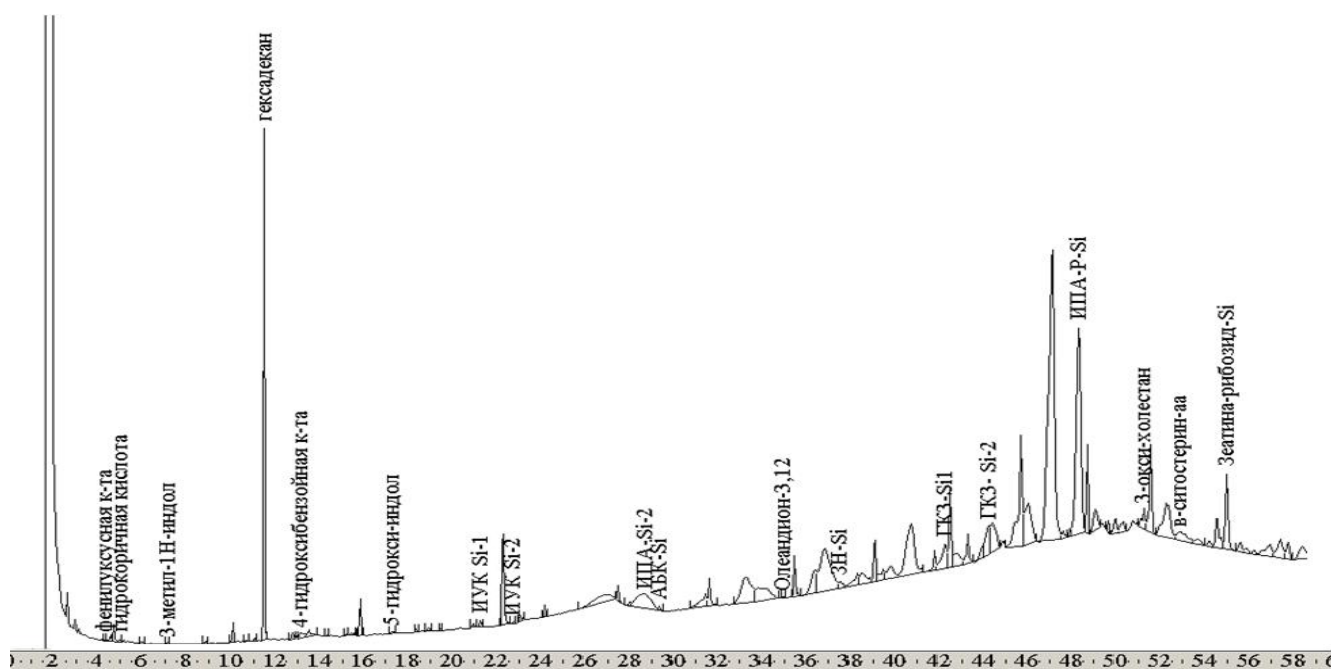


Рис. 3. Хроматограмма триметилсилированных производных фитогормонов *Avena sativa*. По оси абсцисс: время хроматографического удерживания компонентов в аналитической колонке, мин. По оси ординат: интенсивность хроматографического сигнала, мВ.

идентификацию ФГ в экстрактивных веществах растений методом ГЖХ-МС.

Хроматограмма концентрированной смеси ТМСП ФГ (рис. 3), полученной из 5.9950 г ростков растения *Avena sativa*, свидетельствует, что даже после многостадийной очистки фракция ФГ представляет собой сложную смесь органических соединений. В ней преобладают сопутствующие ФГ экстрактивные вещества ростков *A. sativa*. Массовая доля суммы ФГ, вычисленная по методу внутренней нормализации, в анализируемой смеси ТМСП ФГ составляет всего 18.3 %. Согласно полученным данным (рис. 4), в экстрактивных веществах ростков растения преобладают кинетины (ИПА, ИПА-Р, ЗН, ЗН-Р). Эндогенные ауксины (ИУК) и гибберелловые

кислоты содержатся практически в одинаковых количествах, а абсцизовая кислота обнаруживается лишь в минорных по сравнению с остальными ФГ количествах. По данным литературы [1], подобное соотношение ФГ свидетельствует о том, что органы растений, отобранные для анализа, находились в стадии интенсивного роста и не испытывали дефицита влаги, минерального питания, освещения.

Химическая структура ФГ и мажорных сопутствующих компонентов экстрактивных веществ растения была идентифицирована методом ГЖХ-МС. Следует отметить, что прямая идентификация химической структуры ФГ методом ГЖХ-МС в пробе даже после концентрирования и дериватизации затруднена из-за малого их содержания в анализе.

Поэтому нам пришлось применить метод «свидетелей». В этом случае к нативной смеси ФГ *A. sativa* вносили РСО ФГ примерно в равных количествах и после этого синтезировали ТМСП ФГ. Полученный образец анализировали методом ГЖХ-МС (рис. 5). Все ФГ под действием электронного удара претерпевают строго специфичную, зависящую от химической структуры, фрагментацию на дочерние ионы (табл. 2). Вместе с тем, в МС ТМСП ФГ во всех случаях обнаруживаются ионы с массой 73 у.е., соответствующие триметилсилильным катионам. Кроме того, ТМСП кинетинов также подвержены фрагментации с образованием одинаковых по массе и структуре дочерних ионов (табл. 2), свидетельствующих о наличии в их структуре аденинового скелета. Зарегистрированные МС ФГ идентичны спектрам соединений в электронной библиотеке NIST MS Search.

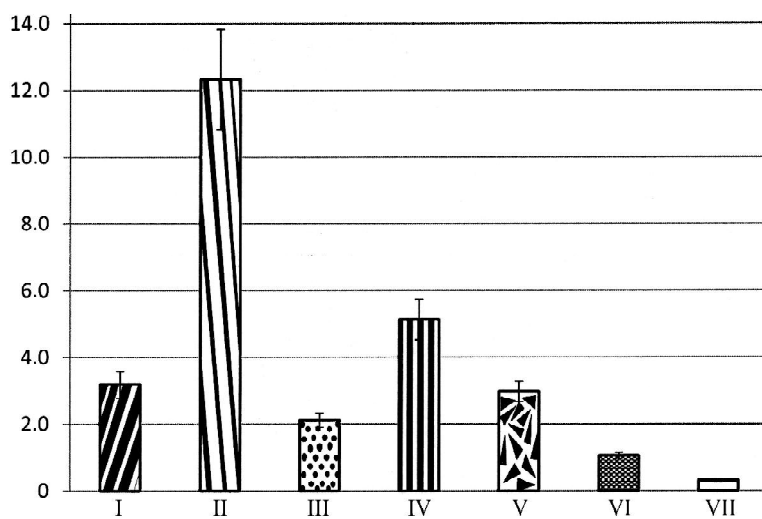


Рис. 4. Компоненты фракции фитогормонов *Avena sativa*: индол-3-уксусная кислота (I), изопентениладенин (II), зеатин (III), гибберелловая кислота (IV), изопентениладенин-рибозид (V), зеатин-рибозид (VI), абсцизовая кислота (VII) и их содержание в анализируемой пробе, мкг/г свежей растительной пробы.

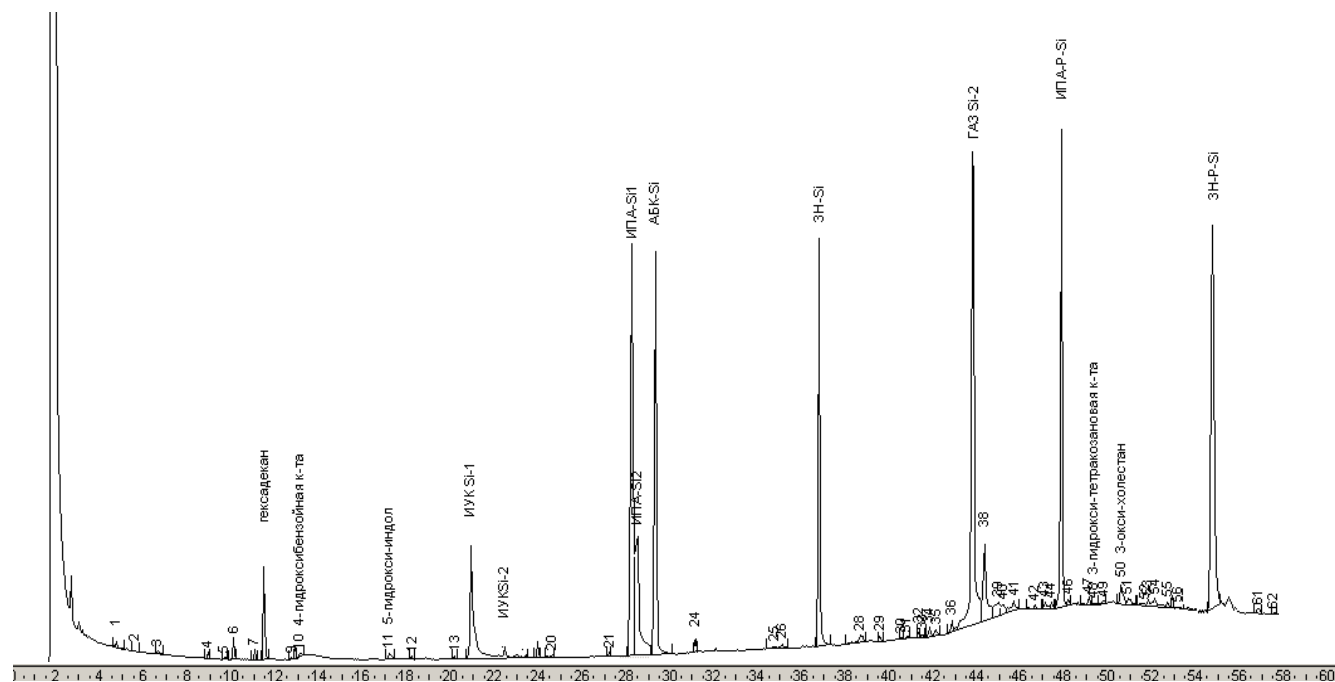


Рис. 5. Хроматограмма смеси нативных и экзогенных фитогормонов после синтеза триметилсилированных производных. По оси абсцисс: хроматографическое удерживание компонентов в аналитической колонке, мин. По оси ординат: интенсивность хроматографического сигнала, мВ.

Таблица 2

**Фрагментация молекулярных ионов триметилсилированных производных фитогормонов под действием электронного удара при масс-спектрометрии**

Фитогормон	M <sup>+</sup>	Значения масс дочерних положительных ионов
Индол-3-уксусная кислота	275	260, 247, 232, 220, 207, 206, 202, 192, 165, 160, 130, 103, 75, 73
Зеатин	291	276, 220, 207, 202, 188, 186, 185, 174, <b>160</b> , 156, 148, <b>136</b> , <b>119</b> , 108, 93, 75, 73, 67, 59
Изопентиниладенин	202	<b>160</b> , <b>136</b> , <b>119</b> , 75, 73, 57, 55
Абсцизовая кислота	263	246, 231, 218, 205, 190, 167, 162, 134, 111, 91, 77, 75, 65, 56, 41
Гибберелловая кислота	562	547, 717, 472, 445, 427, 399, 355, 311, 296, 281, 221, 207, 193, 179, 157, 147, 141, 133, 75, 73
Зеатин-рибозид	—	504, 429, 382, 343, 291, 201, <b>160</b> , <b>136</b> , <b>119</b> , 75, 73, 55
Изопентиниладенин-рибозид	551	479, 318, 276, 230, <b>160</b> , 129, 103, 75, 73

Примечание: прочерк – сигнал молекулярного иона в масс-спектрах не регистрируется из-за низкой интенсивности. Выделены одинаковые по массе и структуре дочерние ионы.

