



ВЕСТНИК

Института биологии
Коми НЦ УрО РАН

№ 5
(139)

В номере

СТАТЬИ

- Волкова Г., Моторина Н.** Первоцветы в интродукции на Европейском Севере 2
- Головки Т., Тихомиров А., Далькэ И., Захожий И.** Влияние температурного стресса на функциональные характеристики растений пшеницы 4
- Гончарова Н.** Растительные комплексы мезотрофных болот бассейна р. Луза 8
- Максимов С., Марущак В., Тишечкин А.** К причинам массовых размножений рыжего соснового пилильщика 12
- Мокиев В.** Промерзание почв как резульативный признак метеорологических показателей холодного периода года (на примере промерзания освоенной и целинной суглинистых почв среднетаежной подзоны Республики Коми) 16
- Старобор Н.** Изменение структуры семенников мышевидных грызунов при действии ионизирующего излучения 20
- Шалаева О.** О некоторых мировоззренческих следствиях синергетики в контексте проблемы реализации цели и задач образования для устойчивого развития 22

СООБЩЕНИЯ

- Шевченко О.** Изменения состава фосфолипидов эритроцитов при воздействии низкоинтенсивного ионизирующего излучения разной мощности дозы 34

ПРАКТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ

- Далькэ И., Табаленкова Г., Яцко Я., Григорай Е.** Функциональные параметры и продуктивность растений огурца при различных световых режимах 36
- Потапов А.** Значение пчеловодства в Республике Коми 38

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



ПЕРВОЦВЕТЫ В ИНТРОДУКЦИИ НА ЕВРОПЕЙСКОМ СЕВЕРЕ

к.с.-х.н. **Г. Волкова**
 с.н.с. отдела Ботанический сад
 E-mail: avokueva@ib.komisc.ru
 тел. (8212) 24 56 59

Научные интересы: *интродукция травянистых декоративных растений в открытом грунте*

Н. Моторина
 м.н.с. этого же отдела
 E-mail: avokueva@ib.komisc.ru
 тел. (8212) 24 56 59

Научные интересы: *интродукция декоративных растений, луковичные растения, редкие виды растений*



Род *Primula L.* – первоцвет, или примула объединяет около 600 видов, распространенных по всему земному шару, но преимущественно в умеренных зонах и альпийском поясе гор. Первоцветы, или примулы давно известны в культуре как высокодекоративные растения. Имеется много разновидностей, садовых форм и сортов. В цветоводстве используются две группы первоцветов – грунтовые и горшечные. Из всего известного науке разнообразия первоцветов восемь видов были занесены в Красную книгу СССР [2] как нуждающиеся в охране. В Красной книге РСФСР [4] – четыре вида. В природной флоре Республики Коми встречаются четыре вида, из них два (*Pr. farinosa L.*, *Pr. pallasii Lehm.*) занесены в Красную книгу Республики Коми [3]. В коллекции ботанического сада Института биологии на изучении семь видов и несколько форм по окраске. Это многолетние корневищные ранние красивоцветущие растения [1]. Листья первоцветов в прикорневой розетке. Цветочные стрелки безлистные, невысокие. Цветки самой разнообразной окраски, собраны в зонтиковидные или головчатые соцветия. Плод – коробочка от шаровидной до цилиндрической формы, раскрывающаяся зубцами. Семена мелкие.

Primula auricula L. – Первоцвет ушковый. В коллекции ботанического сада Института биологии изучается с 1970 г. Образец получен посадочным материалом из Латвии. Зацветает позже всех других видов – в конце мая или июне. Листья светло-зеленые, блестящие, кожистые. Цветоносы высотой до 15-18 см. Цветки по 5-20 шт. собраны в зонтиковидные соцветия. Окраска цветков фиолетовая с бело-кремовым центром. Цветки душистые, диаметром до 3 см. Семена завязываются редко. Размножается обычно вегетативно – делением корневища маточного растения, но можно размножать и посевом семян осенью на гряды открытого грунта. Ареал распространения в природе – горы Средней и Южной Европы (известняки в альпийских горах, склоны, обрывы, скалы), но благодаря высокой жизнестойкости на севере этот вид является перспективным и рекомендуется для широко выращивания в таежной части Республики Коми. Декоративен в период цветения при оформлении клумб и рабаток.

Primula denticulata Smith – Первоцвет мелкозубчатый. Ареал распространения этого вида – Гималаи (Непал), Западный Китай. Обитает в альпийских лугах [5]. В коллекции ботанического сада Института биологии изучается с 1980-х годов. Листья удлинненно-овальные, морщинистые, после отцветания растения увеличиваются в размерах в полтора-два раза. Зацветание отмечается в конце апре-

ля и мае. Цветоносы высотой до 20-25 см. Цветки мелкие, около 1 см в диаметре, белые и розовые, в количестве нескольких десятков (до 50 шт.) собраны в шаровидные соцветия. Семян созревает мало, но хорошо размножается делением маточных растений через два-три года. Перспективный вид. Рекомендуется для использования в клумбах, рабатках, каменистых садах.

Primula elatior (L.) Hill. – Первоцвет высокий. Ареал распространения – Закарпатская область, южная и средняя часть Западной Европы. Обитает на лугах предгорий и холмов, опушках лиственных лесов. В коллекции ботанического сада Института биологии изучается с 1975 г. Листья морщинистые, сужающиеся к черешку. Зацветает в первых числах мая, редко – в конце апреля. Длина цветоносов до 25-35 см. Цветки светло-желтые с темно-желтым пятном в центре, 1.5-2.0 см в диаметре, собраны до 10 шт. в зонтиковидное соцветие. Семена созревают в июле-августе. Семенная продуктивность высокая. Вид перспективен для таежной части Республики Коми.

Primula juliae Kusn. – Первоцвет Юлии. Ареал распространения – Восточное Закавказье, Дагестан. Обитает на обильно увлажненных скалах в лесном поясе. В коллекции ботанического сада Института биологии изучается с 1985 г. Образец получен семенами из Саласпилса (Латвия). Зацветает в мае. Листья почковидные или овальные, по краям зубчатые, черешки крылатые. Цветки по 3-5 шт. в зонтиковидных соцветиях, малиновые и розовые, со светлым глазком. Семян созревает мало. Вид внесен в Красную книгу СССР (1984). Перспективный вид для Республики Коми.

Primula macrocalyx Bunge – Первоцвет крупночашечный. Ареал распространения – от Восточной Европы до Дальнего Востока [6]. В коллекции ботанического сада Института биологии изучается с 1980 г. Кусты компактные. Цветоносы прочные, сочные. Цветки желтые, в диаметре 2.0-2.5 см. Цветение отмечается в мае. Семена созревают в июне-июле. Декоративен в период цветения. Перспективен для таежной части Республики Коми.

Primula veris L. – Первоцвет весенний, или Баранчики. Ареал распространения – западная, центральная и южная часть европейской части СССР, Крым, Западная Европа. Обитает на лесных лужайках, опушках лиственных лесов, в березняках. В коллекции ботанического сада Института биологии изучается с 1960-х годов. Последний образец получен семенами из Лейпцига в 2002 г. Растения высотой до 20-25 см. Листья яйцевидные, с крылатыми черешками, морщинистые, по краю городчатые. Цветки ярко-желтые, с оранжевыми пятнами в цен-

тре, собраны по 5-15 шт. в зонтиковидные соцветия. Размер цветков 1.0-1.5 см в диаметре. Цветение отмечается в мае. Семена созревают в июле. Семенная продуктивность высокая. Перспективный вид.

Primula vulgaris Huds. (syn. *Pr. acaulis* Jacq.) – Первоцвет обыкновенный. Ареал распространения – Крым, Западное Закавказье, южная и средняя Европа. Обитает на опушках лиственных лесов, в альпийском поясе гор, близ тающих снегов. В коллекции ботанического сада Института биологии с 1970-х годов изучаются шесть образцов этого вида, различающихся по окраске цветков. Листья продолговатые, зубчатые по краю. Цветение отмечается с конца апреля, весь май, иногда в прохладные дождливые годы продолжается в июне. Цветки одиночные, до 3 см в диаметре, воронковидной формы, разнообразной окраски: белой, кремово-желтой, розовой, красной, малиновой, сине-фиолетовой. Семена созревают в июле-августе в плодах-коробочках, раскрывающихся при созревании на верхушке. При запаздывании со сбором семена осыпаются. Часто наблюдается самосев. В конце лета и осенью, когда устанавливается прохладная дождливая погода, первоцветы вновь зацветают.

Размножаются первоцветы семенами, делением маточных растений и черенками. Семена мелкие, темно-коричневые, неправильной формы, более 1 тыс. шт./г. Их можно высевать осенью на гряды открытого грунта или весной в теплице со стратификацией. Сеянцы из семян зацветают на вто-

рой-третий год жизни. Кусты (маточные растения) можно делить на мелкие части, так как молодые растения быстро разрастаются. Делить их можно весной или осенью через три-четыре года. В качестве черенков можно использовать листовые розетки, которые легко укореняются в мае-июне. Первоцветы предпочитают полутенистые места и достаточно увлажненные почвы.

Таким образом, первоцветы – растения южных гор (Карпаты, Крым, Кавказ, Гималаи), являясь холодостойкими растениями альпийских лугов, хорошо адаптируются и в северных широтах, в том числе в Республике Коми. Они заслуживают широкого внедрения в декоративное садоводство для использования в групповых посадках, бордюрах, альпинариях.

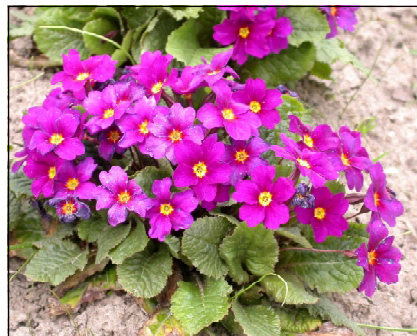
В последние годы взяты на изучение новые виды и формы первоцветов: *Primula japonica* A. Gray из Лейпцига (2002 г.), *Pr. pallasii* Lehm., *Pr. denticulata* cv. *Rosea*, *Pr. farinosa* L.

ЛИТЕРАТУРА

1. Волкова Г.А., Мишуров В.П., Портнягина Н.В. Интродукция полезных растений в подзоне средней тайги Республики Коми (Итоги работы ботанического сада за 50 лет; Т. II.). СПб.: Наука, 2002. 395 с.
2. Красная книга СССР. Т. 2. М., 1984. 480 с.
3. Красная книга Республики Коми. Москва-Сыктывкар, ДИК, 1998. 528 с.
4. Красная книга РСФСР. М., 1988. 592 с.
5. Полетико О.М., Мищенко А.П. Декоративные растения открытого грунта. Справочник по номенклатуре родов и видов. Л.: Наука, 1967. 208 с.
6. Черепанов С.К. Сосудистые растения России и сопредельных государств. СПб., 1995. 990 с. ❖



Primula elatior (L.) Hill.



Primula juliae Kuhn.



Primula macrocalyx Bunge.



Primula veris L.



Primula denticulata Smith.



Primula vulgaris Huds.

**ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРНОГО СТРЕССА
НА ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ РАСТЕНИЙ ПШЕНИЦЫ**



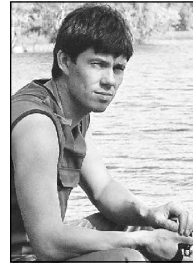
д.б.н., проф. **Т. Головкин**
зав. лабораторией экологической физиологии растений Института биологии Коми НЦ УрО РАН
E-mail: golovko@ib.komisc.ru

Научные интересы:
фотосинтез, дыхание, физиология, экология



д.б.н., проф. **А. Тихомиров**
зав. лабораторией управления биосинтезом фототрофов Института биофизики СО РАН

Научные интересы:
замкнутые системы жизнеобеспечения, управление биосинтетическими процессами, фотосинтез



к.б.н. **И. Далько**
н.с. лаборатории экологической физиологии растений Института биологии Коми НЦ УрО РАН

Научные интересы:
фотосинтез, дыхание, адаптация



к.б.н. **И. Заходный**
н.с. этой же лаборатории

Научные интересы:
физиология и биохимия растений

флуоресценции хлорофилла, активации процессов

перекисного окисления липидов. Нето-фотосинтез и дыхание измеряли у интактных листьев непрерывно в течение высокотемпературной экспозиции, затем через 1 и 2 суток после возвращения растений в исходные условия с помощью открытой системы, включающей газоанализатор Li-7000 (Licor, США), подключенный по дифференциальной схеме. Фотосинтетические пигменты экстрагировали из сырого растительного материала (150-200 мг) кипящим 100 %-ным ацетоном [5] и определяли на спектрофотометре UV 1700 (Shimadzu, Япония) [4]. Интенсивность перекисного окисления липидов (ПОЛ) анализировали по цветной реакции тиобарбитуровой кислоты (ТБК) с малоновым диальдегидом (МДА) [3]. Для оценки состояния фотосинтетического аппарата растений использовали метод индукции флуоресценции хлорофилла [9]. Измерения флуоресценции хлорофилла проводили с помощью специализированного флуориметра PAM-2100 (Walz, Германия).

Результаты и их обсуждение

Перекисное окисление липидов. Воздействие разных стрессоров индуцирует образование в клетках активных форм кислорода (АФК), которые способны повреждать различные биомолекулы (нуклеиновые кислоты, белки-ферменты, липиды клеточных мембран). Поскольку АФК высокотоксичны, они непрерывно находятся под контролем интегральных детоксицирующих процессов, в которых участвуют антиокислительные ферменты и органические антиоксиданты. Антиоксидантными свойствами обладают соединения, снижающие активность радикальных окислительных

В рамках сотрудничества с Институтами СО и ДВО РАН лаборатория экологической физиологии растений Института биологии Коми НЦ УрО РАН и лаборатория управления биосинтезом фототрофов Института биофизики СО РАН при поддержке гранта УрО и СО РАН проводят фундаментальные исследования, направленные на разработку научных основ использования растений в замкнутых системах жизнеобеспечения, включающих человека. Мировым лидером в решении этих проблем является Институт биофизики СО РАН, на базе которого функционирует международный центр. Экспериментально доказано, что для обеспечения высокой степени замкнутости по массобмену перспективным является использование высших растений как основного фототрофного звена – регенератора атмосферы и источника пищи для человека. Эта идея была реализована при создании уникального комплекса БИОС-3, созданного в Институте биофизики СО РАН. Из всех известных в мире искусственных биорегенеративных систем жизнеобеспечения (БСЖО) только БИОС-3 позволил в автономном режиме обеспечить жизнь экипажа из двух-трех человек в течение двух-четырех месяцев за счет замыкания цикла по воде и газу почти на 100 % и пище более чем на 50 % [1, 2, 8].

Для обеспечения функционирования фотосинтезирующего звена в искусственных БСЖО необходимо получение детальной информации об устойчивости и эффективности фотосинтетического аппарата растений, их способности адаптироваться к стрес-

совым нагрузкам при возникновении нештатных ситуаций и воздействии отходов жизнедеятельности человека. Целью настоящей работы было изучение действия и последствий высокой температуры на фотосинтетический аппарат листьев пшеницы.

Материалы и методы

Растения яровой пшеницы *Triticum aestivum* L., линия 232, выведенной специально для использования в качестве фототрофного звена в БСЖО [2, 8], культивировали в контролируемых условиях при круглосуточном освещении с интенсивностью ФАР 150 Вт/м². Густота стояния – 1000 растений/м². Температура воздуха 24 ± 1 °С, относительная влажность воздуха – 60 %. Метод выращивания – гидропоника на керамзите. Питательный раствор – вода с внесенными в нее минерализованными методом «мокрого сжигания» жидкими и твердыми выделениями человека. В 15-суточном возрасте (фаза вегетативного роста) растения пшеницы в течение 4 ч подвергали воздействию повышенной температуры – 44 °С. Интенсивность ФАР во время воздействия была равна 0, 150 и 250 Вт/м² (варианты 1, 2 и 3 соответственно). В другом опыте 4-часовому воздействию температуры 44 °С при освещенности 150 Вт/м² подвергали 24-дневные растения (вариант 4). После экспозиции все растения возвращали в исходные условия (освещенность 150 Вт/м², температура 24 °С).

Реакцию фотосинтетического аппарата на температурный стресс оценивали по изменению скорости СО₂-газообмена и транспирации, содержанию зеленых и желтых пигментов,

Таблица 1

Влияние температурного стресса на пигментный комплекс пшеницы, мг/г сухой массы

Время измерения	Хлорофилл а+б	а/б	Каротиноиды	Хл/каротиноиды
Контроль	10.96 ± 0.27	3.5	2.76 ± 0.08	4.0
Вариант 1				
После 4 ч воздействия	7.57 ± 0.39*	3.0	1.72 ± 0.13*	4.4
2 суток репарации	7.83 ± 0.37*	3.1	2.00 ± 0.13*	3.9
Вариант 2				
После 4 ч воздействия	9.28 ± 0.51	2.8	2.30 ± 0.16	4.1
2 суток репарации	7.36 ± 0.56*	3.8	1.91 ± 0.17*	3.9
Вариант 3				
После 4 ч воздействия	9.58 ± 0.84	3.3	2.38 ± 0.24	4.0
2 суток репарации	7.15 ± 0.70*	3.4	1.70 ± 0.17*	4.2

* Различия между контролем и опытом достоверны (p = 0.05).

процессов. К ним относятся глутатион, аскорбат, токоферолы, каротиноиды, ретинол, полиамины, убихинон. Детоксикация АФК происходит под действием антиоксидантных ферментов – супероксиддисмутазы, каталазы, пероксидазы. При высокой силе стресса нарушается про-/антиоксидантное равновесие. Накопление малонового диальдегида служит одним из индикаторов усиления ПОЛ. Особенностью ПОЛ является то, что окислению подвергаются преимущественно ненасыщенные жирные кислоты мембран. Окисление идет по двойной связи с образованием гидроперекисей, которые в дальнейшем распадаются. Активация ПОЛ приводит к нарушениям структуры и функций мембран.

Определения уровня МДА показали, что в листьях контрольных растений величина этого показателя составляла 85 нмоль/г сухой массы. Хотя у опытных растений и наблюдалась устойчивая тенденция накопления МДА, высокотемпературный стресс не вызвал достоверного изменения активности ПОЛ. Это свидетельствует о сохранении про-/антиоксидантного равновесия.

Пигменты. Концентрация зеленых и желтых пигментов в листьях контрольных растений пшеницы, выращенной в условиях замкнутой камеры на питательном растворе с включением отходов жизнедеятельности человека, составляла в среднем 11.9 и 2.7 мг/г сухой массы соответственно (табл. 1). Эти величины находятся в пределах, приводимых другими авторами для зерновых злаков [6, 7]. По содержанию и соотношению зеленых пигментов, доле хлорофиллов, принадлежащих светособирающему комплексу, данная пшеница относится к светолюбивым растениям, что типично для сельскохозяйственных культур. Величина соотношения хлорофиллов и каротиноидов варьировала в диапазоне 4.0-4.5. Такие соотношения характерны для растений умеренного климата.

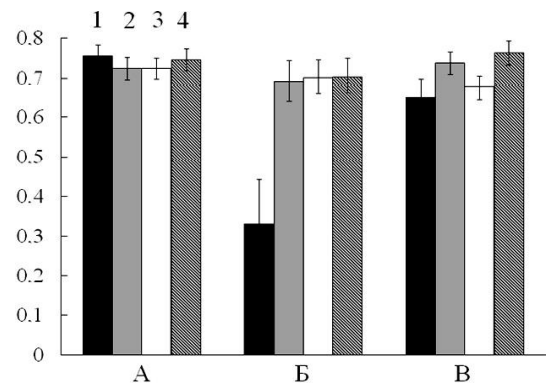
Экспонирование 15-дневных растений пшеницы при 44 °С приводило к нарушению пигментного аппарата (табл. 1). Концентрация зеленых пигментов после 4 ч высокотемпературной экспозиции в темноте и при ФАР 150 и 250 Вт/м² уменьшалась в среднем на 20 %. Процессы деградации хлорофиллов преобладали над их синтезом и в последующие двое суток. К концу опытов содержание фотосинтетических пигментов в листьях стрессированных растений было на 25-30 %

ниже по сравнению с контролем. Такие же закономерности были характерны для каротиноидов. Не выявили существенных различий в изменении содержания и соотношения фотосинтетических пигментов между опытными растениями, подвергавшимися воздействию высокотемпературного стресса при различном световом режиме (варианты 1-3). Поскольку проявлялась тенденция к снижению соотношения хлорофиллы/каротиноиды, можно отметить несколько большую стабильность желтых пигментов по сравнению с зелеными. Таким образом, высокотемпературное воздействие нарушало равновесие между процессами обновления и деградации фотосинтетических пигментов, усиливая их разрушение.

Флуоресценция хлорофилла. Изучение индукции флуоресценции хлорофилла в настоящее время является признанным методом получения информации о состоянии фотосинтетического аппарата растений. Это явление отражает процессы, происходящие в комплексах фотосистемы 2 (ФС 2).

Для оценки максимального квантового выхода ФС 2 исследовали показатель Fv/Fm, характеризующий соотношение количества квантов, используемых в разделении зарядов в ФС 2, и общего количества квантов, поглощенных антенными пигментами данной фотосистемы. Величина Fv/Fm у листьев молодых растений пшеницы в норме составляла 0.72-0.75 отн. ед. (см. рисунок). В конце 4-часового воздействия температуры на свету с интенсивностью ФАР 150 и 250 Вт/м² наблюдали незна-

чительное снижение (на 3-5 %) величины данного показателя. Последствие высокой температуры на величину квантового выхода наблюдалось, по крайней мере, еще в течение суток после возвращения растений в нормальные условия. К концу первых суток после снятия стресса значение Fv/Fm у 15-дневных растений составляло 90 и 95 % контроля. Более значительные и драматические изменения квантового выхода ФС 2 наблюдались в варианте 1, когда растения во время высокотемпературного стресса находились в темноте. После 4-часового действия высокой температуры величина Fv/Fm опытных растений была ниже на 50 % по сравнению с контрольными. Во время репарации после прекращения действия стресс-фактора квантовый выход ФС 2 в листьях опытных растений медленно восстанавливался и через двое суток его величина составляла 85% контроля. Определения максимального квантового выхода листьев 24-дневных рас-



Влияние температурного стресса на максимальный квантовый выход фотохимии ФС 2 (Fv/Fm, отн. ед.) листьев пшеницы.

Условные обозначения: А – контроль, Б – после 4-часового воздействия температуры 44 °С, В – через 2 сут. после возвращения растений в исходные условия; 1, 2, 3 – 15-дневные растения, стрессированные высокой температурой в темноте при 150 и 250 Вт/м² ФАР соответственно; 4 – 24-дневные растения, стрессированные высокой температурой при 150 Вт/м² ФАР.

тений, стрессированных действием высокой температуры на свету с интенсивностью ФАР 150 Вт/м², не выявили существенных различий с более молодыми растениями. Величина параметра Fv/Fm снижалась во время стресса и релаксировала до значений несколько выше контрольных к окончанию вторых суток репарации.

Судя по изменениям максимально-го квантового выхода, можно заключить, что высокотемпературный стресс на свету не оказывает существенного влияния на эффективность первичного разделения зарядов в комплексах ФС 2, тогда как при темновой экспозиции происходит значительное нарушение данной функции. Листья растений, которые испытали действие высокой температуры в темноте, показывали также сильное (более чем вдвое) снижение величины реального квантового выхода (Y) к концу термической обработки, но спустя двое суток величина Y листьев стрессированных в темноте растений составляла уже 86-87 % контроля.

Изучение индукции флуоресценции хлорофилла и обобщение данных показало, что в норме максимальная квантовая эффективность ФС 2 листьев пшеницы, выращиваемых в закрытой системе на питательном растворе с включением минерализованных экзометаболитов человека, равна 0.72-0.75. Это несколько ниже 0.8 – величины, приводимой в литературе для здоровых, нормально функционирующих листьев. Высокая температура в темноте вызывала значительное снижение Fv/Fm. Уменьшение величины Fv/Fm связывают обычно с повреждением комплексов ФС 2 и, в частности, повреждением белка D1 *cor*-комплекса ФС 2 [11]. Свет во время высокотемпературного воздействия оказывал защитное действие на ФС 2, способствуя, по-видимому, сохранению нативной структуры белков *cor*-комплекса.

CO₂-газообмен. Скорость поглощения CO₂ листом на свету является одним из важнейших показателей функциональной активности фотосинтетического аппарата. По изменению нетто-фотосинтеза (Pn) можно судить о влиянии внешних и внутренних факторов на фотосинтетическую деятельность и состояние растений.

С использованием современной ИК-газометрии исследовали устойчивость CO₂-газообмена (фотосинтеза и дыхания) растений яровой пшеницы к высокой температуре. До начала прогрева скорость CO₂-газообмена моло-

дых, функционально зрелых листьев 15-дневных растений составляла 5-6 мкмоль CO₂/м²с, что эквивалентно 9-10 мг CO₂/дм²ч (табл. 2). При этом интенсивность транспирации листьев достигала 3-5 г H₂O/дм²ч. С учетом удельной поверхностной плотности листьев (0.40 г/дм²) скорость нетто-фотосинтеза листьев контрольных растений равнялась около 25 мг CO₂/г сухой массы ч, скорость темнового дыхания составляла в среднем 8 % скорости наблюдаемого фотосинтеза.

Воздействие на растения в течение 4 ч температуры 44 °С на свету интенсивностью ФАР 150 и 250 Вт/м² вызывало полное ингибирование видимого поглощения CO₂ листьев. Скорость ассимиляции CO₂ снижалась постепенно и составляла после 2-часового прогрева при 150 Вт/м² около 50 % первоначальной величины. Интенсивность транспирации, наоборот, возрастала в первые 30-50 мин. в 3-4 раза и поддерживалась на высоком уровне в течение всего времени действия стресс-фактора. У листьев растений, получавших ФАР интенсивностью 250 Вт/м², выделение CO₂ наблюдали уже через 2 ч от начала высокотемпературного воздействия. В конце 4-часового прогрева во всех вариантах, кроме 24-дневных растений, наблюдали выделение CO₂. В течение 30-50 мин. после возвращения растений в нормальные условия листья продолжали выделять CO₂ на свету.

Через 24 ч после действия высокой температуры отмечали восстановление ассимиляционной функции растений. Скорость фотосинтеза листьев составляла 83 и 45 % контроля для листьев растений варианта 1 и 2 соответственно. Через 48 ч после высокотемпературного стресса листья фотосинтезировали примерно с одинаковой скоростью (около 3.3 мкмоль CO₂/м²с), что на 40-50 % ниже по сравнению с нестрессированными (контрольными) растениями. При этом опытные растения мало отличались от

контрольных по скорости транспирации. Если растения находились в темноте во время действия высокой температуры, то характер и направленность изменений нетто-фотосинтеза в целом были аналогичными описанным выше. Отличие состояло в том, что к концу эксперимента (через 48 ч) после возвращения растений в нормальные условия скорость нетто-фотосинтеза восстанавливалась полностью и листья растений после прогрева превышали контрольные по ассимиляции CO₂ почти в 1.5 раза.

Фотосинтетический газообмен листьев 24-дневных растений (фаза трубкования) был более устойчив к высокой температуре (табл. 2). К концу 4-часового воздействия 44 °С на свету с интенсивностью ФАР 150 Вт/м² наблюдаемый CO₂-газообмен поддерживался на уровне 50 % исходного и полностью восстанавливался к концу первых суток после высокотемпературного воздействия, превышая по этому показателю контрольные растения.

Анализ данных по газообмену с учетом дыхательной компоненты показал, что истинный (наблюдаемый фотосинтез + темновое дыхание) фотосинтез листьев после снятия стресса изменяется аналогично наблюдаемому (табл. 2). Судя по соотношению скорости истинного и нетто-фотосинтеза, во время и сразу после высокотемпературного воздействия листья освещенных растений способны к незначительной реассимиляции CO₂, выделяемого при дыхании.

Таким образом, определения CO₂-газообмена показали, что высокотемпературный стресс, действующий в течение 4 ч, обратимо ингибирует нетто-фотосинтез листьев пшеницы. Сопоставление данных по CO₂-газообмену и других показателей, характеризующих состояние фотосинтетического аппарата, дает основание заключить, что ингибирование нетто-фотосинтеза не связано с увеличением устьичного сопротивления. Наоборот, судя по

Таблица 2
Влияние свето-температурного стресса на CO₂-газообмен листьев 15-дневных (варианты 1-3) и 24-дневных (вариант 4) растений пшеницы, мкмоль CO₂/м²с

Время измерения	Видимый CO ₂ -газообмен				Истинный CO ₂ -газообмен		
	вариант				вариант		
	1	2	3	4	2	3	4
Контроль	-0.8*	5.6	6.5	3.8	6.1	6.8	4.7
4 ч прогрева	-2.1*	-1.3	-0.4	1.8	-1.3	-0.4	-2.3
Через 2 сут. при 20 °С	-1.1*	3.5	3.2	5.8	5.1	5.8	7.3

* Темновое дыхание.