**Заключение**

Результаты полученных экспериментальных исследований позволяют утверждать, что методы ГЖХ и ГЖХ-МС пригодны для количественного определения ФГ в растительных образцах, фиксированных горячим метанолом и подвергнутых пробоподготовке по модифицированной нами методике А. Мюллера. Вместе с тем, существенным недостатком предложенной технологии пробоподготовки для ГЖХ-анализа ФГ является ее продолжительность и трудоемкость, а также нестабильность ТМСП ФГ при хранении.

Авторы работы выражают сердечную признательность генеральному директору ООО «Гринтек» Виктору Валентиновичу Мохову и главному технологу Елене Викторовне Фомичевой за обеспечение исследований РСО фитогормонов и инициацию данной работы в отделе Ботанический сад.

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Кефели В.И. Природные ингибиторы роста и фитогормоны. М.: Наука, 1974. С. 16-49.
2. Иммуноферментная система для определения цитокининов / Г.Р. Кудоярова, С.Ю. Веселов, Н.Н. Каравайко и др. // Физиология растений, 1990. Т. 37, № 1. С. 193-199.
3. Таланова В.В., Кудоярова Г.Р., Тимов А.Ф. Динамика содержания эндогенных АБК и ИУК в листьях растений огурца при тепловой адаптации // Иммуноферментный анализ регуляторов роста растений. Применение в физиологии растений и экологии. Уфа, 1990. С. 89-97.
4. Muller A., Duchting P., Weiler E.W. A multiplex GC-MS/MS technique for the sensitive and quantitative single-run analysis of acidic phytohormones and related compounds, and its application to *Arabidopsis thaliana* // Planta, 2002. Vol. 216. P. 44-56.
5. Separation of plant hormones from biofertilizer by capillary electrophoresis using a capillary coated dynamically with polycationic polymers // Ting-Fu Jiang, Zhi-Hua Lv, Yuan-Hong Wang et al. // Analyt. Sci., 2006. Vol. 22. № 6. P. 811-814. ❖

ИЗУЧЕНИЕ СТОКА СУХИХ АЭРОЗОЛЕЙ В ЛЕСНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ

**Введение**

В последнее время пришло понимание опасности, связанной со все возрастающим загрязнением атмосферного воздуха тонкодисперсной пылью, выделяющейся при сжигании угля, автомобильного топлива, горении биомассы [6, 11]. Известно, что частицы тонкодисперсной пыли с  $r < 1.0$  мкм представляют наибольшую гигиеническую опасность, поскольку легко проникают в органы дыхания и кровообращения. Кроме того, из-за своих ультрамалых размеров они не задерживаются фильтрами датчиков контроля и пылеулавливающими установками. Это обуславливает необходимость совершенствования методов аналитического контроля и мониторинга загрязненности воздуха тонкодисперсной пылью.

Цель данной работы – показать результаты апробации нового способа сбора сухих аэрозолей, а также обсудить методические аспекты изучения их качественного состава с использованием ЭПР-спектроскопии.

**Сущность способа**

Основное отличие способа сбора аэрозолей от традиционного аспирационного заключается в том, что во внутреннем объеме специально сконструированного устройства создаются условия для пассивного осаждения сухих аэрозолей на поверхность химически инертного порошкового субстрата за счет турбулентной диффузии частиц из потока воздуха. Это обеспечивает естественный механизм осаждения аэрозольных частиц размером 0.1-10.0 мкм. Взаимодействие подобных частиц как между собой в воздушном потоке, так и с поверхностью субстрата при осаждении определяется ван-дерваальсовыми силами. Известно, у поверхности скорость воздушного потока сильно изменяется (за счет его трения о поверхность), образуется так называемый «пограничный слой». Поскольку воздух «прозрачен» для солнечной радиации, его температура зависит от нагрева частиц. В свою очередь, их нагрев контролируется интенсивностью солнечной радиации. При этом чем больше частиц в пограничном слое, тем выше его температура, тем активней идет молекулярное перемешивание: при нагреве частиц

часть их кинетической энергии передается молекулам воздуха. Число соударений возрастает, и частицы могут контактировать с поверхностью и удерживаться на ней. Силы, которые обеспечивают такой контакт, называются адгезией (прилипание). Явление адгезии относится к числу поверхностных явлений, т.е. к таким, которые возникают на границе соприкасающихся фаз [7]. Адгезии всегда предшествует адсорбция, сопровождающаяся изменением концентрации вещества на границе раздела фаз. Процесс идет на различных межфазовых поверхностях, и адсорбироваться могут любые вещества. При этом адсорбционное равновесие, т.е. равновесное распределение вещества между пограничным слоем и граничащими фазами является динамичным равновесием и быстро устанавливается [1].

Если силы взаимодействия между двумя частицами больше, чем при взаимодействии между частицей и поверхностью, то в пограничном слое за счет аутогезии происходит укрупнение частиц. В этом случае на осаждение частиц в пограничном слое начинают влиять уже силы гравитации. Данному процессу способствует то, что при контакте аэрозольных частиц между ними образуется прослойка жидкости за счет капиллярной конденсации, т.е. конденсации паров в жидкость при давлении, которое меньше давления насыщенного пара. Необходимым условием для образования капиллярной прослойки является гидрофильность контактирующих поверхностей. Проявление капиллярности в зоне контакта частиц может уже наблюдаться при относительной влажности воздуха более 50 %, а при влажности 70 % именно капиллярные силы обуславливают величину адгезии частиц [7]. Адгезионное взаимодействие частиц и смачиваемость их поверхности осуществляются за счет молекулярно-поверхностных процессов.

Кроме того, известно, что большинство твердых поверхностей состоит из участков различной активности [1], так что обычные поверхностные реакции на твердых телах протекают преимущественно на локализованных



**М. Тентюков**

«активных адсорбционных участках», которые для каждого вещества могут быть на разных частях поверхности. Следовательно, поверхность минерального зерна по отношению к сухим аэрозольным выпадениям является химически неоднородной: то, что является активным участком для одного

вещества, не будет обязательно таковым и для другого. Присутствие на поверхности двух и более твердых веществ усиливает химическую неоднородность поверхности, что значительно повышает ее адсорбционные свойства [1]. Поэтому в качестве депонирующего субстрата для сбора сухих аэрозолей были использованы химически инертные тонкодисперсные минеральные порошки, для которых характерно наличие большой площади активной поверхности. В этом случае естественным образом обеспечивается пассивное осаждение сухих аэрозолей нужной размерности на поверхность субстрата.

**Описание устройства**

Устройство для сбора сухих аэрозолей (рис. 1) включает контейнер (6), выполненный из материала, обладающего высокой теплоемкостью и химически инертного к атмосферным

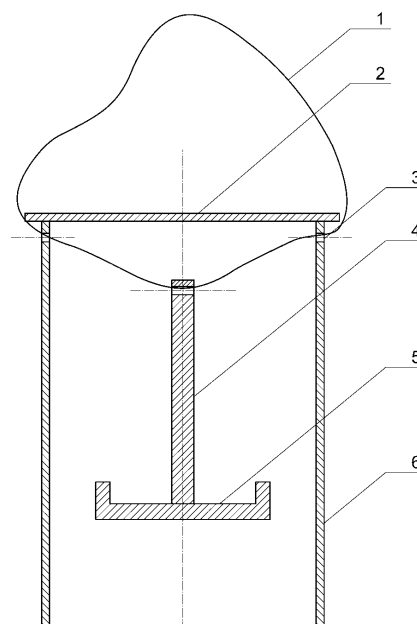


Рис. 1. Устройство для сбора сухих аэрозолей. Пояснения в тексте.

**Тентюков Михаил Пантелеймонович** – к.г.н., с.н.с. отдела радиозоологии. Тел. (8212) 43 63 01. Область научных интересов: геохимия атмосферы, геохимия ландшафтов.

Массовые концентрации тяжелых металлов в составе сухих аэрозолей  
(в пересчете на 1 г сорбента, в мг/кг), время экспонирования с 26 августа по 12 сентября 2006 г.

Номер	Сорбент	Cu	Δ	Zn	Δ	Ni	Δ	Mn	Δ	Cr	Δ	Fe	Δ	Al	Δ
1	MgO	7.5	1.5	3.5	0.7	1.1	0.4	1.7	0.5	7.5	1.5	19.0	5.0	12.0	3.0
2		3.9	0.8	1.5	0.3	0.9	0.3	5.0	1.5	7.6	1.5	16.0	5.0	9.3	2.4
3		1.5	0.3	2.1	0.4	1.1	0.4	25.0	7.0	7.5	1.6	17.0	5.0	9.4	2.5
4	CaCO <sub>3</sub>	3.4	0.7	6.0	1.2	2.2	0.8	0.73	0.22	0.66	0.13	10.5	2.9	21.0	5.0
5		3.9	0.8	6.3	1.3	2.3	0.8	1.3	0.4	0.63	0.13	8.1	2.3	4.5	1.2
6	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.66	0.13	10.7	2.1	0.58	0.2	+	+	0.86	0.17	43.0	12.0	–	–
Контроль															
7	MgO	1.9	0.4	1.33	0.27	1.3	0.4	2.0	0.6	9.0	1.8	23.0	6.0	17.0	4.0
8	CaCO <sub>3</sub>	2.0	0.4	5.7	1.1	2.3	0.8	0.55	0.19	0.6	0.12	7.3	2.1	3.5	0.9
9	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.57	0.11	12.1	2.4	0.69	0.24	+	+	0.85	0.17	52.0	14.0	–	–

Примечание. Прочерк – элемент не определяли. Знаком «+» отмечена концентрация ниже чувствительности.

компонентам, например, в форме полого цилиндра, усеченного конуса или многогранника с открытой нижней частью контейнера. Контейнер может быть выполнен, например, из пластмассы, дерева или композиционного материала (углепластика, металлопластмассы, стеклопластика). Верхняя часть контейнера закрыта глухой крышкой (2), снабженной выступом-козырьком, под которым по окружности сделаны отверстия (3) для формирования конвективных и турбулентных потоков воздуха внутри контейнера. В контейнер помещается круглый ложемент (5), неподвижно прикрепленный к нижней части штока (4). Материал ложемент с целью обеспечения градиента температур должен иметь более низкую теплоемкость, нежели материал, из которого выполнен контейнер. На ложементе тонким слоем укладывается химически инертный тонкодисперсный порошковый субстрат, обладающий высокой удельной активной поверхностью. Контейнер и шток с ложементом подвижно прикреплены к приспособлению (1) для фиксации устройства при развешивании, выполненного в виде петли из капроновой нити, что позволяет производить замену порошкового субстрата не снимая устройства.

**Методика**

Для экспериментальной проверки заявляемого способа был организован сбор сухих аэрозолей на ключевом участке, расположенном в пригородной зеленой зоне, который осуществлялся следующим образом. В пределах участка на деревьях и кустарниках на высоте 0.6-2.0 м развешивают

ся устройства сбора. Через открытую нижнюю часть контейнера в устройство поступает воздух с аэрозольными частицами. Во внутреннем объеме устройства в результате действия солнечной радиации, а также из-за различий теплоемкости материалов ложемент и контейнера возникает температурный градиент. Наличие градиента температур обеспечивает во внутреннем объеме устройства возникновение условий для формирования конвективных и турбулентных воздушных потоков.

В качестве субстрата использованы химически инертные тонкодисперсные порошки Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, MgO, CaCO<sub>3</sub> (все порошки марки ХЧ). Порошок (300-500 мг) насыпали тонким слоем на ложемент, помещенный внутрь устройства, которое защищало их от атмосферных осадков. Всего было установлено девять устройств на участке. Время экспонирования составило 18 дней.

Химический анализ осуществляли в аналитической лаборатории «Экоаналит» Института биологии Коми НЦ УрО РАН (аттестат аккредитации № РОСС RU.0001.511257)<sup>1</sup>. Подготовка проб к анализу включала следующее. Навески порошка-сорбента обрабатывали растворами азотной кислоты (ω(HNO<sub>3</sub>) = 72 %) и пероксида водорода (ω(H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) = 30 %) в объемном соотношении 10:1 под давлением до 8 атм. при воздействии СВЧ-излучения (на СВЧ-минерализаторе «Минотавр»). В экстрактах содержание металлов определяли атомно-эмиссионным методом с индуктивно связанной плазмой. Для учета химической неоднородности сорбционного материала

в каждую партию анализируемого материала включали «холостые» пробы – порошок из той же емкости, что и порошок, насыпанный в ложемент в устройстве для сбора сухих аэрозолей. В качестве сравниваемого параметра был выбран показатель, характеризующий отношение массовой концентрации металла-индикатора (мг/кг) в пересчете на 1 г порошка.

В качестве контроля эффективности адсорбции использовали ЭПР-регистрацию. Спектры ЭПР<sup>2</sup> (электронного-парамагнитного резонанса) были изучены в ЦКП «Центр спектроскопических исследований» Института геологии Коми НЦ УрО РАН на серийном радиоспектрометре SE/X-2547 (Radio-RAN, Польша) в X-частотном диапазоне с ВЧ модуляцией 100 кГц при комнатной температуре образцов. Применялся прямоугольный резонатор RX 102 с модой TE<sub>102</sub>. Пары образцов (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, MgO, CaCO<sub>3</sub>) изучены с тройной повторностью. Каждая пара это эталонный (контрольный) и экспонированный образцы одного сорбента. Навеска образцов при регистрации спектров составляла около 200 мг. Порошки помещались в кварцевую пробирку. Сигналы пробирки устранялись из полученных спектров при математической обработке спектров.

**Результаты и их обсуждение**

**Разная «чувствительность» сорбентов и колебание концентраций металлов в стоке сухих аэрозолей.** Анализ данных (см. таблицу) показывает, что концентрации металлов в стоке сухих аэрозолей сильно колеблются. Вместе с тем, за 18 дней экспо-

<sup>1</sup> Автор выражает благодарность Б.М. Кондратенку (заведующему лабораторией «Экоаналит») и Л.И. Адамовой (ведущему инженеру-химику этой же лаборатории) за выполненные анализы.

<sup>2</sup> Съемка и обработка спектров выполнены В.П. Лютоевым (Институт геологии Коми НЦ УрО РАН), которому автор выражает свою признательность.



нирования устройств содержание металлов, сорбированных на  $Al_2O_3$ , оставалось на уровне «холостой» (контроль) пробы. Показатели по другим сорбентам ( $MgO$ ,  $CaCO_3$ ) сравнительно лучше. Обращает внимание относительно высокая «чувствительность»  $MgO$  по отношению к  $Mn$ ,  $Cu$ , а  $CaCO_3$  – к  $Al$ . Однако для повышения концентрации металлов на сорбентах, очевидно, следует увеличивать период экспонирования образцов. Кроме того, чтобы достоверно оценить «чувствительность» использованных сорбентов и выявить их возможную «специализацию», необходимо расширить спектр определяемых элементов.

Отмеченные колебания концентраций металлов «внутри» одного сорбента в лесном древостое, очевидно, отражают неравномерность распределения концентрации аэрозолей в приземном слое воздуха, которая, в свою очередь, зависит от условий формирования турбулентности в пологе леса. Известно, развитие турбулентности в приземном слое воздуха определяется градиентом и суточным ходом температуры в деятельном слое (0.01-0.5 м), которые в 1.5-2.0 раза превышают эти же показатели, но регистрируемые на высоте 2 м. Такое распределение температур создает благоприятные условия для развития конвекции и турбулентности в деятельном слое. Однако в лесу роль деятельной поверхности переходит к кронам. В ясную погоду поверхность крон сильно нагревается за счет притока солнечной радиации. При этом величина нагрева лесной растительности из-за неоднородного распределения солнечной радиации в пологе леса [2] будет меняться на разных уровнях древостоя. В результате развития данного процесса в лесном древостое возникает движение воздушных потоков с направленностью как вверх, так и к земной поверхности. В последнем случае будет наблюдаться устойчивый сток аэрозолей в древесную растительность, при котором возникает высокая вероятность образования локальных (точечных) анома-

лий металлов на поверхности растений при одновременном сохранении их фоновых концентраций в приземном слое воздуха. Отсюда колебания концентраций металлов на сорбентах будут связаны с особенностями турбулентного осаждения сухих аэрозолей в пологе леса.

**ЭПР-спектроскопия сухих аэрозолей.** В спектре эталонного образца (рис. 2А, линия 1) присутствуют уширенные компоненты, которые отождествляются с линиями от ионов  $Fe^{3+}$ , локализованных в замещающих ионы алюминия структурных позициях оксида алюминия, и в аморфизованных частях вещества ( $g = 4.27$ ) [12]. Кроме

этого в области спектра  $g = 2.1$  (320 мТ) присутствует широкая полоса, происходящая от небольших количеств примесей оксидов и /или гидроксидов железа. В спектре ЭПР экспонированного образца (рис. 2А, линия 2) линии примесных ионов железа в решетке оксида алюминия остались неизменными, а интенсивность полосы примесных железосодержащих соединений несколько возросла. Заметим, что оксид алюминия относится к очень устойчивому химическому соединению и экспонирование не нарушило структуры вещества.

В спектре эталонного образца (рис. 2Б, линия 1) фиксируются секстет узких линий и одиночная узкая линия, связанные с ионами  $Mn^{2+}$  и  $Cr^{3+}$  в позициях  $Mg$  соответственно [5]. Кроме того, отмечается сложная линия с параметрами, характерными для поверхностных ион-радикалов оксония ( $O_3^-$ ). Присутствует также широкий компонент примесных окси-гидроксидных фаз железа. В экспонированном образце (рис. 2Б, линия 2) зафиксировано понижение интенсивности линий ионов оксония, примесных ионов марганца и особенно хрома. Эти изменения можно связать с гидратацией поверхности зерен  $MgO$ . Увеличение интенсивности широкой линии свидетельствует о наличии адсорбции железосодержащих соединений на поверхность вещества. Отметим, что увеличение интенсивности широкой линии не носит регулярного характера. Для некоторых экспонированных образцов зафиксирована очень интенсивная широкая полоса, в других случаях рост интенсивности сигнала незначителен. Возможно, это связано с неравномерным осаждением аэрозольных частиц на поверхность субстрата в результате турбулентной диффузии.

В спектре эталонного образца (рис. 2В, линия 1) фиксируются две системы линий, связанные с наличием в структуре вещества замещающих кальций ионов  $Fe^{3+}$  и  $Mn^{2+}$  [3]. В спектре отмечается также малоинтенсивный

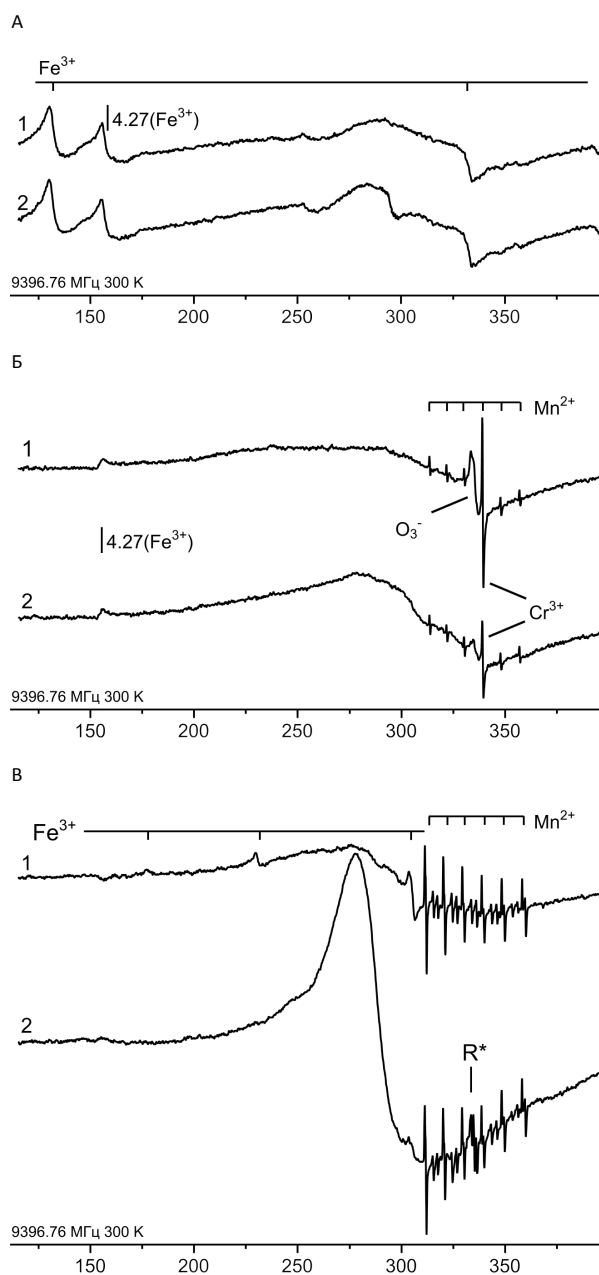


Рис. 2. Спектры ЭПР эталонного (1) и экспонированного (2) образцов для сорбентов:  $Al_2O_3$  (А),  $MgO$  (Б) и  $CaCO_3$  (В). Здесь и далее по горизонтали: напряжение магнитного поля, мТ.

широкий компонент примесных фаз железа. В экспонированном образце (рис. 2В, линия 2) интенсивность линий  $Mn^{2+}$  осталась неизменной, линии структурных ионов железа понизились в интенсивности. Возможно, ионы железа, локализованы в приповерхностных участках зерен и поэтому в отличие от марганца в большей степени зависят от загрязнения поверхности зерен. В спектре ЭПР других экспонированных проб (в которых в качестве сорбента использовались  $Al_2O_3$ ,  $MgO$ ) тоже были отмечены аналогичные сигналы.

Такая устойчивость ЭПР-сигнала может быть использована при индикации железосодержащих соединений в составе сухих аэрозолей при аэротехногенном загрязнении поверхности. Индикационная ценность железа – в его широкой распространенности, что связано с высокой способностью металла к минералообразованию<sup>1</sup>. Возможность применения ЭПР-спектроскопии для диагностики аэротехногенного загрязнения обусловлена тем, что железо в виде изоморфной примеси входит в состав нежелезистой матрицы и характеризует своим ЭПР-спектром. Это позволяет использовать его в качестве внутреннего стандарта при сравнении спектра экспонированного образца. Известно, что парамагнитное состояние возникает у магнитоупорядоченных минералов вследствие крайне малых размеров частиц. Поскольку в атмосфере образование тонкодисперсного железа вторично [10], то диагностируемый ЭПР-сигнал в сухих аэрозолях может быть связан только с тонкодисперсной железосодержащей фазой. Последнее методически важно, поскольку в тропосфере железо в виде  $Fe_2O_3$  обнаруживается в таких концентрациях, что оказывает сильное влияние на радиационные свойства атмосферы. Поэтому тонкодисперсную железосодержащую фазу рекомендуется [4] учитывать в виде отдельной фракции атмосферного аэрозоля.