усилению транспирации, оно возрастало во время температурного стресса.

Заключение

Разработана методология и выполнены комплексные исследования, позволяющие оценить устойчивость и прогнозировать поведение фотосинтетического аппарата яровой пшеницы (линия 232) как фототрофного звена в БСЖО. Определены содержание и соотношение пигментов, параметры флуоресценции хлорофилла и CO₂-газообмена листьев растений двух возрастов (15 и 24 дней от всходов) при выращивании в замкнутой камере на питательном растворе, включающем минерализованные экзометаболиты человека. При используемых свето-температурном режиме и относительной влажности воздуха в камере функциональные параметры листьев пшеницы находились в пределах величин, характерных для зерновых злаков в оптимальных условиях.

Температура 44 °С, воздействующая на растения в течение 4 ч на свету или в темноте, полностью подавляла нетто-фотосинтез на фоне резкого увеличения транспирации. Однако в течение суток после стрессорного воздействия положительный газообмен восстанавливался. Изменения в пигментном комплексе были не столь драматичными. Наблюдалось снижение содержания фотосинтетических пигментов в среднем на 25 % во время действия и последствие высокой температуры, что может служить признаком окислительного стресса. Выявлена реакция фотосинтетического аппарата на уровне первичных процессов фотосинтеза, связанных с функционированием фотосистем. В норме максимальная квантовая эффективность ФС 2 листьев растений пшеницы, выращиваемой в закрытой системе на питательном растворе с включением минерализованных экзометаболитов человека, была на 10 % ниже

величины, приводимой в литературе для здоровых, нормально функционирующих листьев. Установлено, что высокотемпературный стресс на свету не оказывает значительного влияния на фотохимию ФС 2, тогда как при темновой экспозиции происходит существенное нарушение данной функции. В целом полученные с помощью метода анализа индукционных кривых флуоресценции данные позволяют сделать заключение о высокой степени защищенности ФС 2 хлоропластов листьев пшеницы и включении механизмов быстрой адаптации фотосинтетического аппарата при воздействии температурного стресса. Через сутки сохранялось лишь незначительное последствие стресса.

Полученные результаты указывают на сложные функциональные взаимосвязи между энергетическими и метаболическими системами. В норме около половины всего количества АТФ, образующегося в процессе фотофосфорилирования, используется для ассимиляции углекислоты. Поскольку высокотемпературный стресс приводил к ингибированию нетто-фотосинтеза при эффективно функционирующих энергетических системах, можно полагать, что во время стрессорного воздействия резко возрастают затраты энергии на поддержание и репарацию фотосинтетического аппарата и других клеточных структур, активацию систем адапционного ответа, включая антиоксидантную. В пользу такого заключения свидетельствует и тот факт, что повреждающее действие высокой температуры на фотосистемы проявлялось сильнее, если растения находились в темноте во время действия стресс-фактора.

ЛИТЕРАТУРА

1. (Гительзон И.И., Лисовский Г.М., Тихомиров А.А.) Gitelson J.I., Lisovsky G.M., Tikhomirov A.A. Optimal structure of plant conveyor for human life support in a closed ecosystem «BIOS-3» // Plant

production in closed ecosystems. Amsterdam: Kluwer Acad. Publ., 1997. P. 297-304.

2. Замкнутая система: человек-высшие растения / Под ред. Г.М. Лисовского. Новосибирск, Наука, 1979. 160 с.

3. Лукаткин А.С. Холодовое повреждение теплолюбивых растений и окислительный стресс. Саранск, 2002. 208 с.

4. Маслова Т.Г., Попова И.А., Попова О.Ф. Критическая оценка спектрофотометрического метода количественного определения каротиноидов // Физиология растений, 1986. Т. 33. С. 615-619.

5. Метод фиксации и хранения листьев для количественного определения пигментов пластид / Д.И. Саложников, Т.Г. Маслова, О.Ф. Попова и др. // Бот. журн., 1978. Т. 63. С. 1586-1592.

6. Физиология сельскохозяйственных растений. Т. IV. Пшеница. М.: Изд-во МГУ, 1969. С. 298-330.

7. То же. Т. VI. Зернобобовые растения. Многолетние травы. Хлебные злаки рожь, ячмень, овес, просо и гречиха. М.: Изд-во МГУ, 1970. С. 495-526.

8. Экспериментальные экологические системы, включающие человека / И.И. Гительзон, Б.Г. Ковров, Г.М. Лисовский и др. // Проблемы космической биологии. М.: Наука, 1975. Т. 28. 312 с.

9. Krause G.H, Weiss E. Chlorophyll fluorescence and photosynthesis // Ann. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol., 1991. Vol. 42. P. 313-349.

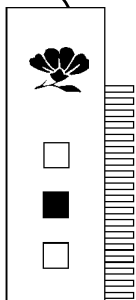
10. Lichtenthaler H.K. Chlorophylls and carotenoids-pigments of photosynthetic biomembranes // Methods in Enzymology, 1987. Vol. 148. P. 350-382.

11. Regulation of D1-protein degradation during photoinhibition of photosystem II in vivo: phosphorylation of the D1 protein in various plant groups / E. Rintamaki, R. Salo, E. Lentonen et al. // Planta, 1995. Vol. 195, № 3. P. 379-386. ❖

НАШИ ПОЗДРАВЛЕНИЯ

Флюзе Мубараквне Хабибуллиной с успешной защитой диссертации на соискание ученой степени доктора биологических наук (03.00.16 – экология) «Почвенная микобиота естественных и антропогенно нарушенных экосистем северо-востока европейской части России» (диссертационный совет Д 004.007.01 при Институте биологии Коми НЦ УрО РАН)!

Желаем дальнейших творческих успехов!





РАСТИТЕЛЬНЫЕ КОМПЛЕКСЫ МЕЗОТРОФНЫХ БОЛОТ БАСЕЙНА РЕКИ ЛУЗА

к.б.н. **Н. Гончарова**
 м.н.с. отдела лесобиологических проблем Севера
 E-mail: goncharova@ib.komisc.ru

Научные интересы: *болотоведение*

Комплексность растительного покрова болот – одна из наиболее ярких особенностей его структуры. Выделяют два типа горизонтальной гетерогенности: мозаичность и комплексность [18]. Как отмечает Е.М. Лавренко [11], комплексы характеризуются отсутствием взаимодействия между соседними фитоценозами, оно проявляется лишь на границах сообществ. Их характеристика является неотъемлемым и очень важным компонентом исследования болотных массивов, так как наличие или отсутствие комплексов, их расположение в пределах болота, характер микрорельефа, трофность его элементов являются диагностическими признаками при классификации болотных массивов. Но внимание болотоведов сосредоточено главным образом на хорошо выраженных грядово-мочажинных и грядово-озерковых комплексах верховых и аапа болот [8, 9, 12]. Изученная нами структура комплексов, характерная для переходных болот, в какой-то мере закрывает почти белое пятно, существовавшее в исследованных болот России. В данной работе мы стремимся показать особенности растительных комплексов переходных болот, подчеркнуть их экотонный характер, проявляющийся в наличии переходных элементов в большинстве комплексов.

Исследуемая территория располагается на Русской платформе, на обширной холмистой равнине, расположенной к северу от Северных Увалов (59°00'–60°00' с.ш. и 48°00'–50°30' в.д.). Она находится вне границ последнего оледенения, но в пределах предыдущего (Московского), границей которого и являются Северные Увалы [2, 3]. На западе район сложен юрскими континентальными песками, глинами, песчаниками, морскими песчано-глинистыми и карбонатными отложениями [15]. На востоке – отложениями триасовой системы. Они представлены преимущественно континентальными пестроцветными песчаниками, песками, глинами, конгломератами и другими обломочными породами [2, 14]. В формировании современного рельефа огромную роль играли четвертичные отложения мощных оледенений, которые представлены преимущественно флювиогляциальными – на западе, и аллювиальными отложениями [2, 7]. Географическое положение и удаленность от Атлантического океана определили климат района, характеризующийся как умеренно-континентальный с холодной продолжительной зимой, короткой весной, умеренно теплым летом и продолжительной, дождливой осенью. Среднегодовая амплитуда температуры составляет +1 °С. Период с устойчивым снежным покровом длится около 165 дней. Продолжительность вегетационного периода – 151 день (май-сентябрь). Для района характерна повышенная норма осадков, годовая сумма составляет 700-800 мм, из них на летний период приходится около 70 % [1, 2]. Согласно почвенно-географическому районированию [13], исследуемая территория входит в Луза-Сысольский округ подзолистых и болотно-подзолистых почв подзоны средней тайги. Почвообразующими породами на всей территории являются четвертичные ледникового и водно-ледникового происхождения отложения, на водоразделах это супесчаные, подстилаемые моренными суглинками, в долине Лузы – песчаные [2].

Район исследований находится в подзоне средней тайги вблизи ее южной границы и относится к Сухоно-Лузскому округу Северодвинско-Верхнеднепровской подпровинции Североевропейской провинции [4]. Коренными здесь являются еловые зеленомошные черничные леса, встречаются долгомошные и сфагновые. Но еловые леса на большей части территории сведены, на их месте произрастают березовые и осиново-березовые, занимающие больше 60 % территории [5, 16]. В коренных еловых лесах и производных на их месте, по нашим наблюдениям, встречается примесь пихты. Около 15 % лесов приходится на долю сосняков зеленомошных и долгомошных. В долинах рек развиты разнотравно-злаковые, крупнозлаковые и осоковые луга, а также ивняки (*Salix viminalis* и др.) и фрагменты лесов из *Anulus incana*, *Betula pubescens*, *Picea abies* × *Picea obovata*. Болот немного, их площадь не превышает 5-6 % территории [17]. Вдоль рек сравнительно небольшие площади занимают сельскохозяйственные земли [4].

Работа выполнена в Институте биологии Коми НЦ УрО РАН в период с 2002 по 2005 г. Исследована структура растительного покрова 12 естественных болотных массивов или их систем, расположенных в бассейне среднего течения р. Луза и ее притоков, а также на водоразделе рек, тяготеющем к бассейну р. Визинга, притоку Сысолы. При исследовании растительного покрова конкретных болот использовали цветные аэрофотоснимки масштаба 1:16660, по ним предварительно намечали места проведения профилей и закладки временных пробных площадей (ВВП) на участках с наиболее типичными растительными комплексами. Геоботанические описания растительных сообществ проводили по общепринятой методике, в комплексах описывали отдельно слагающие их фитоценозы. В каждом комплексе измеряли высоту, длину и ширину кочек и гряд и определяли долю (%) их площади на ВПП, отмечали уровень стояния болотно-грунтовых вод (УБГВ) от поверхности мохового покрова.

В целом, гетерогенность растительного покрова не характерна для переходных болот, возможно, в связи с этим и, кроме того, вследствие недостаточной изученности переходных болот почти нет данных об их комплексах. Однако следует отметить, что в центральных частях исследованных переходных болот преобладают различные комплексы, занимающие до 70-80 % площади массивов. Трудно-

сти, которые возникают при их изучении, обусловлены континуальностью растительного покрова. Комплексность растительного покрова четко связана с элементами микрорельефа и, следовательно, с характером увлажнения, в первую очередь с УБГВ. Из всех известных форм микрорельефа (микроформ), которые выделяются многими исследователями-ботаниками, на болотах нашего региона представлены следующие:

1. гряды (высота более 20 см, длина превышает ширину более чем в два раза);
2. кочки (высота над поверхностью болота от 20 см);
3. подушки (высота над поверхностью болота 5-20 см);
4. ковры (ровная сфагновая поверхность, УБГВ более -10 см);
5. топи (вытянутые в длину, сильно обводненные пониженные участки болот, не имеющие четких границ, занимают от 60 % в комплексе, УБГВ +2...0...-10 см, обычно преобладают сфагновые мхи);
6. мочажины (четко отграниченные понижения, вытянутые перпендикулярно стоку, УБГВ значительно варьирует от 0 до -15 см, обычно преобладают сфагновые мхи);
7. римпы (мочажины, характерные для аапа болот, покрытые водой понижения, УБГВ +2...+5(10) см, растительный покров плохо развит, среди мхов господствуют бриевые).

Сочетание этих микроформ образуют различные типы микрорельефа, которые в свою очередь определяют пространственную структуру растительного покрова. Наиболее детальная морфологическая классификация комплексов была разработана А.А. Ниценко [10]. Следуя ей, все комплексы исследованных болот были объединены по характеру микрорельефа, к которому они приурочены, в следующие типы: кочковато-топяные, западинно-топяные, кочковато-мочажинные, грядово-мочажинные и др. Из них наиболее широко представлены разнообразные гомотрофные кочковато-топяные комплексы. Они состоят из кочек, топей и ковров в разном соотношении.

Кочки – повышения разного размера (высота 25-55 см, диаметр от 1 до 5 м) – занимают 20-50 % площади комплексов. На них господствуют вересковые кустарнички, *Eriophorum vaginatum* и «кочковые» виды мхов: *Sphagnum fuscum*, *S. magellanicum*, *S. angustifolium*. К ним также приурочены *Pinus sylvestris*, *Drosera rotundifolia*, *Carex pauciflora*, *Oxycoccus microcarpus*, *Pleurozium schreberi*, *Aulacomnium palustre*, *Sphagnum capillifolium*, *S. russowii*, *Polytrichum strictum*, *Cladina arbuscula*, *C. rangiferina*. Понижения представлены сфагновыми топями и/или коврами (УБГВ варьирует значительно от +2 до -15 см от поверхности мохового покрова в летний период). Видовой состав этих микроформ довольно беден. Здесь произрастают *Carex limosa*, *Menyanthes trifoliata*, *Scheuchzeria palustris*. Деревьев нет, кустарнички (кроме клюквы) единичны, и часто угнетены. Сфагновый покров ковров образован *Sphagnum fallax*, топей – *Sphagnum jensenii*, *S. majus*, иногда *S. fallax*.