Заслуживает особого внимания эффект, обнаруженный при диагностике экспонированного образца карбоната кальция ( $CaCO_3$ ) (рис. 2В, линия 2 и рис. 3, линия б). При сравнении его с эталонным (рис. 2В, линия 1 и рис. 3, линия а) отмечено появление поликомпонентного сигнала ЭПР в области свободных радикалов. Четко регистрируется только центральная часть спектра в виде пары линий с g-

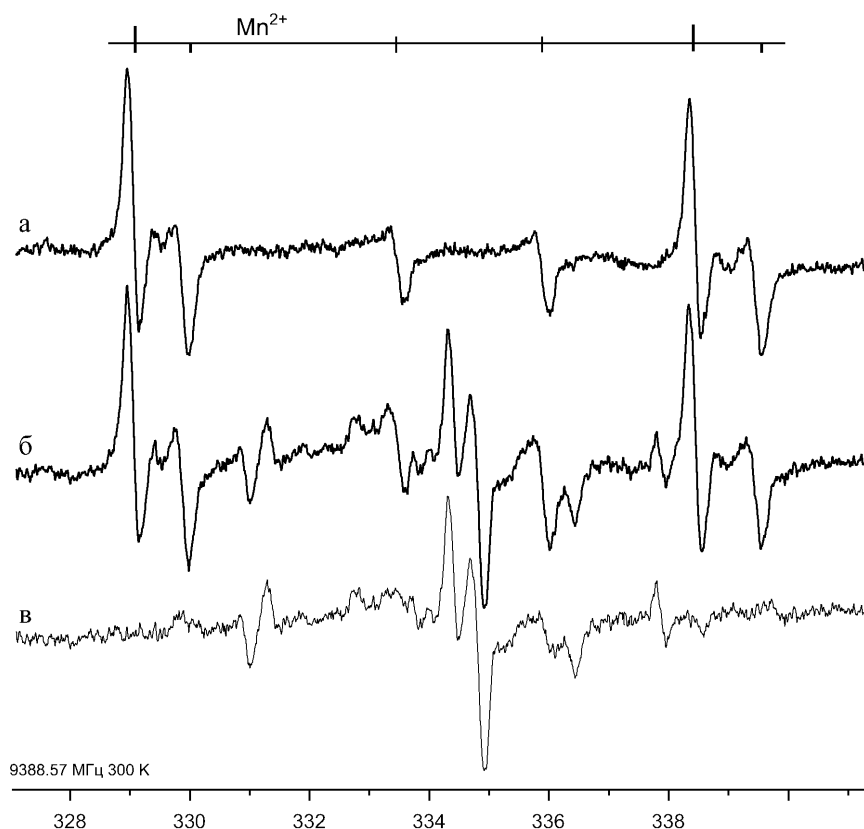


Рис. 3. Спектр ЭПР органических радикалов на поверхности  $CaCO_3$ : эталонный (а) и экспонированный (б) образцы, наведенный сигнал органических радикалов в экспонированном образце (в).

факторами 2.0059 и 2.0035. После компьютерной обработки спектра экспонированного образца проявились дополнительные компоненты (рис. 3, линия в), почти симметрично расположенные относительно центральной пары линий. Ввиду низкой интенсивности линий довольно сложно идентифицировать радикал или композицию линий, обуславливающие данный спектр. Можно предполагать, что радикал является органическим. Характерно, что отмеченный спектр наблюдался устойчиво на всех экспонированных образцах карбоната и не отмечен ни на одном из образцов других веществ. Вероятно, появление данного спектра обусловлено свободно-радикальным окислением органического вещества на поверхности субстрата с участием ионов металлов с переходной валентностью, в данном случае – марганца. Но возможно и другое – карбонат кальция обладает повышенным сродством к органическому веществу, тогда перспективно его использование в качестве сорбционной матрицы при изучении органического вещества атмосферы. Хотя это предположение требует проверки.

### Заключение

Применение атомно-эмиссионного метода с индуктивно связанной плазмой, сопряженного с ЭПР-спектроскопией, повышает информативность исследований динамики концентраций тяжелых металлов в стоке сухих аэрозолей при их поступлении в наземные экосистемы. Вместе с тем установлено, что порошковые субстраты ( $Al_2O_3$ ,  $MgO$ ,  $CaCO_3$ ) по отношению к металлам обладают разной «чувствительностью», что следует учитывать при изучении атмосферного цикла миграции тяжелых металлов и связанного с ним аэротехногенного загрязнения поверхности.

Наличие линий ЭПР структурных примесных ионов металлов в контрольных (неэкспонированных) образцах позволяет использовать их в качестве внутренних стандартов при сравнении интенсивности спектра экспонированных образцов. Кроме этого, ЭПР-диагностика сухих аэрозолей позволяет зафиксировать как адсорбированные минеральные фазы, так и органические молекулы на поверхности зерен субстрата.

Порошковые субстраты расширяют возможность исследования тонко-

<sup>1</sup> Известно свыше 300 собственных минералов железа – оксидов, сульфидов, силикатов, карбонатов, фосфатов [9].



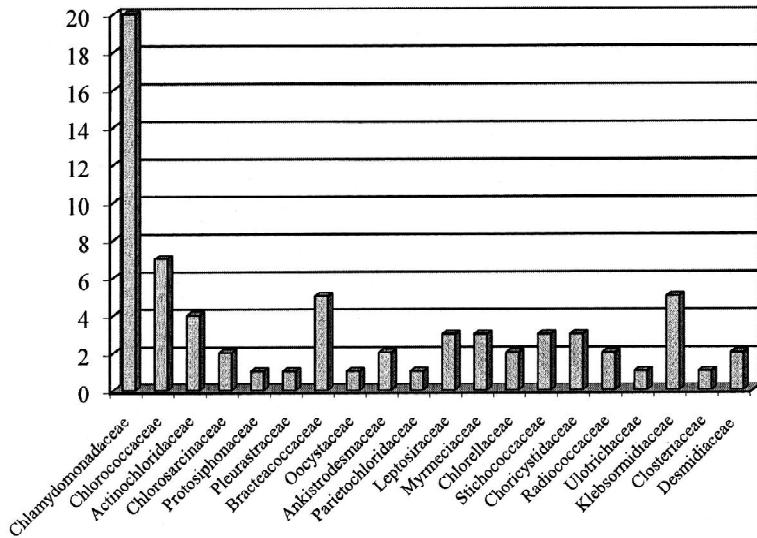


Рис. 1. Соотношение ведущих семейств зеленых водорослей ельников по числу видовых и внутривидовых таксонов.

пределения альгогруппировок от содержания в почве ряда биогенных и микроэлементов, а также индикаторные виды для участков с различной степенью техногенного воздействия выявлены с помощью программного комплекса PC-ORD [18]. Для обнаружения сходства видового состава альгогруппировок разных типов хвойных лесов использован коэффициент Сьеренсена-Чекановского, рассчитанный с помощью программного модуля «GRAPHS» [6].

Всего в почвах исследованных еловых лесов обнаружено 65 видов зеленых водорослей (69 разновидностей, включая номенклатурный тип вида) из четырех классов, 12 порядков, 20 семейств, 27 родов. Ведущими семействами являются Chlamydomonadaceae, Chlorococcaceae, Bracteacoccaceae, Klebsormidiaceae (рис. 1), первые три всегда входят в комплекс преобладающих в почвах хвойных фитоценозов [1, 13, 15]. Наибольшим видовым разнообразием зеленых водорослей отличаются ельники чернично-зеленомошные, ельник хвощево-черничный и ельник кислично-зеленомошный. На уровне родов наблюдается высокое разнообразие видов рода Chlamydomonas, а также Chlorococcum и Klebsormidium. К активно вегетирующим видам относятся *Chlamydomonas gloeogama* Korsch. in Pasch., *Chlorella vul-*

*garis* Beijer., *Stichococcus minor* Nag., *Pseudococcomyxa simplex* (Mainx) Fott, *P. cf. cho-datii* (Jaag) Kostikov, Darienko et Hoffmann.

В ельниках, не испытывающих антропогенное воздействие, обнаружено 59 видов из 16 семейств и 21 рода. Большинство видов выявлено из семейств Chlamydomonadaceae, Chlorococcaceae и Klebsormidiaceae. Высокую частоту встречаемости (100 %) в почвах фоновых участков имели *Chlamydomonas gelatinosa* Korsch. in Pasch., *C. gloeogama*, *C. reinhardtii* Dang., *Chlorococcum infusionum* (Schrank) Menegh., *Chlorella vulgaris*, *Klebsormidium nitens* (Menegh. in Kutz.) Lokhorst, *Tetracystis aggregata* Brown et Bold, *Stichococcus bacillaris* Nag.

На исследованных участках отмечено 15-38 видов почвенных водорослей. В почвах ельников, расположенных в зонах с высокой степенью аэротехногенного загрязнения, обнаружено 55 видов водорослей из 18 семейств и 22 родов. Большинство видов выявлено из семейств Chlamydomonadaceae и Chlorococcaceae. Высокую частоту встречаемости (100 %) в почвах имели *Chlamydomonas elliptica* Korsch. in Pasch., *Chlorella vulgaris* и *Myrmecia incisa* Reisingl. На исследованных участках отмечено 15-25 видов водорослей. Невысокое разнообразие водорослей еловых лесов в первую очередь связано с бедностью подзолистых почв биогенными элементами и их высокой кислотностью. В верхних горизонтах изученных еловых фитоценозов показатели  $pH_{вод}$  находились в диапазоне 4.05-5.14. На формирование видового богатства водорослевых сообществ значительное влияние оказывает также содержание в почвах углерода и азота, соотношение которых отражает показатель C/N. Для подзолистых почв он находится в пределах 20 [4]. В почвах фоновых участков зарегистрированы небольшие отклонения от этого значения, в почвах с интенсивным аэротехногенным загрязнением наблюдался больший разброс величин.

Под влиянием аэротехногенного загрязнения не наблюдается заметного уменьшения числа видов Chlorophyta по сравнению с водорослями из других отделов, что связано с их широким аппаратом приспособительных признаков к неблагоприятным условиям. В загрязненных почвах по сравнению с фоновыми несколько уменьшается число видов из семейств Actinochloridaceae, Myrmeciacae и рода Macrochloris, увеличивается видовое разнообразие из семейства Chlorosarcinaceae. С помощью программного комплекса PC-ORD выявлены виды-индикаторы (с уровнем значимости выше 0.05) для еловых лесов фоновой территории (*Chlamydomonas gelatinosa*, *Tetracystis aggregata*, *T. dissociata* Brown et Bold, *Pseudopleurococcus botryoides* Snow, *Myrmecia bisecta* Reisingl) и для ельников, расположенных в условиях аэротехногенного загрязнения (*Actinochloris sphaerica* Korsch.).

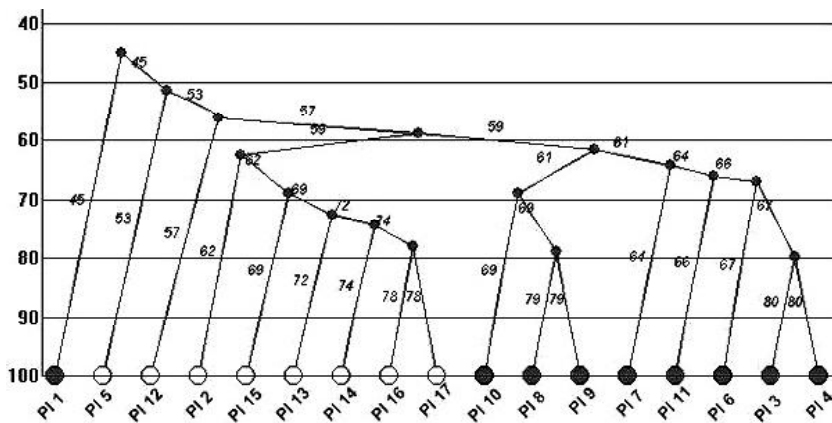


Рис. 2. Дендрограмма сходства видового состава зеленых водорослей исследованных еловых лесов. По горизонтали. Здесь и далее: 1-17 – номера обследованных участков; по вертикали: коэффициент Сьеренсена-Чекановского, %.

Для альгогруппировок зеленых водорослей всех обследованных сообществ фоновых и аэротехногенно загрязненных участков отмечено относительно высокое сходство систематического состава: коэффициент Сьеренсена-Чекановского составляет более 45 % (рис. 2). По рассчитанному коэффициенту обособляются две группы кластеров. Первый кластер включает группировки зеленых водорослей фоновых участков. Второй кластер – участки, испытывающие аэротехногенное загрязнение. Исследованные участки имеют сходные типы ассоциаций и физико-химические параметры почв. Максимальная отрицательная корреляция, рассчитанная с помощью программы PC-ORD, наблюдалась между видовым разнообразием почвенных водорослей и содержанием тяжелых металлов Cd, Ni, а также Ca, pH<sub>H<sub>2</sub>O</sub> в верхних горизонтах почв (рис. 3). Аэротехногенное загрязнение вызывает изменение структуры ведущих семейств и родов зеленых водорослей. Таксономическое разнообразие и структура Chlorophyta, их доминантный комплекс изменяется на участках с повышенным содержанием тяжелых металлов. Эти участки расположены в зонах влияния Кирово-Чепецкого химического комбината, объекта хранения и уничтожения химического оружия, а также в районе влияния городов Киров и Слободской – т.е. на участках с наиболее высокой степенью аэротехногенного загрязнения.

Таким образом, проведенное исследование еще раз подтверждает высокую устойчивость зеленых водорослей не только к неблагоприятным экологическим условиям еловых лесов, но и к аэротехногенному загрязнению.

**ЛИТЕРАТУРА**

1. *Алексахина Т.И., Штина Э.А.* Почвенные водоросли лесных биогеоценозов. М.: Наука, 1984. 149 с.
2. *Андреева В.М.* Почвенные и аэрофильные зеленые водоросли (Chlorophyta: Tetrasporales, Chlorococcales, Chlorosarcinales). СПб., 1998. 352 с.
3. Водорості ґрунтів України (історія та методи дослідження, система, конспект флори) / *І.Ю. Костіков, П.О. Романенко, Е.М. Демченко* и др. Київ, 2001. 300 с.
4. *Дюшофур Ф.* Основы почвоведения. Эволюция почв (опыт изучения динамики почвообразования). М.: Прогресс, 1970. С. 155-156.

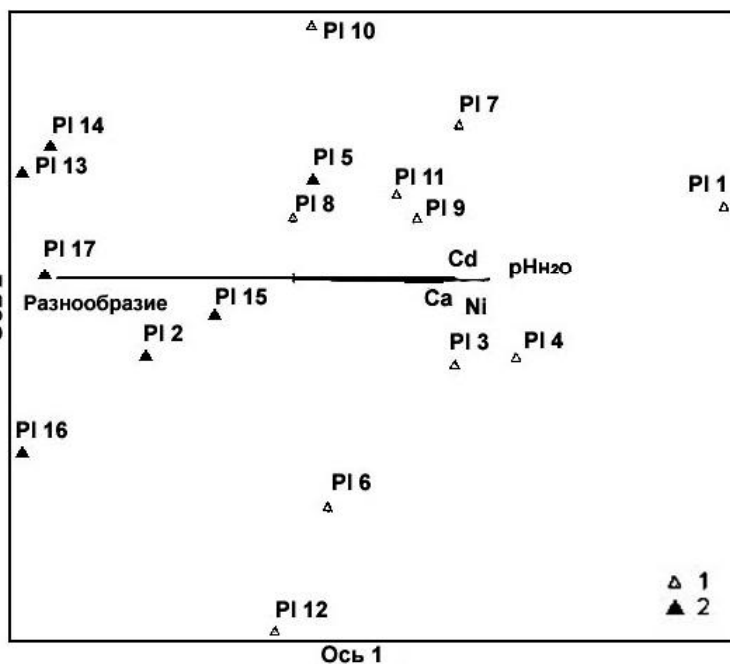


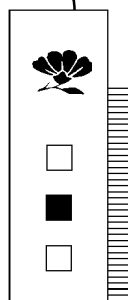
Рис. 3. Ординация исследованных фоновых (1) и антропогенных (2) участков по видовому составу зеленых водорослей с векторами, отражающими корреляцию между осями ординации и содержанием тяжелых металлов. Длина векторов Cd, Ni, Ca, pH<sub>H<sub>2</sub>O</sub> отражает значение коэффициента корреляции (Cd – 0.677; Ni – 0.676; Ca – 0.651; pH<sub>H<sub>2</sub>O</sub> – 0.743). Ось 1 – видовое разнообразие, ось 2 – не интерпретирована.

5. *Копцик Г.Н.* Устойчивость лесных почв к атмосферному загрязнению // *Лесоведение*, 2004. № 4. С. 61-71.
6. *Новаковский А.Б.* Возможности и принципы работы программного модуля «Graphs». Сыктывкар, 2004. 31 с. – (Сер. Автоматизация науч. исследований / Коми НЦ УрО РАН; Вып. 27).
7. *Хазиев Ф.Х., Кабиров Р.Р.* Количественные методы почвенно-альгологических исследований. Уфа, 1986. 172 с.
8. *Штина Э.А., Голлербах М.М.* Экология почвенных водорослей. М., 1976. 144 с.
9. *Ettl H., Gartner G.* Syllabus der Boden-, Luft- und Flechtalgen. Stuttgart-Jena-New-York: G. Fischer Verlag, 1995. 721 p.
10. *Hoffmann L.* Algae of terrestrial habitats // *Bot. Rev.*, 1989. Vol. 55, № 2. P. 77-105.
11. *Hoffmann L., Ector L., Kostikov I.* Algal flora from limed and unlimed forest soils in the Ardenne (Belgium) // *Syst. Geogr.*, 2007. Vol. 77. P. 15-90.
12. *Johansen J.R., Shubert L.E.* Algae in soils // *Nova Hedwigia*, 2001. Vol. 123. P. 297-306.
13. Effects of liming on forest soil algal communities / *I. Kostikov, M. Carnol, J.-F. Duliere* et al. // *Algol. Studies*, 2001. Vol. 102. P. 161-178.

**НАШИ ПОЗДРАВЛЕНИЯ**

**Якову Николаевичу Яцко** с успешной защитой диссертации на соискание ученой степени кандидата биологических наук (03.01.05 – физиология и биохимия растений) «Пигментный аппарат вечнозеленых растений на Севере» (диссертационный совет Д 002.211.02 при Ботаническом институте им. В.Л. Комарова РАН)!

Желаем дальнейших творческих успехов!



14. *Lokhorst G.M.* Comparative taxonomic studies on the genus *Klebsormidium* (Charophyceae) in Europe // *Crypt. Studies*, 1996. Vol. 5. P. 1-132.

15. *Lukesova A., Hoffmann L.* Soil algae from acid rain impacted forest areas of the Krusne hory Mts. 1. Algal communities // *Vegetatio*, 1996. Vol. 125. P. 123-136.

16. *Lukesova A., Komarek J.* Succession of soil alga on dumps from strip coal-mining in the Most region (Czechoslovakia) // *Folia Geobot. Phytotaxonom.*, 1987. № 22. P. 355-362.

17. *Metting B.* The systematics and ecology of soil algae // *Bot. Rev.*, 1981. Vol. 47, № 2. P. 195-312.

18. *McCune B., Grace J.B., Dean L.* Urban. Analysis of ecological communities. Oregon, 2002. 285 p.



## ВОДООБМЕН ЧЕРНИКИ ОБЫКНОВЕННОЙ

Водный режим черники изучали в ельнике чернично-сфагновом на Ляльском лесозоологическом стационаре Института биологии Коми НЦ УрО РАН. Наблюдения за процессом испарения воды растением, или транспирацией проводились с помощью электронного газоанализатора Li-Cor 6400, который одновременно учитывает освещенность, температуру и влажность воздуха (см. фото). Всего за период наблюдений было проведено более 200 измерений при различной освещенности, температуре и влажности воздуха.

Черника обыкновенная (*Vaccinium myrtillus*) представляет собой вечнозеленый ветвистый кустарничек семейства брусничные высотой до 50 см. Он встречается повсеместно в ельниках и сосняках черничного типа, которые на территории Республики Коми широко распространены и занимают до 43 % лесопокрытой площади [2]. Вода – главная составная часть тела растения, она составляет от 30 до 95 % его общей массы. Особая же роль воды для наземных растений заключается в постоянном пополнении больших затрат ее на испарение в связи с развитием большой фотосинтезирующей поверхности. Характеристика состояния воды в растении является частью информации о динамике продукционного процесса. Такие показатели, как интенсивность транспирации, оводненность, водный дефицит, водный потенциал наиболее значимо отражают состояние водообмена в отдельном растении и в сообществе в целом. Они дают возможность определить роль влаги в накоплении органической массы, транспирационные расходы воды и ее запасы внутри растения [4].

Было выявлено, что в ельнике чернично-сфагновом интенсивность транспирации листьев черники обыкновенной изменяется от 317 до 1108 мг/г сырой массы в час. Для сравнения можно отметить, что в других ме-

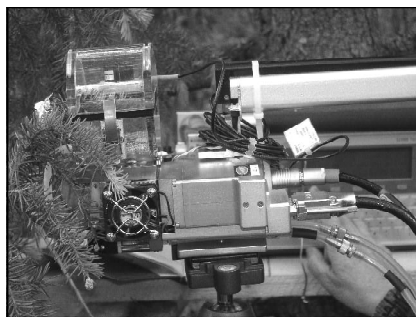


С. Сенькина



Е. Сидоренко

стообитаниях для этого вида интенсивность расхода воды на транспирацию колеблется в пределах от 150 до 870 мг/г ч. Исследования также показали, что наиболее часто встречаемые значения этого показателя лежат в пределах от 400 до 800 мг/г ч. В среднем интенсивность транспирации листьев черники обыкновенной составляет 550 мг/г сырой массы в час. На территории исследуемого региона создаются благоприятные условия для выпадения значительного количества осадков. В среднем годовая сумма осадков составляет 650-780 мм, что вызывает повышенную влажность воздуха [2]. В период наблюдений относительная влажность воздуха колебалась в пределах от 40 до 58 %. Большинство измерений интенсивности транспирации было проведено при влажности воздуха 53 %. Наибольших значений интенсивность транспирации достигала при относительной влажности воздуха 51-52 %. Температура воздуха в период наблюдений колебалась от 14 до 23 °С. Наибольшее количество наблюдений было



проведено при температуре 16 °С. Максимальное значение интенсивности транспирации (850 мг/г ч) наблюдалось при температуре +15.5 °С. Минимальное значение (300 мг/г ч) отмечено при температуре +13.5 °С. Освещенность, при которой проводились наблюдения за интенсивностью транспирации, изменялась в широких пределах – от 10 до 170  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ . При этом наиболее интенсивно листья черники транспирируют влагу при освещенности 60  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ . В целом корреляционный анализ не показал тесной зависимости интенсивности транспирации от факторов окружающей среды, таких как солнечная радиация ( $r = 0.3$ ), температура ( $r = 0.2$ ) и влажность воздуха ( $r = 0.4$ ).