Растительность этих комплексов в зависимости от размеров элементов микрорельефа, УБГВ, а также положения комплексов в пределах массива (центр, окрайка) может быть представлена сообществами, относящимися к разным ассоциациям. Наиболее распространенными кочковато-топяными комплексами являются:

Chamaedaphne calyculata + *Andromeda polifolia* – *Sphagnum magellanicum* + *S. angustifolium* и *Scheuchzeria palustris* + *Carex limosa* – *Sphagnum fallax*

Chamaedaphne calyculata + *Andromeda polifolia* – *Sphagnum magellanicum* + *S. angustifolium* и *Menyanthes trifoliata* – *Sphagnum fallax*

Chamaedaphne calyculata + *Andromeda polifolia* – *Sphagnum magellanicum* + *S. angustifolium* и *Eriophorum vaginatum* – *Sphagnum fallax*

Chamaedaphne calyculata + *Andromeda polifolia* – *Sphagnum magellanicum* + *S. angustifolium* и *Carex rostrata* – *S. fallax*

Pinus sylvestris – *Chamaedaphne calyculata* – *Eriophorum vaginatum* – *Sphagnum fuscum* и *Scheuchzeria palustris* + *Carex limosa* – *Sphagnum fallax*

Pinus sylvestris – *Chamaedaphne calyculata* + *Eriophorum vaginatum* – *Sphagnum magellanicum* + *S. angustifolium* и *Eriophorum vaginatum* – *Sphagnum fallax*

Pinus sylvestris – *Chamaedaphne calyculata* + *Eriophorum vaginatum* – *Sphagnum magellanicum* + *S. angustifolium* и *Scheuchzeria palustris* + *Carex limosa* – *Sphagnum fallax*.

Именно эти комплексы характерны для центральных частей почти всех болот, где они хорошо выражены и занимают до 90-100 % площади. Реже встречаются по окрайкам (10-30 %), постепенно переходя в западинно-топяные комплексы и мозаичные сообщества или сменяются гомогенными участками.

В центральных частях некоторых болот наряду с кочковато-топяными появляются сходные по растительности кочковато-мочажинные комплексы (кочки 20-40 %), которые переходят в слабо выраженные грядово-мочажинные (гряды занимают 20-30 %, их высота 30-50 см, длина до 20 м, ширина 1-4 м). Одни из них, так же как и предыдущие, являются гомотрофными и приурочены к наиболее бедным питательными веществами частям болот. Такие участки представлены следующими грядово-мочажинными комплексами:

1. Двучленными – *Pinus sylvestris* – *Chamaedaphne calyculata* + *Andromeda polifolia* – *Sphagnum magellanicum* + *S. angustifolium* и *Scheuchzeria palustris* + *Carex limosa* – *Sphagnum fallax*

Eriophorum vaginatum – *Chamaedaphne calyculata* + *Andromeda polifolia* – *Sphagnum magellanicum* + *S. angustifolium* и *Scheuchzeria palustris* + *Carex limosa* – *Sphagnum fallax*

Pinus sylvestris – *Chamaedaphne calyculata* – *Eriophorum vaginatum* – *Sphagnum fuscum* и *Scheuchzeria palustris* + *Carex limosa* – *Sphagnum fallax*

2. Трехчленными – *Chamaedaphne calyculata* + *Andromeda polifolia* – *Sphagnum magellanicum* + *S. angustifolium* и *Chamaedaphne calyculata* – *Eriophorum vaginatum* – *Sphagnum fuscum* и *Scheuchzeria palustris* + *Carex limosa* – *Sphagnum fallax*.

Наряду с грядово-мочажинными на исследованных болотах встречаются комплексы, отличающиеся (по морфологии и растительному покрову) более сложной структурой. Это гетеротрофные грядово-мочажинные комплексы, характерные для аапа болот. Хотя гетеротрофность выражена не так четко, как на более северных аапа болотах. В большинстве они многочленные и образованы сочетанием невысоких, коротких гряд (20-30 см, до 10 м), которые соединены между собой посредством плоских кочек – подушек – и мозаикой из мочажин, римпи.

Растительность гряд аналогична повышениям гомотрофных комплексов. На них также доминируют из сосудистых – кустарнички и/или *Eriophorum vaginatum*, из мхов – *Sphagnum magellanicum* и *S. angustifolium*. В более обводненных мочажинах, кроме *Carex limosa*, *Scheuchzeria palustris*, господствует *Menyanthes trifoliata*. Напочвенный покров образован *Sphagnum fallax*, *S. jensenii*, *S. majus* с примесью видов р. *Drepanocladus s.l.* Римпи могут занимать до 15 % площади комплексов, как правило, они вытянуты вдоль линии стока. Одни из них довольно глубокие (УБГВ +4...+8, зеркало около 80 %) и в таком случае растительный покров представлен *Menyanthes trifoliata*, *Rhynchospora alba*, *Warnstorfia exannulata*, *Sphagnum jensenii*, которые образуют бордюры. В других вода стоит на поверхности, иногда они пересыхают (УБГВ +4...0...–2 см), из сосудистых растений здесь разреженный полог образуют *Carex limosa*, *Scheuchzeria palustris* (ПП 5 %), в приземном ярусе – *Drosera anglica*, *Utricularia vulgaris*, реже *U. minor*. Из мхов произрастает только *Warnstorfia exannulata*. По краю комплекса распространены ковры из *Sphagnum papillosum*, *S. angustifolium* и *S. fallax*.

В качестве примера грядово-мочажинного аапа комплекса назовем изученный нами в центральной части одного из болот многочленный комплекс (рис. 1). Комплекс состоит из шести микроформ, занятых определенными растительными сообществами, между которыми прослеживается тесная связь через ряд переходных фитоценозов. Поэтому, вероятно, не совсем правильно утверждение, приведенное выше, об отсутствии связей между сообществами, образующими комплекс. Во всяком случае, в комплексах исследованных нами переходных болот такие связи очевидны.

Большую часть комплекса занимают топяные ковры (60 %, УБГВ –10 см), занятые *Menyanthes trifoliata* – *Scheuchzeria palustris* + *Carex limosa* – *Sphagnum fallax* сообществом (рис. 1, 1). На коврах группами, образуя кочки (дернины), произрастает *Eriophorum vaginatum*. Ковер не однороден, на нем единично отмечены обводненные топи – западины (2 %, УБГВ –2 см; рис. 1, 2). Травяно-кустарничковый ярус их также образован *Menyanthes trifoliata*, *Scheuchzeria palustris*, *Carex limosa*. Но в моховом покрове господствует уже не *Sphagnum fallax*, а более гидрофильный *Sphagnum jensenii*. Около 10 % площади комплекса занимают мочажинны – римпи (рис. 1, 3а). Около 30 % – небольшое озерко (зеркало 30 %; рис. 1, 3б), бордюры которого образован *Carex limosa* и *Sphagnum jensenii* (УБГВ 0...+2 см). Над топяным ковром незначитель-

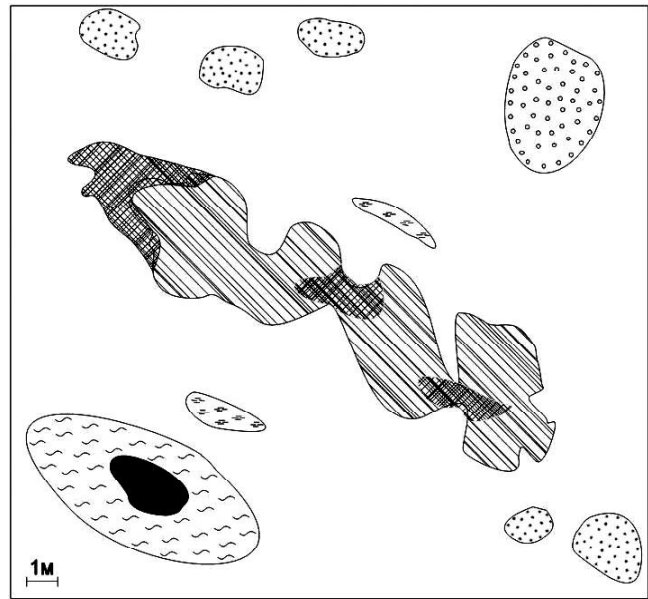


Рис. 1. Фрагмент гетерогенного многочленного грядово-мочажинного комплекса болота Луннюр, представленный в виде пространственной модели, выполненной на компьютере.

Условные обозначения: 1 – топяной ковер, 2 – топи-западины, 3 – римпи (а) и открытая вода (б), 4 – гряды (а, б), 5 – кочки, 6 – подушки.

но возвышаются (10-15 см) едва различимые вблизи гряды, занимающие около 20 % площади комплекса (рис. 1, 4а, 4б). Они образованы чередующимися сообществами *Andromeda polifolia* – *Sphagnum magellanicum* (рис. 1, 4а) и *Eriophorum vaginatum* – *Carex rostrata* – *Sphagnum angustifolium* (рис. 1, 4б). Между этими сообществами существует ряд переходных стадий, которые близки по структуре сообществам подушек (рис. 1, 5). Подушки невысокие (5-15 см) и занимают около 5 % комплекса. На них преобладают *Andromeda polifolia* и *Oxycoccus palustris*. Также довольно обильны и заползающие с ковров *Menyanthes trifoliata*, *Scheuchzeria palustris*, *Carex limosa*. Напочвенный покров образован *Sphagnum magellanicum* (75 %) и *S. fallax* (25 %). Единично в комплексе отмечены довольно высокие кочки (40 см), занимающие около 3 % комплекса (рис. 1, б). На них доминируют *Eriophorum vaginatum* и *Carex pauciflora*. Менее обильны *Andromeda polifolia*, *Chamaedaphne calyculata*. Напочвенный покров сложен *Sphagnum magellanicum*, здесь же появляются *Polytrichum strictum* и *Sphagnum angustifolium*.

Интересно, что развитие растительного покрова и характера микрорельефа можно проследить не только в комплексах, где основным фактором различий в структуре сообществ является УБГВ, но и в связи с развитием болотных массивов. Например, на болоте Мыт-Пыл-Нюр характер микрорельефа и растительности изменяется по мере удаления от реки (рис. 2). В связи с этим условно болото можно разделить на три части, границами которых являются береговые валы. По существу эти части являются самостоятельными болотными массивами, соединенными в систему, и связаны движением воды, которое особенно заметно в местах, где ручей прорезает вал. Первая часть простирается от берега болота до

первого берегового вала. Для данной части характерен мелко-кочковато-топяной комплекс, где кочки составляют 20-25 % и образованы вокруг угнетенной сосны и сухостойных деревьев. На них господствуют кустарнички (*Chamaedaphne calyculata*, *Andromeda polifolia*, *Oxycoccus palustris*) и сфагновые мхи (*Sphagnum magellanicum*, *S. capillifolium*). На сфагновых коврах (*S. fallax*) распространены пушицево-шейхцериево-вахтовые (УБГВ 0...–2 см) и осоково-вахтовые сообщества (УБГВ –4...–6 см). По берегу гряды тянется топкая полоса из *Carex lasiocarpa*, *Comarum palustre* и *Equisetum fluviatile*. Следующую лесную гряду уже почти поглотило болото и она выделяется только по очень угнетенной сосне и довольно густому сухостою. Поэтому вторая часть болота занимает участок от первого до третьего сосново-чернично-зеленомошного, сосново-бруснично-лишайникового берегового вала. Микрорельеф этой части становится кочковато-мочажинным, местами кочки настолько близко расположены друг от друга, что напоминают гряды (повышения занимают 20 %). Кроме *Andromeda polifolia*, *Chamaedaphne calyculata*, *Ledum palustre*, *Oxycoccus palustris*, здесь на кочках появляется *Betula nana* (становится одним из содоминантов), также на кочках появляются и травы (*Carex paupercula*, *C. rostrata*, *Eriophorum vaginatum*, *Drosera rotundifolia* и др.). Встречаются и кочки, где доминирует *Eriophorum vaginatum*. Мхи представлены *Sphagnum magellanicum*, *S. angustifolium*, как примесь – *Pleurozium schreberi*, *Aulacomnium palustre*. Растительный покров мочажин-ковров (УБГВ –12...–14 см) на всей этой части довольно однородный и представлен сообществами с преобладанием *Carex limosa* и *Menyanthes trifoliata* (сообщества формации *Sphagnum fallax*). Оставшаяся часть занимает пространство между третьим валом и противоположным от реки берегом. Для данной части характерен кочковато-топяной, местами зачинающийся грядово-мочажинный комплекс. Древесный ярус представлен разреженной сосной (высота до 5 м), много сухостойных деревьев. Доля кочек составляет 30-35 %. На повышениях развиты кустарничково-сфагновые и пушицево-сфагновые сообщества. Кроме кочек на топах-коврах отмечены незначительные повышения – подушки (около 20 %). На подушках обильны *Oxycoccus palustris* и *Sphagnum magellanicum*. Сами топи (*Sphagnum fallax*, *S. jensenii*) довольно обводнены (УБГВ –7...–10 см) и образованы в основном *Scheuchzeria palustris* и/или *Carex limosa*. Ближе к периферии кочковато-топяной комплекс переходит в мелкококочковатый. На окраине распространены сообщества с *Carex rostrata*, *C. lasiocarpa*, *Menyanthes trifoliata* и *Sphagnum angustifolium*, за ними следует заболоченный кустарничково-травяно-сфагновый сосняк.

В некоторых случаях мы можем говорить о гомогенности того или иного болотного участка [6]. На гомогенных болотных участках растения произрастают в более или менее однородной смеси на про-



Рис. 2. Схема изменения комплексов на болоте Мыт-Пыл-Нюр.

должительном расстоянии. Выделение гомогенных участков является в какой-то мере условным (это зависит от размера участка), так как и в пределах одного сообщества есть различия в обилии, жизненности и размерах того или иного вида. Участки с гомогенной растительностью в нашем случае встречаются единично и приурочены они к ровным мезотрофным коврам в основном «береговых частей» болотных массивов и представлены сообщества-

ми ассоциаций, в которых господствуют осоки: *Pinus sylvestris* – *Carex lasiocarpa* – *Sphagnum magellanicum* + *S. angustifolium*, *Carex rostrata* – *Sphagnum magellanicum* + *S. angustifolium*, *Carex lasiocarpa* – *Sphagnum fallax*, *Carex rostrata* – *Sphagnum fallax*, а также фитоценозами ассоциации *Pinus sylvestris* – *Chamaedaphne calyculata* + *Eriophorum vaginatum* – *Sphagnum magellanicum* + *S. angustifolium*. Эти же сообщества образуют и мозаичные участки, чередуясь между собой на коврах и топах большинства болот.