Продукционные показатели водного обмена характеризуются продуктивностью транспирации и транспирационным коэффициентом. В первом случае это количество накопленного сухого вещества в растении на 1000 г испаренной влаги, во втором – количество воды, затраченное на создание 1 г сухого вещества. По расчетным данным масса листьев черники на 1 га составляет примерно 530 кг, средний прирост в год – 53 кг/га. Общее количество транспирационных часов в районе исследований составляет в среднем порядка 600 часов. Исходя из этих данных, было получено, что на создание за сезон 1 г сухого вещества листья черники расходуют 3.3 л воды, а при испарении 1 л влаги образуется 0.3 г сухого вещества. У одного и того же вида растений транспирационный коэффициент тем больше, чем суше климат или чем меньше в почве питательных веществ. Как продуктивность транспирации, так и транспирационный коэффициент непостоянны, они изменяются в зависимости от климатических и эдафических факторов.

Существует мнение, что содержание воды в листьях одного и того же вида растений различно в зависимости от произрастания в разных сообщ-

Сенькина Светлана Николаевна – к.б.н., с.н.с. отдела лесобиологических проблем Севера Института биологии Коми НЦ УрО РАН. E-mail: [senkina@ib.komisc.ru](mailto:senkina@ib.komisc.ru). Область научных интересов: экология таежных экосистем, водный режим растений.  
Сидоренко Елена Петровна – студентка V курса хим.-биол. ф-та Сыктывкарского государственного университета.

ществах и что при избыточном и недостаточном водоснабжении происходит некоторое снижение общего содержания воды в растении. Содержание воды в ассимилирующих органах растений позволяет оценить возможности в ее накоплении и расходовании. В листьях черники обыкновенной общее содержание воды колеблется в пределах от 58 до 70 % с наибольшим количеством значений в пределах 60-63 %. Потенциальный запас воды в листьях черники составляет порядка 334 л/га. Между общим содержанием воды в органах растений и интенсивностью водообмена не всегда наблюдается корреляционная связь. В ельнике чернично-сфагновом не отмечается тесной связи между интенсивностью транспирации, оводненностью и водным дефицитом листьев. Корреляционные коэффициенты между этими показателями составили от 0.1 до 0.4.

Водный дефицит является критерием напряженности водообмена растений. В природных условиях полное насыщение листьев водой практически не наблюдается никогда. Водный дефицит может достигать значительных величин как в период с высоким

содержанием влаги в почве, так и в засушливые периоды [3]. В листьях черники водный дефицит колеблется в пределах от 8 до 15 %. Средняя величина составила 8.5 %. Возрастание водного дефицита обычно сопровождается снижением водного потенциала. Водный потенциал считается важным физиологическим показателем водообеспеченности растений и служит мерилем активности воды в клетках. В целом водный потенциал служит показателем, обратным по отношению к активности воды и интенсивности транспирации, его уменьшение сопровождается возрастанием водного дефицита и может служить поводом для задержки роста растения. В листьях черники обыкновенной водный потенциал колеблется от 1.98 до 2.05 МПа. Таким образом, листья черники обыкновенной транспирируют влагу в среднем до 550 мг с 1 г сырой массы в час, оводненность их достаточно стабильна и составляет порядка 60 % общей массы растения, водный дефицит незначительный (около 8 %), водный потенциал составил в среднем 2.0 МПа.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что черника обыкновенная,

произрастающая в ельнике чернично-сфагновом, достаточно обеспечена влагой, характеризуется достаточно активной отдачей воды и небольшим водным дефицитом. Однако в отдельные периоды вегетационного сезона, когда листья характеризуются большим водным дефицитом и водным потенциалом и небольшой оводненностью и интенсивностью транспирации, чернику можно отнести к группе растений с замедленным водообменом. Чаще всего это случается в засушливые годы, когда осадков выпадает меньше обычной нормы.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. *Галенко Э.П.* Фитоклимат и энергетические факторы продуктивности хвойного леса европейского Севера. Л.: Наука, 1983. 129 с.
2. Коренные еловые леса Севера: биоразнообразие, структура, функции / Отв. ред. К.С. Бобкова. СПб.: Наука, 2006. 338 с.
3. *Лип Х., Польстер Г., Фидлер Г.И.* Физиология древесных растений. М., 1974. 420 с.
4. Эколого-физиологические основы продуктивности сосновых лесов / Отв. ред. К.С. Бобкова. Сыктывкар, 1993. 85 с.



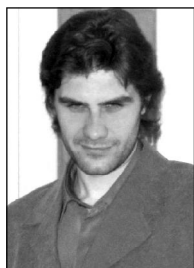
## ПАТЕНТ



### БЕЛКОВО-УГЛЕВОДНАЯ ОСНОВА КОРМОВ ДЛЯ МОНОГАСТРИЧНЫХ ЖИВОТНЫХ<sup>1</sup>

Изобретение относится к области сельскохозяйственной биотехнологии и может быть использовано при производстве комбикормов для моногастричных животных, в том числе на птицефабриках и свинофермах.

Ферментные препараты используются преимущественно путем введения в премиксы, которые включают в комбикорма. Важным условием эффективности ферментов является их равномерное распределение в корме и стабильность в процессе приготовления и хранения комбикорма. Наряду с включением в премиксы, ферментные препараты используют и путем непосредственного введения в корма [1]. Следует отметить, что не всегда достигается ожидаемый эф-



Д. Тарабукин



А. Донцов

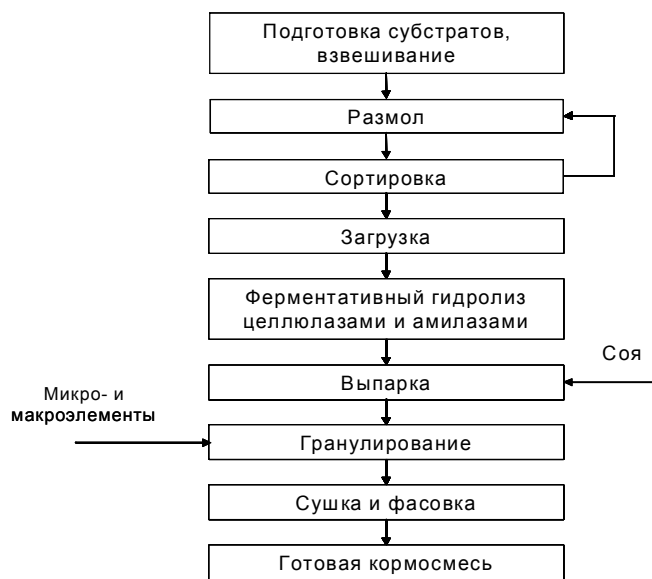
фект от добавки ферментных препаратов в корма без их предварительной обработки. Известно, что один из способов предобработки кормов заключается в том, что жидкий или увлажненный корм инкубируют с протеолитическим ферментным препаратом в течение 1-4 ч при температуре 30-40 °С, после чего его скармливают животным. Необходимость ферментации корма обосновывают тем, что в первый час его инкубации снижается действие содержащихся в корме ингибиторов ферментов, интенсифицируется гидролиз сложных белковых соединений, что способствует лучшему перевариванию и использованию питательных веществ корма организмом животного.

<sup>1</sup> Патент № 2367194, Россия, МПК А23К 1/00. Способ приготовления макрокомпонентной смеси для комбикормов / Д.В. Тарабукин, А.Г. Донцов; Институт биологии Коми НЦ УрО РАН; № 2008112445/13; заявл. 31.03.2008; опубл. 20.09.2009. Бюл. № 26.

Патент № 2368234, Россия, МПК А23К 1/00. Макрокомпонентная смесь для комбикормов / Д.В. Тарабукин, А.Г. Донцов; Институт биологии Коми НЦ УрО РАН; № 2008112443/13; заявл. 31.03.2008; опубл. 27.09.2009. Бюл. № 27.

**Тарабукин Дмитрий Валерьянович** – к.б.н., м.н.с. лаборатории биохимии и биотехнологии. E-mail: [DVTarabukin@ib.komisc.ru](mailto:DVTarabukin@ib.komisc.ru). Область научных интересов: *биоконверсия полисахаридов, энзимология.*

**Донцов Андрей Геннадьевич** – к.х.н., с.н.с. этой же лаборатории. E-mail: [dontsov@ib.komisc.ru](mailto:dontsov@ib.komisc.ru). Область научных интересов: *инженерная энзимология.*



Принципиальная схема получения кормосмеси.

Другим способом переработки кормов является получение жидкой кормовой добавки [2]. Суть данного метода заключается в том, что зерномучные отходы помещают в реактор с водой, подвергают термообработке, охлаждают и гидролизуют ферментными препаратами амилосубтилин ГЗх и пектофоетидин ГЗх. Далее в реактор засыпают макро- и микроэлементы, после чего смесь подвергают дрожжеванию. По окончании процесса в смесь вводят суспензию хлореллы, после чего жидкая кормовая добавка готова к скармливанию животным. Такая жидкая кормовая добавка способствует повышению поедаемости и усвоению кормов, сокращению затрат кормов на единицу продукции, повышению продуктивности животных. В реальной практике эф-

фект от использования ферментов зависит от многих факторов, таких как сорт зерна и характер почвы, на котором оно выращено, доля зерна в рационе и его состав, метод обработки комбикорма, возраст животного и т.д.

Нами исследован и оптимизирован процесс совместного ферментативного гидролиза целлюлазами и амилазами модельной кормовой растительной основы, содержащей измолотые неочищенные зерна овса, подсолнечный шрот, а также стебли серпухи венценосной – отхода производства БАД «Серпистен». Разработанная схема позволяет повысить выход моно- и дисахаридов не только за счет гидролиза лигноуглеводного, но и крахмального компонентов. Технология получения продукта заключается в оптимальной дозировке трудноусвояемых компонентов, их ферментативном осахаривании, сгущении и выпарке прогидролизованной смеси в присутствии натуральной сои, обогащающей конечный продукт несколькими незаменимыми аминокислотами и жирами (см. рисунок).

По данным биохимического анализа ферментированный корм содержит до 30 % легкоусвояемых углеводов, характеризуется оптимальным составом незаменимых аминокислот, близких к идеальному белку (эталон FAO), и практически не содержит β-глюкана и других антипитательных веществ, содержащихся в исходных субстратах.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Быков В.А., Калуняц К.А. Биокатализаторы в решении вопросов продовольственной программы // Итоги науки и техники. Сер. Технология органических веществ. М., 1984. Т. 8. С. 145-149.
2. А.с. № 899034. Жидкая кормовая добавка и способ ее получения / А.П. Киричков, Л.П. Соловьев, Л.Н. Лунин и др.; Всесоюзный научно-исследовательский биотехнологический институт; 2. заявл. 04.12.1979; опубл. 23.01.1982. Бюл. № 3.



## ПРАКТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ

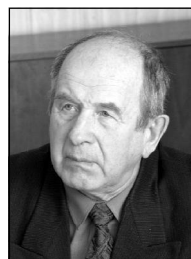


### РАЗМНОЖЕНИЕ ЖИМОЛОСТИ ЗЕЛЕНЫМИ ЧЕРЕНКАМИ

Жимолость голубая (*Lonicera caerulea* L.) – ягодная культура, ставшая в последние десятилетия весьма популярной у садоводов, в том числе и в северных регионах. Ассортимент предлагаемых в продаже сортов невелик, ограничивается двумя-пятью наименованиями, в то время как перечень сортов, включенных в Государственный реестр, насчитывает более сотни наименований. Быстрое массовое размножение наиболее устойчивых и продуктивных в каждой конкретной местности сортов является актуаль-



М. Рябина



В. Мишуров

ной задачей питомниководства в настоящее время. В ботаническом саду Института биологии Коми НЦ УрО РАН

изучение сортов и отборных форм жимолости ведется с 1996 г. и к настоящему времени отобраны наиболее перспективные для выращивания в среднетаежной подзоне Республики Коми образцы [5].