Таким образом, особенностью исследованных болот является многообразие типов комплексов, что отражается и на структуре растительного покрова – переходный характер некоторых фитоценозов. Например, топяные сообщества ассоциации *Eriophorum vaginatum* – *Sphagnum fallax*, переходящие через ряд стадий к сообществам повышений – *Chamaedaphne calyculata* – *Eriophorum vaginatum* – *Sphagnum magellanicum* + *S. angustifolium*. В одном комплексе могут встречаться почти все элементы микрорельефа: зачинающиеся гряды, высокие кочки, подушки, мочажины, мочажины-римпи. В процессе развития болотного массива постепенно изменяется и характер растительного покрова, его рисунок. Полученные нами данные позволяют нам говорить о том, что в настоящее время растительный покров исследованных болот находится на стадии становления, а развитие исследованных болот идет в двух направлениях: 1) увеличение олиготрофности всех членов комплекса и образование гомотипных комплексов, 2) олиготрофизация отдельных структур (кочек и гряд) и образование гетеротипных комплексов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Агроклиматические ресурсы Коми АССР. Л., 1973. 135 с.
2. Атлас Коми АССР. М., 1964. 112 с.
3. Варсанюфьева В.А. Геоморфология // Производительные силы Коми АССР. М., 1953. Т. 1. С. 257-322.
4. Геоботаническое районирование Нечерноземья европейской части РСФСР / Под ред. В.Д. Александровой, Т.К. Юрковской. Л., 1989. 64 с.
5. Дегтева С.В. К проблеме изучения биологического разнообразия вторичных мелколиственных лесов среднетаежной подзоны Республики Коми // Биологическое разнообразие антропогенно трансформированных ландшафтов европейского северо-востока России. Сыктывкар, 1996. С. 90-101. – (Тр. Коми НЦ УрО РАН; № 149).

6. Елина Г.А., Кузнецов О.Л., Максимов А.И. Структурно-функциональная организация и динамика болотных экосистем Карелии. Л., 1984. 128 с.

7. Историко-культурный атлас Республики Коми. М., 1997. 384 с.

8. Кузнецов О.Л. Структура и динамика грядово-мочажинных комплексов аапа болот // Бот. журн., 1982. Т. 67, № 10. С. 1394-1400.

9. Мазинг В.В. Развитие географических комплексов верховых болот Эстонии // Учен. зап. Латв. ун-та, 1960. Т. 37. С. 337-389.

10. Ниценко А.А. О классификации болотных комплексов // Бот. журн., 1960. Т. 45, № 11. С. 1630-1639.

11. Полевая геоботаника / Под ред. Е.М. Лавренко, А.А. Корчагина. Л., 1976. Т. 5. 320 с.

12. Пьявченко Н.И. К познанию природы грядово-мочажинных болотных комплексов карельского типа // Труды Института леса АН СССР. М., 1953. Т. 13. С. 130-147.

13. Руднева Е.Н., Забоева И.В., Урусевская И.С. Почвенно-географическое районирование центральной и восточной частей европейской территории СССР // Подзолистые почвы центральной и восточной частей европейской территории СССР. Л., 1981. С. 118-153.

14. Чернов А.А. Геологическое строение: триасовые отложения // Производительные силы Коми АССР. М., 1953. Т. 1. С. 163-167.

15. Чернов А.А. Геологическое строение: юрские отложения // Производительные силы Коми АССР. М., 1953. Т. 1. С. 167-177.

16. Шенников А.П. Введение в геоботанику. Л., 1964. 412 с.

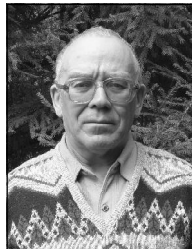
17. Юдин Ю.П. Растительность // Производительные силы Коми АССР. М.-Л., 1954. Т. 3, ч. 1. С. 16-42.

18. Ярошенко П.Д. Некоторые вопросы теории детерминантов в связи с мозаичностью растительного покрова // Мозаичность растительного покрова и его динамика. Владимир, 1970. С. 369-381. ❖

К ПРИЧИНАМ МАССОВЫХ РАЗМНОЖЕНИЙ РЫЖЕГО СОСНОВОГО ПИЛИЛЬЩИКА

Рыжий сосновый пилильщик (*Neodiprion sertifer* Geoff.) относится к хорошо изученным видам насекомых-филлофагов. Особо следует отметить большой цикл работ Т.М. Гурьяновой по факторам динамики популяций этого вредителя [3-7]. Однако причины массовых размножений рыжего пилильщика до сих пор остаются в области предположений [6-7]. На Урале данный вид дает вспышки массового размножения как в кедровых, так и сосновых насаждениях от севера Свердловской до степных лесов Оренбургской области. В интенсивных очагах в кедровых насаждениях личинки пилильщика могут полностью объесть не только хвою прошлых генераций, но и значительную часть хвой текущего прироста. Поскольку кедр плохо переносит дефолиацию, сильно поврежденные деревья нередко гибнут. Рыжий пилильщик и черемуховая горностаевая моль (*Hypopomeuta evonymella* L.) являются единственными видами грызущих филлофагов, которые дают вспышки массового размножения на больших площадях в зоне северной тайги Урала. На наш взгляд, это объясняется быстрым личиночным развитием данных видов и способностью их имаго сохранять активность при низких температурах. Например, в сентябре 2002 г. в Шарташском лесопарке г. Екатеринбург мы наблюдали, как самки рыжего пилильщика летали и откладывали яйца при температуре воздуха +6-7 °С, когда другие насекомые были неактивны.

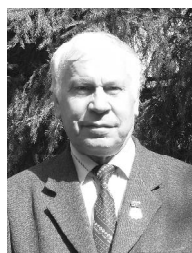
На севере Свердловской области очаги массового размножения рыжего соснового пилильщика возникают регулярно. Здесь вредитель встречается преимущественно на кедре [9]. В 1955 г. в заповеднике «Денежкин Камень» кедровые насаждения были объедены пилильщиком на площади около 20 тыс. га [11]. Позднее, в 1984 и 1990 гг., мы наблюдали за вспышками массового размножения рыжего пилильщи-



к.б.н. **С. Максимов**
н.с. лаборатории ЭЭ и АР,
ботанический сад УрО РАН
E-mail: valerij-marushhak@rambler.ru
Тел. (343) 266 55 62
Научные интересы: *динамика численности грызущих филлофагов*



к.с.-х.н. **В. Марущак**
м.н.с. комиссии по охране природы,
ботанический сад УрО РАН
E-mail: valerij-marushhak@rambler.ru
Научные интересы: *селекция, семеноводство, интродукция и популяционная экология древесных растений*



к.с.-х.н. **А. Тишечкин**
н.с. лаборатории ЭЭ и АР,
ботанический сад УрО РАН
E-mail: valerij-marushhak@rambler.ru
Научные интересы: *экология хвойных растений*

ка в стадии кульминации численности в окрестностях пос. Кытлым, расположенного в 80 км к югу от заповедника. В 1984 г. многочисленные колонии личинок филлофага встречались на кедрях у верхней границы леса на склоне горы Конжаковский Камень в 20 км к северу от Кытлыма. Дефолиация кедров, местами сильная, была заметна почти на всем протяжении дороги от Кытлыма до г. Карпинск. Кроме окрестностей пос.

Кытлым очаги рыжего соснового пилильщика в 1984 г. отмечались повсеместно в восточных районах Свердловской области, от городских насаждений г. Ивдель до Тугулымского района на крайнем юго-востоке области

и окрестностей Екатеринбурга. В 1990 г. вредитель снова дефолировал кедровые насаждения около Кытлыма по оценке работников лесничества на площади около 70 тыс. га. На этот раз возникшие очаги были более интенсивными: местами кедровые были объедены почти догола. В 2000-2001 гг. на небольшой площади пилильщик объедал сосновые культуры в Серовском лесхозе. За еще одной крупной вспышкой численности рыжего пилильщика мы наблюдали в 2001 г. в Пермской области. На юго-западе области сосновые насаждения были дефолированы на площади свыше 50 тыс. га. Гораздо меньшие по площади очаги вредителя

отмечались в южных лесхозах Пермской области в 1978. В Курганской области мы обследовали очаги рыжего соснового пилильщика в стадии кульминации численности филлофага в Юргамышском лесхозе в 1990 г., Лебяжьевском лесхозе – в 1997 г., Половинском и Макушинском лесхозах – в 1999 г. В 1997 г. вредитель также заметно дефолировал сосновые насаждения около г. Сысерть в Свердловской области.

За последние 10 лет на Урале и в Зауралье авиахимборьба с рыжим пилильщиком проводилась в Тюменской, Курганской, Оренбургской и Пермской областях. По нашим наблюдениям, в

подавляющем большинстве случаев она была не нужна, так как численность филлофага снижалась сама по себе в год проведения борьбы. Для того, чтобы планировать истребительные мероприятия против вредителя более рационально, требуется знать, под влиянием каких погодных факторов возникают вспышки массового размножения, сколько времени они продолжаются и как заканчиваются.

Изучая динамику численности хвое-листогрызущих вредителей, мы пришли к выводу, что очаги массового размножения таких видов, как монашенка и непарный шелкопряд (*Lymantria monacha* L. и *L. dispar* L.) возникают в течение очень коротких отрезков времени в конце апреля или начале мая. Если начало массового роста сосущих корней и разворачивания почек совпадает и деревья испытывают в это время водный стресс, то начальные стадии развития корней оказываются нарушенными, и в итоге данное поколение сосущих корней остается недоразвитым. У деревьев в насаждении на четыре года возникает недостаток тонких корней. Гусеницы вредителей, питающиеся кормовыми растениями с недостатком сосущих корней, имеют повышенную выживаемость, что служит причиной роста их численности в насаждении. Выживаемость гусениц, а вслед за ней и численность филлофагов резко падает на пятый год вспышки, когда у деревьев восстанавливается нормальное соотношение между корневой системой и кроной. Образование очагов непарного шелкопряда и монашенки всегда связано с определенной датой. Средняя дата начала вспышек численности этих филлофагов на Урале – 27 апреля [10].

Вспышки численности рыжего пилильщика нередко начинаются в те же самые годы, что и вспышки монашенки и непарного шелкопряда. Иногда образуются совместные очаги массового размножения пилильщика и шел-



Кедры в окрестностях Кытлыма (сентябрь 1984 г.), дефолированные рыжим сосновым пилильщиком в 1984 г.

копряда-монашенки. Из упоминавшихся выше совместными с монашенкой были очаги пилильщика в Лебяжье-ском лесхозе и около г. Сысерть с пиком численности в 1997 г., Половинском и Макушинском лесхозах с пиком численности в 1999 г. В таких очагах численность обоих филлофагов растет и падает, как правило, синхронно. Напрашивается предположение, что вспышки численности рыжего соснового пилильщика, как и монашенки, связаны с недостатком определенно-го типа сосущих корней и, начавшись, продолжают четыре года. Это предположение подтвердилось при прямых наблюдениях за возникновением очагов массового размножения вредителя.

В 1997-2007 гг. мы ежегодно проводили учеты плотности популяций рыжего пилильщика на стадии яйцекладки в дендрарии ботанического сада УрО РАН и Шарташском лесопарке Екатеринбурга. Одновременно в сосновом лесу и посадках кедра дендрария ботанического сада, в Шарташском лесопарке, на постоянных пробных площадях в сосновых насаждениях Сысертского и Белоярского районов Свердловской области проводили наблюдения за динамикой оттаивания и прогревания почвы в апреле-мае. Температуру почвы измеряли с помощью почвенных термометров на глубине 5, 10, 20, 30, 40 см в трех пунктах и более на каждой пробной площади. При теплой погоде измерения проводились каждые сутки. Отдельно проводились измерения почвенных температур около стволов де-

ревьев с учетом экспозиции места измерения и толщины ствола. За температуру почвы на определенной глубине и в данный момент времени принималось среднее значение. Следует отметить, что в однородных почвенных условиях результаты отдельных измерений на соответствующей глубине почти совпадают. Данные о температуре воздуха и почвы, приведенные в таблицах, были взяты в библиотеке Уральского управления по гидрометеорологии и контролю окружающей среды. В 1998-2001 гг. в дендрарии ботанического сада происходил рост численности рыжего соснового пилильщика, которая в 2002 г. резко снизилась (рис. 1). Самки пилильщика откладывают яйца внутри хвоинок на побегах данного года, поэтому численность вредителя относительно просто учитывать, осматривая в сентябре-октябре определенное количество побегов текущего прироста кормовой породы. В 2001 г. в Шарташском лесопарке Екатеринбурга начался рост численности пилильщика с коэффициентом размножения 5-7. В 2003 г. в том месте, где численность вредителя была самой высокой, мы взяли пробы корней сосны. Оказалось, что в очаге рыжего соснового пилильщика в верхнем 5-сантиметровом слое почвы у сосен меньше, чем обычно, нитевидных сосущих корней (рис. 2 а, б). Повидимому, образование очагов массового размножения вредителя происходит под действием погодных факторов, которые нарушают начальные стадии развития этих корней. В 2001 г. ключевую роль при образовании очага пилильщика в сосновых насаждениях Шарташского лесопарка сыграло наличие мерзлой почвы на глубине 25-30 см у стволов деревьев 5 мая, когда произошел быстрый подъем температуры (до +25 °С). В других насаждениях юга Свердловской области



Рис. 1. Численность рыжего соснового пилильщика в дендрарии ботанического сада УрО РАН в 1997-2003 гг.

в 2001 г. почва у стволов деревьев к 5 мая оттаяла и прогрелась до +2 °С, и там очагов вредителя не возникло. В течение недели перед 5 мая и длительное время после 5 мая в 2001 г. стояла прохладная погода и, очевидно, образование очага пилильщика в Шарташском лесопарке определялось погодными условиями именно 5 мая. В этот день верхний слой почвы в сосновом лесу прогрелся до +9-10 °С.

В отличие от непарного шелкопряда и монашенки вспышки массового размножения рыжего соснового пилильщика возникают относительно редко, и отдельные вспышки почти никогда не перекрываются. Учитывая, что пик численности вредителя достигается на четвертый год вспышки, можно определить годы, когда возникали очаги рыжего пилильщика на Урале. Упомянутые выше очаги филлофага в кедровых насаждениях Свердловской области возникли в 1952, 1981 и 1987 гг., на юге Пермской области – в 1975 и 1998 гг., в Курганской области – в 1987, 1994 и 1996 гг., около г. Сысерть – в 1994 г. Вспышки численности рыжего пилильщика обычно приписывают действию сухой и жаркой погоды в мае-июне [8]. Собранные нами данные не подтверждают эту точку зрения.

Общими для всех случаев погодными условиями, предшествовавшими началу крупных вспышек массового размножения пилильщика на Урале, являются большое количество осадков в конце лета и осенью в год перед началом вспышки и глубокое промерзание почвы последующей зимой. Например, в августе 1980 г. в тех районах Свердловской области, где в 1981 г. возникли очаги рыжего соснового пилильщика, выпало около трех норм осадков, сентябрь тоже был влажным. Зима 1980-1981 гг. была умеренно холодной, но на востоке Урала малоснежной, и почва здесь промерзла достаточно глубоко. На юге Пермской области в начале зимы 1980-1981 гг. выпало много снега, поэтому почва зимой почти не замерзала. Весна 1981 г. была затяжной, снег растаял, и почва начала прогреваться в лесу только в третьей декаде мая. На востоке Урала, где в 1981 г. образовались очаги массового размножения пилильщика, в конце мая, когда начались жаркие дни, на глубине около 1 м существовал слой не оттаявшей почвы (табл. 1, 2), а на западе Урала к этому времени почва уже от-



Рис. 2. Типичные образцы корней сосны из очага рыжего соснового пилильщика в Шарташском лесопарке г. Екатеринбург в 2003 г: а – верхний гумусовый слой почвы, б – безгумусовый горизонт ниже 5 см от ее поверхности.

таяла и прогрелась (табл. 3). Осенние месяцы 1997 г. на Урале были очень влажными. В 1998 г. погода весной была такой же, как в 1981 г., но почва зимой 1997-1998 гг. на востоке Свердловской области из-за раннего выпадения толстого слоя снега замерзала лишь на глубину 40 см. На юго-западе Пермской области, наоборот, почва промерзла в 1998 г. значительно сильнее, что обусловило существование здесь во время быстрого перехода к жаркой погоде в начале третьей декады мая слоя не оттаявшей почвы на глубину около 90 см [1], который стал причиной образования очагов пилильщика. Для Курганской области 1995 г. был засушливым, однако в юго-восточных районах области в августе-октябре выпало от полутора до двух норм осадков. После жесткой зимы 1996 г. именно в этих районах возник-

ли интенсивные очаги рыжего пилильщика.

Таким образом, большое количество осадков осенью или очень морозная зима и быстрый переход к жаркой погоде весной представляет из себя типичный погодный сценарий, благоприятствующий образованию очагов рыжего соснового пилильщика. При избыточном количестве осадков (две-три нормы) под насаждениями образуется слой насыщенной влагой почвы. Этот слой, если замрзнет, обладает высокой теплоемкостью [2] и весной долго не оттаивает. Во время быстрого подъема температур и прогрева верхнего корнеобитаемого слоя почвы внезапно наступившая жаркая погода при наличии не оттаявшей почвы на глубину около 1 м вызывает у деревьев сильный водный стресс. Возникает конку-

ренция между ростом корней и почек и в результате данное поколение сосуших корней недоразвивается. Чем лучше выражен слой не оттаявшей почвы под насаждениями и чем резче переход к жаркой погоде, тем более интенсивными являются возникшие очаги. Так, в черте г. Ивдель к концу мая 1981 г. слой не оттаявшей почвы уже разрушался (табл. 1), а во многих районах востока Свердловской области он просуществовал до конца первой декады июня (табл. 2). Соответственно в 1984 г., на четвертый год вспышки, в Ивделе кедровые деревья были дефолированы лишь на 10-15 %, в очагах же пилильщика на востоке области дефолиация была очень сильной. Самым интенсивным из обследованных нами был очаг, возникший в 1987 г. в окрестностях Кытлыма, где переход к

Таблица 1
Температура воздуха и почвы в черте г. Ивдель 23 мая–2 июня 1981 г., °С

Дата	Температура воздуха			Температура почвы на глубине, м			
	средняя	максимальная	минимальная	0.2	0.4	0.8	1.6
Май							
23	7.1	16.0	-2.8	5.1	2.5	0.0	0.6
24	10.9	14.4	-7.0	7.8	3.3	0.0	0.6
25	6.2	12.5	-0.3	7.6	4.0	0.0	0.6
26	8.5	21.0	-2.9	7.5	4.1	0.2	0.6
27	8.8	20.1	3.5	8.7	4.6	0.4	0.7
28	6.8	12.0	2.2	8.5	5.1	0.7	0.7
29	8.5	14.0	3.5	8.9	5.3	1.1	0.8
30	11.5	21.2	-1.0	9.4	5.5	1.2	0.8
31	21.6	27.4	15.8	12.0	6.3	1.8	0.9
Июнь							
1	20.6	26.3	11.2	13.6	7.5	2.5	1.0
2	13.5	21.9	9.3	13.0	8.4	3.3	1.1

жаркой погоде (25-26 мая) был наиболее резким и слой не оттаявшей почвы был расположен на небольшой глубине (табл. 4).

Очаги пилильщика, возникшие в дендрарии ботанического сада в 1998 г. и Шарташском лесопарке в 2001 г., образовались при другом погодном сценарии. Для этого сценария характерно большое количество осадков в конце осени, толстый слой снега (свыше 10 см), выпавшего на незамерзшую почву, и последующие морозы. При такой погодной ситуации возникает капиллярное движение воды к основаниям стволов деревьев и в течение двух-трех декад морозной погоды вокруг стволов образуются линзы насыщенной льдом почвы, которые долго не оттаивают весной. Не оттаявшая почва около оснований стволов при соответствующей погоде весной благоприятствует возникновению очагов рыжего пилильщика. По-видимому, при данном погодном сценарии образуются менее интенсивные очаги.

По нашим многолетним наблюдениям, весной во время прогревания почвы ее температура в кедровых и сосновых насаждениях на глубине 2-5 см обычно соответствует температуре почвы на открытых местах под естественным покровом (данные метеостанций) на глубине 20-30 см. Зная, что очаги рыжего пилильщика образуются, когда верхний слой почвы прогреется до +9-10 °С, можно определить даты возникновения очагов, используя данные метеостанций. Так, очаги пилильщика в Свердловской области в 1981 г. возникли 31 мая-1 июня; в 1987 г. около Кытлыма - 26 мая; в 1952 г. в заповеднике «Конжаковский Камень» - 27 мая, Пермской области в 1975 г. - 28 апреля, 1998 г. - 24 мая; в Курганской области в 1987 г. - 10 мая, 1994 г. - 4 мая, 1996 г. - 7 мая; около г. Сысерть в 1994 г. - 4 мая. Средняя дата возникновения очагов массового размножения рыжего соснового пилильщика на Урале - 15 мая. Вероятнее всего, средняя дата возникновения очагов массового размножения соответствует среднемуголетним срокам начала роста данной функциональной группы сосущих корней.

ЛИТЕРАТУРА

1. Агрометеорологический ежегодник. Пермская обл., 1998.
 2. Гаель А.Г., Смирнова Л.Ф. Пески и песчаные почвы. М., 1999. С. 40-41.
 3. Гурьянова Т.М. Распределение яиц *Exenterus abruptorius* (Hymenoptera, Ichneumonidae) при разных уров-

Таблица 2
Температура воздуха и почвы в окрестностях пос. Гари 25 мая-10 июня 1981 г., °С

Дата	Температура воздуха			Температура почвы на глубине, м				
	средняя	максимальная	минимальная	0.2	0.4	0.8	1.2	1.6
Май								
25	7.8	14.7	1.1	4.8	2.5	0.0	0.0	0.4
26	8.5	18.1	-0.6	5.0	2.8	0.0	-0.1	0.3
27	9.4	17.7	4.5	6.3	3.3	0.1	0.0	0.5
28	7.0	10.8	4.0	6.1	3.8	0.2	0.0	0.4
29	7.7	10.9	4.7	5.6	3.9	0.3	0.1	0.4
30	11.5	18.8	4.6	5.9	3.8	0.6	0.0	0.4
31	18.1	26.4	10.5	7.4	4.3	0.8	0.0	0.5
Июнь								
1	22.2	27.5	15.3	9.5	5.4	1.0	0.0	0.5
2	16.8	25.8	13.4	10.2	6.5	1.4	0.1	0.4
3	15.1	22.1	8.6	9.5	6.9	1.8	0.0	0.4
4	16.4	21.2	13.8	10.1	7.1	2.0	0.0	0.4
5	6.0	13.9	0.6	9.2	7.3	2.2	0.0	0.4
6	9.7	16.3	3.0	8.2	6.8	2.5	0.0	0.4
7	12.0	15.3	7.9	8.1	6.3	2.6	0.0	0.4
8	13.5	21.3	7.5	8.3	6.4	2.5	0.0	0.4
9	16.6	20.8	12.0	9.4	7.2	2.8	0.0	0.4
10	13.8	18.3	11.3	9.5	7.4	3.3	+0.2	0.4

Таблица 3
Температура воздуха и почвы в окрестностях пос. Ножовка 21-31 мая 1981 г., °С

Дата	Температура воздуха			Температура почвы на глубине, м			
	средняя	максимальная	минимальная	0.2	0.4	0.8	1.6
21	10.6	19.7	4.7	7.1	6.0	4.9	3.9
22	11.8	17.6	6.6	7.8	6.5	5.1	3.9
23	9.0	16.0	2.6	8.5	7.0	5.1	4.0
24	13.4	20.8	7.1	8.5	7.3	5.5	4.0
25	14.2	22.1	6.6	9.2	7.7	5.6	4.0
26	16.7	24.5	5.5	9.9	8.2	5.7	4.1
27	18.1	24.0	12.9	10.7	8.7	6.2	4.3
28	14.7	19.1	11.1	11.1	9.3	6.2	4.4
29	9.6	15.6	1.7	10.9	9.6	6.4	4.5
30	12.1	20.8	1.7	10.5	9.6	6.5	4.6
31	18.2	26.7	10.0	11.3	9.6	6.5	4.7

Таблица 4
Температура воздуха и почвы в окрестностях пос. Кытлым 16-27 мая 1987 г., °С

Дата	Температура воздуха			Температура почвы на глубине, м			
	средняя	максимальная	минимальная	0.2	0.4	0.8	1.2
16	13.6	24.1	1.4	3.9	0.3	0.0	0.2
17	15.6	24.4	5.2	5.7	1.4	0.0	0.2
18	13.2	19.2	10.4	6.6	3.0	0.0	0.2
19	8.6	14.1	-0.2	6.5	3.6	0.0	0.2
20	9.6	15.8	4.5	6.7	3.9	0.1	0.2
21	13.1	20.7	6.2	7.2	4.5	0.1	0.2
22	13.7	19.9	6.4	8.1	5.2	0.2	0.2
23	13.7	22.1	8.8	8.5	5.7	0.2	0.2
24	7.3	13.7	4.4	8.3	6.1	0.1	0.2
25	12.4	27.2	3.6	7.8	6.1	0.1	0.2
26	14.4	26.3	9.1	9.5	6.5	0.2	0.2
27	13.0	19.1	10.6	10.2	7.4	0.7	0.2

нях численности *Neodiprion sertifer* (Diprionidae) // Зоол. журн., 1972. Т. 51, вып. 6. С. 845-854.

4. Гурьянова Т.М. Поведенческие реакции *Exenterus* (Hymenoptera, Ichneumonidae) на плотность популяции рыжего соснового пилильщика в экс-

перименте // Зоол. журн., 1978. Т. 57, вып. 10. С. 1511-1518.

5. Гурьянова Т.М. Структура популяций рыжего соснового пилильщика // Лесоведение, 1984. № 4. С. 21-87.

6. Гурьянова Т.М. Цикличность размножения рыжего соснового пилиль-

щика // Лесоведение, 1986. № 4. С. 23-30.

7. Гурьянова Т.М. Роль пространственной структуры популяций хозяина и паразита в динамике численности рыжего соснового пилильщика // Лесоведение, 1990. № 6. С. 67-76.

8. Ильинский А.Д. Надзор, учет и прогноз массовых размножений хвое-

и листогрызущих насекомых в лесах СССР. М., 1965. С. 268-271.

9. Максимов С.А. Сосновые и кедровые расы рыжего соснового пилильщика (*Neodiprion sertifer* Geoffr.) // Фауна и экология насекомых Урала. Свердловск, 1987. С. 100-107.

10. Максимов С.А. Периодическая система экологических ниш грызущих

филлофагов и оптимизация мер борьбы с вредителями леса // География и регион. Пермь, 2002. Ч. 5. С. 175-180.

11. Семечкина М.Г., Семечкин И.В. Рыжий сосновый пилильщик – опасный вредитель кедровников Северного Урала // Защита лесов Сибири от насекомых-вредителей. М.: Наука, 1963. С. 90-95. ❖



ПРОМЕРЗАНИЕ ПОЧВ КАК РЕЗУЛЬТАТИВНЫЙ ПРИЗНАК МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ХОЛОДНОГО ПЕРИОДА ГОДА (на примере промерзания освоенной и целинной суглинистых почв среднетаежной подзоны Республики Коми)

К.С.-Х.Н. В. Мокиев

М.Н.С. отдел почвоведения

E-mail: Mokiev@ib.komisc.ru, тел. (8212) 24 51 15

Научные интересы: *мелиоративное почвоведение*

Введение

Промерзание почв является одним из определяющих факторов в формировании микрорельефа, физического состояния почв, существенно влияет на режимы почвы [4-8, 11-13, 16], действие осушительных систем, условия производства агротехнических и мелиоративных работ, определяет затраты на мелиорацию, обусловленные глубиной закладки дренажа ниже глубины промерзания почв [2]. Глубина промерзания почв зависит от метеорологических условий предзимнего периода, температуры воздуха в холодный период, высоты снежного покрова и его свойств [3, 4, 11, 12, 14, 15]. По данным [1, 2, 10] глубина промерзания почв 10 %-ной обеспеченности в среднетаежной подзоне Республики Коми достигает 120-150 см, однако при многолетнем мониторинге почвенного покрова глубина промерзания почв оказалась значительно меньшей. В этой связи в задачу исследований входило изучение зависимости промерзания суглинистых почв в подзоне средней тайги на территории республики от изменчивости метеорологических показателей холодного периода.