Жимолость размножают семенами, делением куста, отводками, зелеными, комбинированными и одревесневшими черенками [3], в последнее время разработана технология микроклонального размножения [6, 7]. Семенное размножение используется в основном в селекционной работе, а

**Рябина Мария Леонидовна** – м.н.с. отдела Ботанический сад. E-mail: [mryabinina@ib.komisc.ru](mailto:mryabinina@ib.komisc.ru). Область научных интересов: интродукция плодово-ягодных культур, популяционная биология, аспекты адаптации растений к условиям Севера.

**Мишуров Вячеслав Пименович** – д.б.н., проф., в.н.с. этого же отдела. E-mail: [mishurov@ib.komisc.ru](mailto:mishurov@ib.komisc.ru). Область научных интересов: сохранение биоразнообразия, интродукция кормовых и лекарственных растений, адаптация растений к экстремальным условиям.



также при интродукции в новые районы, выращивании посадочного материала для озеленения. Сортовые признаки и свойства плодовых и ягодных культур сохраняются только при вегетативном размножении. Довольно редко, в основном в любительском садоводстве, применяют такие способы вегетативного размножения, как деление, размножение горизонтальными отводками и одревесневшими черенками. Выход посадочного материала при этих способах размножения невысокий. Так, при делении одного взрослого куста (в возрасте 8-15 лет) можно получить четыре-шесть новых растений. Размножение горизонтальными отводками применяется у молодых растений, ветви которых расположены близко к земле. При размножении одревесневшими черенками укореняемость составляет от 5 до 30 % [4], этот способ также недостаточно эффективен для массового производства саженцев. Наиболее распространенный способ вегетативного размножения – зеленое черенкование, обеспечивающее высокий выход чистосортного посадочного материала в короткие сроки. Технология размножения жимолости разработана в НИИ садоводства Сибири им. М.А. Лисавенко [8] и ВНИИ растениеводства им. Н.И. Вавилова [3].

В ботаническом саду Института биологии начиная с 2002 г. с целью определения способности различных сортов к вегетативному размножению мы изучаем укореняемость зеленых черенков жимолости при разных способах посадки, динамике корнеобразования, рост саженцев. В качестве объектов исследования служили следующие сорта жимолости: Десертная, Голубое Веретено, Колокольчик, Павловская и образец жимолости съедобной. В 2006 и 2008 гг. были также поставлены опыты по укоренению черенков некоторых других перспективных сортов. Укоренение проводили в холодных парниках, укрытых нетканым материалом «Лутрасил». Субстратом для укоренения служила смесь торфа и крупнозернистого песка (1:1). Черенки нарезают из разных частей приростов текущего года с одним-двумя междоузлиями длиной 7-12 см либо использовали целые побеги. В нижних узлах листья удалялись полностью, в вышележащих (одном-двух) – укорачивались наполовину. Срезы на черенке выполнялись следующим образом: на расстоянии 1.0-1.5 см под нижним узлом – косой срез, над верхним узлом на такой же высоте над почкой –

прямой. Черенки высаживались по схеме 7-10 на 5 см, наклонно, с заглублением в субстрат нижнего среза черенка на 2-3 см. В качестве стимуляторов использовали готовые препараты эпин-экстра (д.в. эпинбрасинолид JRDC-694, 1.0 мл/2.5 л), гетерауксин (д.в. индолил-3-уксусная кислота, 0.1 г/5 л), циркон (д.в. циркониевая кислота, 1.0 мл/л), корневин (д.в. ИМК, 1.5 г/л). Зеленые черенки помещали базальными частями в емкости с опытными растворами на 16-18 ч. В качестве контроля служила обработка водой. До посадки и сразу после нее проводили полив субстрата. В период укоренения осуществляли ручной полив до шести раз в день.

Для приживаемости и хорошего развития черенков большое значение имеет учет биологии развития культуры, особенно срок заготовки и высадки черенков. В полевых условиях наиболее доступный способ – определение оптимального срока черенкования по фазе роста маточного растения. Известно, что побеги большинства ягодных кустарников пригодны к черенкованию в фазе затухающего роста. У жимолости визуально этот срок совпадает с появлением первых зрелых ягод на маточном растении. В условиях среднетаежной подзоны Республики Коми в годы исследований этот период наступал в зависимости от погодных условий с 20 июня (в 2005, 2006 гг.) по 4 июля (2002, 2008 гг.). В среднем по годам – 24-28 июня в зависимости от сорта. Другими сроками черенкования были 8-9 июля – в момент окончания роста побегов и 16-23 июля – при значительном одревеснении побегов.

Доля укоренения черенков жимолости различалась у изученных сортов по годам (табл. 1) и вариантам опытов и в среднем за годы наблюдения составила от 25 (сорт Десертная) до 50 % (сорт Колокольчик). Существенных различий в результатах укоренения по срокам черенкования не отмечено, но в оптимальные сроки уко-

ренившиеся черенки успевают сформировать более развитую корневую систему. У таких перспективных для выращивания в наших условиях сортов, как Волхова, Бакчарская, Фиалка, доля укоренения свеженарезанных черенков в 2006 г. составила 74-92 %. В 2008 г. доля укоренения этих и еще шести новых сортов и отборных форм при укоренении свеженарезанными черенками была низкой – от 2 до 26 %, но значительно увеличивалась при применении корневина, составив от 51 до 86 %.

При посадке черенков жимолости в оптимальные сроки корни появляются на 15-20-й день. Кора побегов в междоузлиях продольно растрескивается, вокруг трещин образуется каллус, затем многочисленны корешки. Через 30 дней после черенкования корни начинают ветвиться. У части черенков наблюдалось пробуждение почек и даже рост побегов без образования корней. В дальнейшем такие черенки погибали. К сентябрю растения имеют достаточно хорошо развитую корневую систему: 5-29 проводящих корней общей длиной от 20 до 138 см. На 1 см проводящих корней приходится один-два всасывающих корешка (табл. 2). У жимолости съедобной и сорта Голубое Веретено на части черенков формируются по 1-2 прироста от 0.9 до 10.4 см длиной (см. фото). У сортов Десертная и Колокольчик приросты в год укоренения практически не образуются.

В основном доля укоренения в наших опытах значительно ниже, чем данные, приводимые другими авторами. Жимолость относится к легко укореняющимся культурам. По данным М.Н. Плехановой [3], в зависимости от сорта и условий года приживаемость черенков колеблется от 53 до 100 %, в среднем за несколько лет составляет не менее 70 %. Объяснение низкому коэффициенту размножения зелеными черенками в наших опытах мы видим в невозможности соблюдения режима увлажнения и температурных

Таблица 1  
Приживаемость зеленых черенков сортов и форм жимолости при зеленом черенковании, %

Сорт	Год					Среднее за годы
	2002	2003	2005	2006	2008	
Десертная	8.8	19.5	14.2	20.4	34.2	24.7
Голубое Веретено	26.5	37.3	45.0	18.9	54.1	36.8
Колокольчик	42.2	54.8	24.0	19.0	75.8	49.9
Павловская	37.7	67.4	22.2	16.9	62.0	48.8
Жимолость съедобная	36.3	44.0	24.4	–	–	34.9

Примечание. Здесь и далее: прочерк – опыт не проводили.

условий. Большинство опытов по вегетативному размножению жимолости проводится в условиях парников и теплиц, оборудованных капельным поливом, обеспечивающим оптимальное равномерное увлажнение воздуха и субстрата в течение всего периода укоренения. Невозможность контроля температуры воздуха и почвы также отрицательно влияет на укореняемость черенков. При температурах почвы выше 23 °С замедляется образование каллуса на черенках и прекращается рост корневой системы [2]. Зависимость укореняемости черенков от культурно-агрономических сооружений, наличия дренажа, подготовки субстрата для черенкования и качества полива отмечены М.Н. Плехановой [3]. В наших опытах применение стимуля-



Укоренившиеся черенки жимолости сорта Голубое Веретено.

торов роста не дает существенного увеличения доли укореняемости черенков изученных сортов. Это наблюдение подтверждается данными ряда авторов [1, 3]. Как указывает М.Н. Плеханова, применение индолилмасляной кислоты может способствовать увеличению количества приростов в год укоренения, что ускоряет сроки выхода стандартных саженцев. В наших опытах увеличения количества и длины приростов при использовании различных стимуляторов роста не наблюдалось. Зимовали черенки на месте укоренения. Пересадка их в школку осенью в год укоренения считается нецелесообразной [3]. Часть укоренившихся черенков в наших опытах погибала зимой от выпирания: в среднем по сортам доля отпада составляла 35.5 %.

Как уже указывалось ранее, ветвление растений начинается в первый же год после высадки в поле. Суммарный прирост растений в первый год

жизни незначителен, он возрастает на второй и особенно на третий год. Это происходит за счет появления мощных побегов формирования и увеличения количества побегов ветвления. Бутоны и цветки могут образовываться уже на следующий год после укоренения, плодоносить растения жимолости начинают на второй-третий год, но нарастание урожая происходит очень медленно. На второй год после укоренения начинается более значительное увеличение надземной части и растения начинают удовлетворять требованиям стандарта, предъявляемым к посадочному материалу ягодных кустарников. Высота растений достигает 20-40 см, количество разветвлений (будущих скелетных ветвей) – 1.5-3.1. Диаметр корневой шейки – 7-9 мм. Корневая система мощная, сильно разветвленная. Число скелетных корней колеблется от 8 до 28, длина корневой системы составляет 21.7-30.8 см. Выход стандартных саженцев при до-

ращивании на месте укоренения на второй год составил у жимолости съедобной и сорта Голубое Веретено 80-100, сорта Десертная – 33, Павловская – 9-13, Колокольчик – 38 %. Саженцы этих сортов, не достигшие стандартных размеров, нуждаются в доращивании в условиях питомника в течение еще одного вегетационного периода.

Таким образом, наши наблюдения показывают, что укоренение черенков и выход саженцев, пригодных к посадке, являются биологическими особенностями сорта. Также от сорта зависит способность саженцев формировать прирост, количество и длину корней нулевого порядка. По нашим наблюдениям, оптимальным вариантом черенкования жимолости можно считать посадку свеженарезанных, не пересушенных черенков, можно с применением такого стимулятора, как корневин, в период затухающего роста побегов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Белосохов Ф.Г. Некоторые особенности размножения жимолости способом зеленого черенкования // Сортоизучение и селекция плодовых и ягодных культур. Мичуринск, 1992. С. 84-88.
2. Волюнец А.В., Глаз Н.В. Размножение синей жимолости (*Lonicera L.*) зелеными черенками // Состояние и перспективы развития традиционных садовых культур: Матер. конф. Воронеж, 2003. С. 93-94.
3. Плеханова М.Н. Маточные насаждения и технология размножения синей жимолости: методические указания. Л., 1989. 35 с.
4. Плеханова М.Н. Жимолость синяя в саду и питомнике. СПб., 1998. 68 с.
5. Рябинина М.Л. Биологические особенности жимолости в условиях

Развитие корневой системы зеленых черенков жимолости к I декаде сентября (черенкование 2005 г.) Таблица 2

Сорт, образец	Контроль (вода)		Стимулятор							
			Эпин-экстра		Циркон		Гетерауксин		Укоренит	
	А	Б	А	Б	А	Б	А	Б	А	Б
Десертная	24.5	75.0	108.2	18.0	23.9	52.0	50.5	22.5	38.2	14.3
Голубое Веретено	31.5	63.7	33.1	59.6	31.2	76.5	27.1	55.4	59.8	122.9
Колокольчик	83.0	96.2	70.3	172.0	75.8	94.0	75.7	104.1	110.7	57.8
Павловская	36.2	44.4	91.7	116.5	74.1	57.2	90.6	141.5	–	–
Жимолость съедобная	20.2	54.3	–	–	44.8	94.6	30.3	65.9	137.5	191.0

Примечание: А – суммарная длина корней 0 порядка, см; Б – число корней I порядка.