Объекты и методы

Наблюдения за снежным покровом, промерзанием, оттаиванием суглинистых почв на покровных суглинках проводили с 1993 по 2000 г. на стационаре около г. Сыктывкар (координаты: 61°39' с.ш., 50°45' в.д.) согласно рекомендациям и методикам [3, 10]. Участок представляет пологоволнистый увал из двух частей: леса и пашни. Лес еловый III-IV классов возраста с примесью березы, осины, пихты с мелкотравно-моховым, мелкотравяным напочвенным покровом; почвы подзолистые (глубоко-оглеенные, поверхностно-глееватые), на склоне – дерново-подзолистые. На пахотном участке произрастали в основном однолетние и многолетние травы, почвы агродерново-подзолистые глубоко-оглеенные, поверхностно-глееватые. Глубину промерзания и оттаивания определяли бурением и зондированием стальным стержнем. С 1997 г. промерзание контролировали по температуре почвы, определяемой с интервалом 3 ч с использованием логгеров. Следует отметить, что в связи с замерзанием почвенного раствора при температуре ниже 0 °С глубина промер-

зания не всегда совпадает с глубиной перехода температуры через 0 °С, особенно при незначительной влажности. Высоту снежного покрова определяли снегомерной рейкой, плотность снега – весовым методом с использованием для отбора снега пластмассовой трубы диаметром 5.5 см.

Результаты и обсуждение

Погодные условия холодных периодов (с отрицательной среднесуточной температурой воздуха) за семилетний срок с начала наблюдений были различными как по температурным условиям, так и по осадкам (табл. 1). Например, на поле количество выпавших осадков колебалось от 92 до 277 мм. Суммы отрицательных температур воздуха за гидрологические 1993-2000 гг. колебались от -1113 до -2022 °С, что соответствует их обеспеченности 97 и 7 % соответственно (см. рисунок). То есть диапазон температурных условий зимних периодов был почти максимально возможным. С учетом значительных колебаний зимних осадков (высоты снежного покрова) это дает возможность оценить влияние погодных условий в холодный период на глубину промерзания почв в широком диапазоне их изменений.

В зависимости от температурных условий осени-начала зимы и осадков начало промерзания по срокам колебалось от 10 октября до 12 ноября (табл. 2). При резком переходе среднесуточных температур воздуха от положительных к отрицательным почвы пашни начинали промерзать раньше на 5-20 дней, за исключением почвы гривы под лесом, которая начинала промерзать раньше или одновременно с почвами пашни. При относительно теплой осени и начале зимы (1996 г.) промерзание почв всех элементов участка начиналось одновременно. Нарастание глубины промерзания почв отличалось плавностью и достигало максимума в конце февраля-начале апреля. Лишь в 1998 г. промерзание достигло максимальной глубины (20-40 см) уже в декабре. Средняя из максимальных глубин промерзания почвы на пашне составила 27 см, в лесу для переувлажненных почв – 24 см, глубокооглеенной почвы гривы – 41 см. Защитной роли леса и лесной подстилки на снижение промерзания почвы не отмечено, видимо, в связи со значительной мощностью снежного покрова. Однако на пашне мощность

Таблица 1

Метеорологические показатели холодного периода

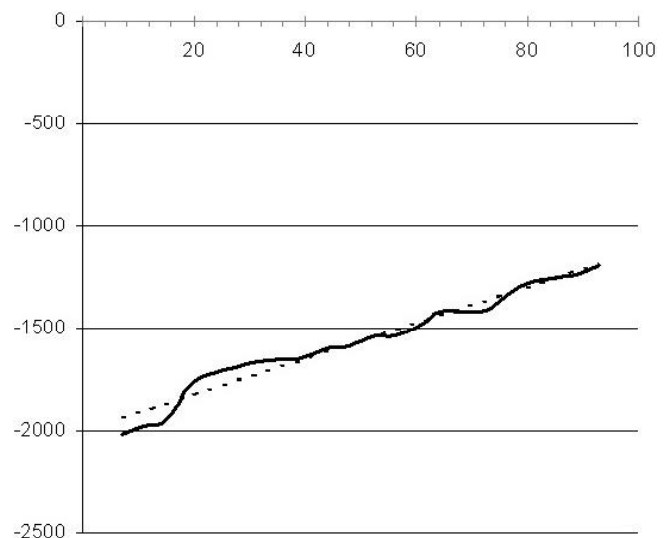
Показатель	Почва	Год							
		Средне-много-летнее	1993-1994	1994-1995	1995-1996	1996-1997	1997-1998	1998-1999	1999-2000
Сумма отрицательных температур воздуха, °С		-1761	-1668	-1131	-1620	-1490	-2022	-1947	-1277
Среднесуточная температура воздуха за холодный период, °С		-10.3	-10.7	-8.4	-10.1	-11.2	-11.2	-12.4	-8.2
Продолжительность периода отрицательных температур, сут.		176	158	135	161	133	181	157	156
Переход положительной температуры воздуха к отрицательным относительно появления снежного покрова, сут. (раньше +, позже -)		+19	+12	-5	-2	0	0	+7	0
Появления устойчивого снежного покрова, дата		4.11.	22.10.	17.10.	8.10.	28.10.	22.10.	28.10.	5.11.
Полный схода снега, дата		22.4.	25.4.	18.4.	2.5.	23.4.	10.5.	28.4.	20.4.
Максимальная высота снежного покрова, см	1		75	83	46	83	97	80	87
	2		75	85	57	89	108	90	99
	3	61 (поле)	63	64	39	74	84	-	78
	4		70	74	48	74	88	70	78
	5		70	65	48	78	84	-	75
Запас воды в снеге, мм	1		195	241	92	191	194	160	244
	2		180	272	114	205	259	180	277
	3	140	151	198	78	165	168	-	203
	4		175	222	96	155	177	147	203
	5		189	202	96	164	168	-	210

Примечание. Здесь и далее. Почвы: 1 – агродерново-подзолистая глубоко-оглееная суглинистая, 2 – агродерново-подзолистая глееватая суглинистая, 3 – подзолистая альфегумусовая слабogleеватая супесчаная, 4 – дерново-подзолистая глееватая суглинистая, 5 – торфянисто-подзолистая глееватая суглинистая. Прочерк – не определяли.

снега была выше, чем в лесу, и составила в среднем 82 см. В лесу средняя мощность снега составила на выположенных участках – 69 см, на гриве – 65 см. Кроме того, преимущественное использование пахотных участков под много- и однолетними травосмесями способствовало более высокой теплоизоляции почв. Глубина промерзания почвы значительно отличалась по годам и в пределах года между участками. По годам различие в глубине промерзания было наименьшим для глееватых и глеевых почв понижений, особенно в лесу. Наименьшее промерзание составило 5 см в глеевой почве, т.е. промерзала только подстилка почвы. Наибольшее промерзание этой почвы в годы наблюдений отмечено до глубины 40 см, или до верхней части иллювиального горизонта. В пределах года динамика промерзания почв зависит от рельефа, физического состояния почв, особенностей погодных условий осени. Так, агродерново-подзолистая глееватая почва западины промерзает на меньшую глубину, в сравнении с глубоко-оглееной почвой гривки. Особенно значительное различие по мощности и длительности наличия мерзлого слоя наблюдали в 2000 г. В западине глубина промерзания составила всего 8 см при продолжительности 102 сут., что в 2.5 раза меньше и на 67 сут. короче, чем на гривке.

Это различие, на наш взгляд, было обусловлено контрастной влажностью почв на период промерзания: влажность пахотного слоя глубоко-оглееной почвы была в интервале ВРК (влажность разрыва капиллярной связи)–ППВ (предельная полевая влагемкость), глееватой – ПВ (полная влагемкость), мощностью и различием в толщине снежного покрова на 12 см и теплыми погодными условиями

осени, зимы и весны. На пахотной глееватой почве глубины промерзания почти не отличались от глубин промерзания глеевой почвы под лесом, но значительно различались как в сторону увеличения, так и уменьшения в сравнении с глееватой почвой под лесом. Например, в 1994 г. максимальная глубина промерзания глееватой почвы пашни составила 20 см, глееватой почвы леса – 40 см, в 1997 г. – 40 и 25 см соответственно. Такое различие в промерзании между освоенными и целинными почвами одного типа микрорельефа обусловлено, видимо, не столько различием в растительном покрове, сколько



Обеспеченность (%; по горизонтали) суммы отрицательных температур (°С) за холодный период в районе г. Сыктывкар, линия тренда.

Характеристика мерзлотного состояния почв стационара

Показатель	Почва	Год							
		Среднемультилетнее [1, 10]	1993-1994	1994-1995	1995-1996	1996-1997	1997-1998	1998-1999	1999-2000
Начало промерзания, дата	1		10.10.	22.10.	10.10.	28.10.	22.10.	5.11.	5.11.
	2		15.10.	22.10.	10.10.	28.10.	25.10.	5.11.	5.11.
	3	17.10.	27.10.	17.10.	15.10.	28.10.	22.10.	5.11.	10.11.
	4		27.10.	2.11.	26.10.	28.10.	22.10.	10.11.	10.11.
	5		30.10.	25.10.	15.10.	28.10.	28.10.	10.11.	12.11.
Промерзание до максимальной глубины, дата	1		10.3.	22.2.	22.2.	30.3.	1.2.-30.3.	20.12.-30.4.	20.12.-10.1.
	2		5.3.	22.2.	22.2.	30.3.	1.2.-30.3.	20.12.-30.4.	20.12.
	3	01.04.	1.3.	20.2.	28.4.	1.3.	20.2-20.5	20.12.-5.4.	30.12.-10.4.
	4		15.1.	23.3.	20.4.	1.3.	20.2-10.5	20.12.-5.4.	30.12.-10.4.
	5		22.2.	20.2.	5.5.	1.3.	20.2-20.5	20.12.-20.4.	30.12.-20.4
Максимальная глубина промерзания, см	1		25	10	50	35	25	40	20
	2		20	10	40	40	22	30	8
	3	83	60	20	75	42	30	35	20
	4		40	8	40	25	20	30	15
	5		38	5	40	30	27	20	5
Начало активного оттаивания снизу, дата	1	–	10.3.	22.2.	30.4.	10.4.	10.5.	15.3.	23.4.
	2	–	10.3.	22.2.	30.4.	10.4.	12.5.	10.4.	5.2.
	3	–	15.3.	5.3.	30.4.	15.3.	20.5.	15.4.	10.4.
	4	–	нет	28.3.	5.5.	10.4.	15.5.	15.4.	20.3.
	5	–	2.3.	22.2.	5.5.	1.4.	20.5.	25.4.	10.4.
Начало оттаивания с поверхности, дата	1	–	25.4.	нет	30.4.	10.4.	22.4.	25.4.	2.4.
	2	–	10.4.	нет	30.4.	15.4.	30.4.	25.4.	нет
	3	–	25.4.	1.4.	30.4.	2.4.	15.5.	28.4.	5.4.
	4	–	25.4.	5.4.	30.4.	2.4.	2.5.	5.5.	нет
	5	–	25.4.	нет	30.4.	2.4.	15.5.	30.4.	нет
Окончание оттаивания, дата	1		28.4.	2.4	5.5.	5.5.	15.5.	30.4.	23.4.
	2		28.4.	28.3.	5.5.	5.5.	15.5.	30.4.	15.2.
	3	12.5.	17.5.	30.4.	7.6.	20.5.	20.5.	5.6.	3.5.
	4		20.5.	28.4.	5.6.	12.5.	15.5.	2.6.	10.4.
	5		20.5.	20.4.	30.5.	15.5.	20.5.	12.5.	10.4.
Глубина окончания оттаивания, см	1	–	5	0(1)	35	5-10	16	18	10
	2	–	5	0(1)	25	5	20	20	0
	3	–	22	3-5	25	17	20	20	5
	4	–	18	3-5	15	12	12	20	0
	5	–	20	0	20	15	20	10	0

ко различием в режиме увлажнения. На пашне часто меняются агрофизическое состояние и дренирующие условия верхних горизонтов.

Глубина промерзания глубоко-оглеенной почвы пашни колебалась от 10 до 50 см, в лесу от 20 до 75 см. Различие в глубине промерзания сопоставимых по увлажнению почв леса и пашни обусловлено особенностями микрорельефа – гривка леса более выражена, чем грива пашни, которая выположена в результате проведения агромерелиоративных, агротехнических работ.

На глубину промерзания влияло появление снежного покрова относительно перехода положительных среднесуточных температур к отрицательным, наличие растительности, динамика снежного покрова и особенно его максимальная высота, продолжительность периода отрицательных температур и среднесуточная температура за этот период. Коэффициент корреляции (r) между глубиной промерзания суглинистых глубоко-оглеенных, глееватых почв пашни и совместным влиянием максимальной высоты снежного покрова и среднесуточной температурой воздуха за период с отрицательными температурами составил 0.88. Зависимость как между

промерзанием и высотой снежного покрова, так и между промерзанием и температурой воздуха холодного периода при стабильном втором факторе существенна и равнозначна. Коэффициент детерминации (r²) 0.64. Уравнение множественной регрессии имеет вид: $y = 10.8 - 0.5x - 5.5z$, где y – глубина промерзания почвы, x – максимальная высота снежного покрова, см; z – среднесуточная температура воздуха за период с отрицательными среднесуточными температурами, °С. Для глееватых и глееватых почв леса уравнение имеет вид: $y = 11.8 - 0.6x - 4.9z$. Связь между промерзанием и высотой снежного покрова, промерзанием и температурой воздуха существенная, но менее тесная, чем на пашне: $r^2_{yx}(z) = 0.44$, $r^2_{yz}(x) = 0.49$. На глубину промерзания глубоко-оглеенной почвы гривы более существенное влияние оказывает снежный покров ($r^2_{yx}(z) = 0.74$) и меньшее – температура воздуха ($r^2 = 0.23$). Фактическая и расчетная глубина промерзания почв (табл. 3) близки, лишь в зимний период 1999-2000 гг. отмечены существенные различия в фактической и расчетной глубине промерзания агродерново-подзолистой (1) и дерново-подзолистой (4) почв, обусловленные, по-видимому, относительно

Таблица 3

Фактическая и расчетная глубина промерзания почв в 1993-2000 гг.