среднетаежной подзоны Республики Коми // Вестн. Поморского ун-та. Сер. Естественные науки, 2008. № 4. С. 30-34.

6. Сворцов А.К., Куклина А.Г. Голубые жимолости: ботаническое изу-

чение и перспективы культуры в средней полосе России. М.: Наука, 2002. 160 с.

7. Сорокин А.А. Совершенствование приемов семенного и вегетативного размножения жимолости синей:

Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. СПб., 2002. 15 с.

8. Технология размножения жимолости: рекомендации. Новосибирск, 1988. 42 с. – (НИИСС им. М.А. Лисавенко СО ВАСХНИЛ).



## КОНФЕРЕНЦИИ



### МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ «ГРАНИЦЫ АРКТИКИ: ЖИЗНЬ НА КРАЙНЕМ СЕВЕРЕ» (24-29 января 2010 г., Тромсе, Норвегия)

к.б.н. О. Минеев

Международная конференция «Arctic Frontiers 2010: Living in the High North» («Границы Арктики: жизнь на Крайнем Севере») проходила в г. Тромсе (Норвегия) с 24 по 29 января 2010 г. Подобные совещания являются ежегодными (с 2007 г.) и состоят из политической и научной секций. Наиболее важная цель конференции – поиск лучших решений в экономическом развитии северных районов и сохранении окружающей среды в первозданном состоянии насколько это возможно. На сайте конференции было зарегистрировано более 750 человек, в том числе 30 журналистов из 20 различных медиа-агентств. Реально присутствовали более 350 человек из Австралии, Великобритании, Германии, Дании, Индии, Испании, Канады, Китая, Нидерландов, Норвегии, Польши, Португалии, России, США, Украины, Франции, Финляндии и Швеции.

Работа симпозиума проходила в университете г. Тромсе и состояла из политической и научной сессий с ежедневными заседаниями, где заслушивались и обсуждались доклады. Всего во время работы симпозиума было сделано 173 устных доклада на пленарных и общих заседаниях. Представленные постеры в количестве 50 были постоянно доступны для ознакомления и обсуждения.

На политической сессии (секции: 1. Изменение стратегии развития Арктики. 2. Устойчивое проживание общества в высоких широтах) выступали министры, послы, политические деятели, директора институтов, представители международных природоохранных организаций из России, США, Канады, Норвегии, Китая и Польши. Основное внимание докладчики уделили развитию экономики в Арктическом секторе, доли участия стран в разработке и освоении природных ресурсов и пространств Арктики. На секции прозвучали и научные доклады, посвященные устойчивому развитию общин в связи с экономическим развитием Арктических регионов. На одном из заседаний секции с устным докладом «Северная стратегия России – законная область научной инновационной активности и возможности международного сотрудничества» выступил акад. В.А. Чарушин, председатель Уральского отделения РАН.

Научная сессия была представлена несколькими параллельными сессиями:

1. Лед и климат, в том числе палеоклимат. Докладчики представили наиболее значительные, недавно законченные и текущие проекты по Пан-Арктическому региону о льдах и современном состоянии климата.

2. Устойчивое проживание общества в высоких широтах. Основное внимание выступающих было сфокусировано на устойчивом развитии регионов и общин в Арктике. Особое ударение было сделано на экономическое развитие, благосостояние, здоровье и самоуправление. Практически все выступающие затрагивали разные аспекты социально-политической жизни аборигенов Арктики. Жизнь общин арктических областей, основанная на возобновляемых природных ресурсах, в современных условиях зависит экономически от финансовых условий в общественном секторе таких секторов индустрии, как добыча нефти, газа и другого минерального сырья. Эта многогранная экономическая структура и ее динамическая составляющая ставят сложные задачи перед людьми, живущим в Арктических общинах – аборигенами, старожилками и недавно прибывшими в качестве временной рабочей силы. Взаимодействие сил на местном и региональном уровнях необходимо для поддержания и развития жизнеспособности городов и поселений на Севере. Благосостояние людей, живущих на Крайнем Севере, зависит от возможностей и соответствующего обслуживания населения, включая заботу о здоровье, доступности здоровой пищи, незагрязненной окружающей среды.

3. Изменение биоразнообразия арктических морей. Современные изменения в среде Арктики интересуют не только научные исследовательские институты, но и широкую публику. На сессии были представлены аналитические данные о биоразнообразии Арктики от микроорганизмов до млекопитающих – от морского льда до дна океана. Особый упор был сделан на работу, проведенную как часть проекта по биоразнообразию арктических морей в период Международного Полярного года. Представленные доклады были сфокусированы на биоразнообразии прошлого, настоящего и будущего, на видах, сообществах и местообитаниях. Были представлены пространственно-временные модели сообществ. Одновременно обсуждались перспективы и проекты будущих планов. Многие доклады имели региональный характер или представляли в основном исследования на местном уровне.

4. Рубежи электронного обучения на Крайнем Севере. Целью этой части конференции был обмен знаниями и исследованиями по электронному обучению.

4. Рубежи электронного обучения на Крайнем Севере. Целью этой части конференции был обмен знаниями и исследованиями по электронному обучению.

чению, а также дискуссии по методологии употребления этих знаний. Доклады и дискуссии были сфокусированы на процессе обучения, педагогике и соответствующих информационных технологиях, необходимых для поддержания системы обучения, тренировке преподавателей, развитии цифровых технологий.

От Института биологии Коми НЦ УрО РАН был представлен доклад «Арктическая зона европейского Севера как особо охраняемая природная территория» (О.Ю. Минеев, Ю.Н. Минеев). Научные и стендовые доклады в виде тезисов опубликованы в сборнике материалов конференции.

Основной итог конференции свидетельствует о необходимости комплексного изучения экосистем Арктики. Следует заметить, что активность в исследовании Арктики проявляют даже государства, мало имеющие к ней отношение, такие как Польша, Китай, Германия и т.п. При освоении природных

ресурсов необходимо усилить контроль за деятельностью хозяйствующих субъектов на территории Арктики, а также контролировать туризм в уязвимых природных местообитаниях. Для исследования, освоения и активного развития Арктики необходимо создавать благоприятные условия жизни для людей.

В свободное от заседаний время для участников совещания была организована культурная программа: посещение выставки «Полярные этюды», музыкальная программа и буфет в научном музее «Полярия», концерт музыки Шопена в соборе «Arctic Cathedral» и торжественный ужин в отеле «Rica Hotel».

Проезд и проживание в пределах Российской Федерации осуществлялись за счет бюджетных средств Института биологии Коми НЦ УрО РАН, на территории Норвегии проезд и проживание за счет принимающей стороны – правительственной организации Aquaplan-Niva.

### ШКОЛА «МИКРОСКОПИЯ АУТЕНТИЧНЫХ ШТАММОВ ЗЕЛЕННЫХ, ЖЕЛТОЗЕЛЕННЫХ И ЭУСТИГМАТОФИТОВЫХ ВОДОРΟΣЛЕЙ»

к.б.н. И. Новаковская

С 26 января по 5 февраля 2010 г. мне удалось побывать на школе «Микроскопия аутентичных штаммов зеленых, желтозеленых и эустигматофитовых водорослей» в Киевском национальном университете им. Тараса Шевченко. Целью проведения школы было ознакомление и освоение методов получения и ведения аутентичных штаммов Xanthophyta, Eustigmatophyta и Chlorophyta, на примере которых были показаны главные диагностические признаки для определения этих сложных таксономических групп. Школа проходила на базе кафедры ботаники Киевского национального университета им. Т. Шевченко. В ее работе непосредственное участие приняли около 10 человек из Украины, России и Беларуси. Из России принимали участие сотрудники кафедры ботаники, биоэкологи и ландшафтного проектирования Башкирского государственного педагогического университета им. М. Акмуллы, Института физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН и Института биологии Коми НЦ УрО РАН.

Были проведены курсы лекций по идентификации почвенных и аэрофитных желтозеленых, эустигматофитовых и зеленых водорослей, а также лабораторный практикум по обработке аутентичных штаммов. Всего во время работы на лабораторных практикумах было обработано 212 аутентичных штаммов 208 видов микроводорослей, что составляет около 70 % общего числа типовых штаммов видов

мировой флоры наземных микроводорослей отделов Xanthophyta, Eustigmatophyta и Chlorophyta.

Участие в работе школы дало возможность проконсультироваться с ведущими украинскими специалистами в области систематики и разнообразия почвенных водорослей: д.б.н. И.Ю. Костиковым, к.б.н. Э.М. Демченко, к.б.н. П.О. Романенко. Кафедра ботаники Киевского университета одна из старейших, ее приоритетное направление – почвенная альгология. На кафедре работают высококвалифицированные специалисты в области систематики, таксономии, разнообразия и морфологии почвенных водорослей. На ее базе создана и поддерживается одна из крупных коллекций альгологически чистых культур водорослей, которая насчитывает 540 штаммов 283 видов 109 родов зеленых (483 штамма), эустигматофитовых (7), желтозеленых (49) и золотистых (1) водорослей. Из них 246 штаммов являются аутентичными [1]. Сотрудники Киевского национального университета им. Т. Шевченко передали около 200 аутентичных штаммов зеленых, желтозеленых и эустигматофитовых водорослей для создания на базе Института биологии Коми НЦ УрО РАН коллекции культур. Пополнять коллекцию планируется также за счет выделения штаммов водорослей из почв Республики Коми.

Хочется выразить огромную признательность д.б.н. И.Ю. Костикову, зав. кафедрой ботаники Киевского

университета, за организацию и проведение школы, решение организационных вопросов, работу с аутентичными штаммами, проверку определения видового состава почвенных водорослей Приполярного Урала, помощь с литературой, полезные советы и ценные замечания в процессе работы. Благодарна также всем сотрудникам кафедры ботаники Киевского университета: к.б.н. Э.Н. Демченко, к.б.н. П.А. Романенко, к.б.н. М.А. Березовской, к.б.н. А.А. Кривенда, к.б.н. В.Р. Бойко, к.б.н. Н.А. Сенчуговой, Ю.Л. Смилянец и Ю.С. Евдокименко за консультации, помощь в организации школы и решение организационных вопросов.

Проведение подобных школ должно стать систематическим, поскольку это позволяет молодым исследователям не только получить новые знания, но и проверить правильность определения видов, познакомиться с новой литературой и оборудованием, а также обсудить совместные проекты исследований.

Стажировка была организована в рамках трэвел-гранта для молодых ученых по биологическим наукам УрО РАН на 2010 г.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Костиков И.Ю., Демченко Э.Н., Березовская М.А. Коллекция культур водорослей Киевского национального университета имени Тараса Шевченко. Каталог штаммов (2008 г.) // Чорноморський бот. журн., 2009. Т. 5, № 1. С. 37-79.