Показатель	Почва	Год							
		1993-1994	1994-1995	1995-1996	1996-1997	1997-1998	1998-1999	1999-2000	
Среднесуточная температура воздуха за холодный период, °С		-10.7	-8.4	-10.1	-11.2	-11.2	-12.4	-8.2	
Максимальная высота снежного покрова, см	1	75	83	46	83	97	80	87	
	2	75	85	57	89	108	90	99	
	3	63	64	39	74	84	65	78	
	4	70	74	48	74	88	70	78	
	5	70	65	48	78	84	70	75	
Глубина промерзания, см	фактическая	1	25	10	50	35	25	40	20
		2	20	10	40	25	22	30	8
		4	40	8	40	25	20	30	15
		5	38	5	40	30	27	20	5
		расчетная	1	32	16	43	31	24	39
		2	32	15	38	28	18	34	6
		4	22	9	32	22	14	31	5
		5	22	14	32	20	16	31	7

низкой влажностью верхних горизонтов почв в данном гидрологическом году по сравнению с другими годами в период наблюдений.

При значительной глубине промерзания, от 20 см и глубже, оттаивание почвы на пашне начиналось при переходе отрицательных среднесуточных температур к положительным и заканчивалось через 3-5 сут. после полного снеготаяния. Оттаивание начиналось преимущественно снизу и заканчивалось на глубине от 0 до 20 см от поверхности. При незначительной глубине промерзания (8-10 см) оттаивание начиналось еще при росте снежного покрова, отрицательной, но с тенденцией к повышению среднесуточной температуре воздуха. В отличие от почв пашни, оттаивание почв в лесу заканчивалось значительно позднее – на 10-30 и более сут. Глубина окончания оттаивания была относительно ниже, но в годы с малой глубиной промерзания оттаивание заканчивалось также на поверхности почв. Продолжительность присутствия в почве мерзлого слоя у слабо глееватых и глееватых почв различна. Глееватые почвы промерзали на меньшую глубину и оттаивали раньше. Максимальное различие составило 24 сут. На пашне самое раннее оттаивание почвы отмечено 15 февраля 2000 г., самое позднее – 15 мая 1998 г., в лесу – 10 апреля 2000 г. и 7 июня 1996 г. Своеобразен режим влажности мерзлого слоя почв. Например, в глубоко-оглеенной почве в 1996 г. глубина промерзания почвы была самой максимальной и составила 50 см. В зимний период в ней сформировались два слоя полностью насыщенных водой в твердой (лед) и жидкой фазе: в пахотном горизонте и верхней части текстурного горизонта ВТ (над и под мерзлотой). Между этими слоями образовался слой иссушения, в котором влажность снизилась до пределов ВРК–ППВ, что наблюдали и ниже границы промерзания. С увеличением суммы отрицательных температур в марте и снижением прочности льда при сохранении глубины промерзания, влажность почвы выровнялась и до снеготаяния была в пределах ППВ–0.9ПВ. Ниже границы промерзания характерным было наличие прослойки от нескольких до 20 см с влажностью 0.9ПВ–ПВ, глубже которой в зависимости от условий зимы почва сменила влажность до ППВ–0.9ПВ, затем до пределов ВРК–ППВ. Далее с глубиной влажность вновь увеличивалась и достигла близкой к уровню ПВ величины.

Заключение

Лесная растительность слабо влияет на начало и глубину промерзания, но увеличивает продолжительность мерзлого состояния почв почти на месяц в сравнении с однотипными по увлажнению и гранулометрическому составу почвами пашни. Глубину промерзания суглинистых почв можно прогнозировать с достаточно высокой точностью по мощности снежного покрова и среднесуточной температуре воздуха при различной вероятности величины этих факторов, используя эмпирические фор-

мулы. Режим промерзания оказывает специфическое влияние на гидрологический профиль почв.

ЛИТЕРАТУРА

1. Агроклиматический справочник по Коми АССР. Сыктывкар, 1961. 170 с.
2. Рекомендации по проектированию осушительных и осушительно-увлажнительных систем в северном и северо-западном районах Нечерноземной зоны РСФСР / Э.А. Бишоф, И.М. Емельянова, Ю.А. Канцбер и др.. Л., 1987. 188 с.
3. Василенко В.Н., Назаров И.М., Фридман Ш.Д. Мониторинг снежного покрова. Л.: Гидрометеоиздат, 1985. 185 с.
4. Димо В.Н. Тепловой режим почв СССР. М., 1972. 360 с.
5. Канев В.В., Мокиев В.В. Агродерново-подзолистые почвы северо-востока Русской равнины. СПб.: Наука, 2004. С. 133-152.
6. Кононенко А.В. Гидротермический режим таежных и тундровых почв европейского Северо-Востока. Л.: Наука, 1986. 144 с.
7. Криогенные почвы и их рациональное использование. М.: Наука, 1977. 272 с.
8. Мерзлотные почвы и их режим. М.: Наука, 1964. 160 с.
9. Методические указания по постановке и проведению опытов на осушительных системах. Л., 1983. 104 с.
10. Научно-прикладной справочник по климату СССР. Сер. 3. Многолетние данные. Л.: Гидрометеоиздат, 1988. Ч. 1-6, вып. 3. 693 с.
11. Роль снежного покрова в природных процессах. М.: Изд-во АН СССР, 1961. 272 с.
12. Снежный покров и его влияние на природные процессы и хозяйственную деятельность Тюменской области. Л.: Наука, 1983. 65 с.
13. Таргульян В.О. Почвообразование и выветривание в холодных гумидных областях. М.: Наука, 1971. 268 с.
14. Шульгин А.М. Агротермология и агроклиматология. Л., 1967. 300 с.
15. Шульгин А.М. Снежная мелиорация и микроклимат почвы. Л.: Гидрометеоиздат, 1986. 72 с.

ИЗМЕНЕНИЕ СТРУКТУРЫ СЕМЕННИКОВ МЫШЕВИДНЫХ ГРЫЗУНОВ ПРИ ДЕЙСТВИИ ИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ



Н. Старобор
 м.н.с. лаборатории радиоэкологии животных
 E-mail: ermakova@ib.komisc.ru

Научные интересы: *сперматогенез, ионизирующее излучение*

Высокая чувствительность семенников к действию ионизирующего излучения была известна уже в начале XX в. Экспериментально установлено, что структурные изменения в гонадах самцов, вызванные воздействием ионизирующего излучения, непосредственно связаны с высокой радиочувствительностью сперматогенных элементов в семенных канальцах [3, 4, 12, 13], которая определяется степенью их дифференцировки (рис. 1). Было показано, что после облучения первыми исчезают сперматогонии, затем сперматоциты и в последнюю очередь – сперматиды со зрелыми сперматозоидами. Так как сперматогенный эпителий является активно пролиферирующей тканью, то его часто используют в качестве тест-системы для индикации загрязнения окружающей среды. Для оценки состояния сперматогенеза применяют различные методы исследования семенников: а) метод морфофизиологических индикаторов (абсолютный и относительный вес гонад); б) гистологический анализ структуры органа; в) цитогенетические методы (микроядерный тест сперматогоний и сперматид, анализ хромосомных aberrаций).

При изучении морфологии гонад самцов мелких млекопитающих было показано, что семенники реагируют на острое облучение в определенном интервале доз уменьшением своей массы и размеров [4, 14]. Как обнаружили С.А. Кейзер и Г.А. Лемаш [9], доза 25 сГр является той минимальной дозой γ -излучения, при которой происходит достоверное уменьшение массы семенников. После хронического облучения в течение 16 мес. с мощностью дозы 1.1 сГр/сут. масса гонад у самцов лабораторных мышей не изменялась, в то время как снижение массы семенников на 60 % наблюдали уже через 4 мес. облучения с мощностью экспозиционной дозы 4.4 сГр/сут. [1]. Анализ гистологической структуры гонад самцов показал, что

уменьшение их размера и массы связано с уменьшением в них сперматогенных элементов, причем наиболее чувствительными оказались сперматогонии [4, 12].

В исследованиях влияния повышенного естественного радиационного фона на половые железы самцов полевки-экономки радиевого и урано-радиевого участков в пос. Водный Республики Коми было выявлено, что критерий оценки массы гонад срабатывает не для всех групп животных. Снижение массы семенников было отмечено у молодых половозрелых полевок в возрасте одного-двух месяцев. У перезимовавших самцов с радиоактивных участков было отмечено как уменьшение, так и увеличение массы гонад по сравнению с контрольными значениями [1, 12]. Наблюдаемое уве-

личение массы исследуемого органа авторы объясняют усилением процессов физиологической регенерации семенного эпителия у старых животных с радиоактивных участков, а также предполагают, что в условиях действия радиоэкологического фактора по мере роста и развития зверьков происходит нормализация сперматогенной функции. Кроме того, такой интересный факт, как наличие в семенных канальцах инкапсулированных включений эмбриональной ткани (рис. 2) был обнаружен только у половозрелых самцов сеголеток, а у перезимовавших полевок его не наблюдали. Таким образом, сперматогенный эпителий с возрастом не утрачивает способности к восстановлению, несмотря на высокую чувствительность к действию радиоэкологического фактора [11].

В гонадах мышевидных грызунов, обитающих на территориях с повышенным уровнем радиоактивного фона Республики Коми, Восточно-Уральского радиоактивного следа [1, 5, 10], как и при действии острого облучения [4], были выявлены различные структурные изменения сперматогенного эпителия, такие как нарушение в расположении клеточных рядов в семенных канальцах, вакуолизация цитоплазмы клеток семенных канальцев, уменьшение диаметра извитых семенных канальцев, многоядерные гибнущие клетки, пикнотические изменения ядер сперматогоний, отслаивание пристеночного эпителия, опустошение и разрушение отдельных семенных канальцев, наличие сперматогенных клеток с хромосомными aberrациями, разрастание интерстициальной ткани, появление очагов некроза на фоне нормально функционирующей ткани, инкапсулированные включения из остатков эмбриональной сперматогенной ткани в канальцах семенников. Степень поражения гонад животных варьировала от умеренно выраженной до глубокой. Грубые изменения сперматогенного эпителия выражались в виде «глубокой» стерильности половозрелых самцов. Из-

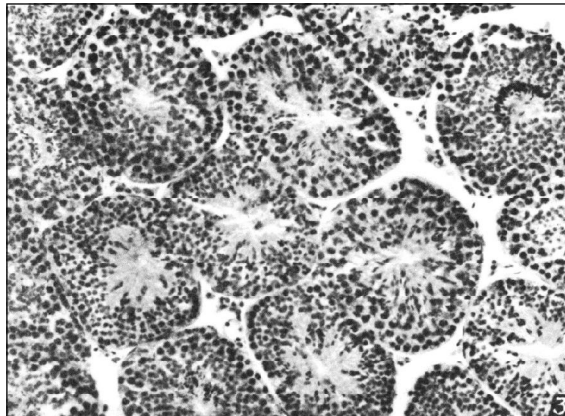


Рис. 1. Семенник половозрелого самца полевки-экономки с контрольного участка. Нормальный активный сперматогенез [1].

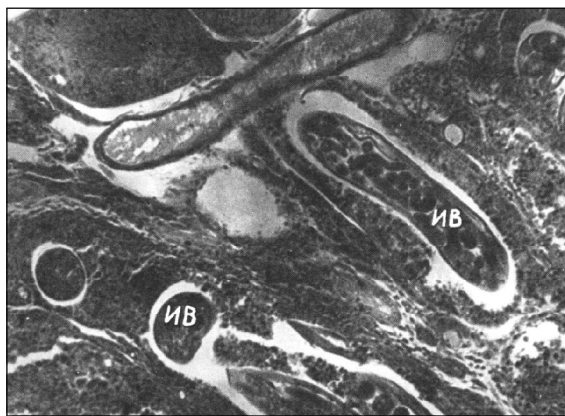


Рис. 2. Семенник молодого половозрелого самца полевки-экономки с урано-радиевого участка: множественные инкапсулированные включения (ИВ) из остатков эмбриональной сперматогенной ткани [1].

вестно, что после того, как выжившие стволовые сперматогонии размножатся, численность этих клеток восстанавливается, и, достигнув стадии зрелых спермиев, стерильность животного прекращается. Время завершения стерильного периода используют как тест для определения выживаемости стволовых сперматогониев [17].

У животных, обитающих в условиях повышенной радиоактивности, умеренно выраженные нарушения проявлялись в развитии признаков временной стерильности к моменту полового созревания [11]. Подобные изменения обнаружены другими авторами при остром облучении: О.П. Домарева [4] указывала на развитие временной стерильности в семенниках новорожденных белых мышат линии А при остром облучении в дозе 4 Гр, причем восстановление семенного эпителия начиналось только к трехмесячному возрасту животных, тогда как у контрольных животных в три месяца в семенниках наблюдался полноценный процесс сперматогенеза. Спустя шесть месяцев после облучения только в 50 % канальцев происходило полное восстановление сперматогенеза. У полевок с радиоактивных участков при невысокой численности популяции процесс полового созревания у самцов завершается к трехмесячному возрасту, что свидетельствует о задержке полового созревания, так как в контрольной группе животные участвуют в процессе воспроизводства с одного-двух месяцев своего развития.

Известно, что ионизирующая радиация в зависимости от дозы и качества излучения может вызывать разнонаправленные эффекты: либо торможение клеточного деления, либо его стимуляцию. Таким образом, любые нарушения в процессе сперматогенеза могут вызывать изменения в оплодотворяющей способности сперматозоидов, которые приводят либо к доминантным летальным мутациям, либо к неэффективному спариванию [17].

Генетические эффекты в сперматогенных клетках, индуцированные радиацией, по срокам реализации и значимости разделяют на три группы [7]: 1) доминантные летальные мутации (ДЛМ), ответственные за внутриутробные потери, большая часть которых обусловлена структурными и хромосомными aberrациями, 2) доминантные полулетали, реализующиеся в ранние сроки после рождения, вызывающие гибель особей со дня рождения до достижения репродуктивно-

го возраста, 3) нарушения, определяющие наследственные заболевания и другие отклонения в развитии и жизнеспособности следующих поколений.

Половые клетки, находящиеся в различных стадиях созревания, по-разному реагируют на воздействие радиации. Показано, что в постмейотических клетках основной выход мутаций связан с хромосомными aberrациями, по сравнению с таковым в сперматогониях, где чаще возникают точечные мутации. В зависимости от того, на какой стадии сперматогенеза организм испытал действие излучения, будет та или иная частота возникновения мутаций того или иного типа. У мышевидных грызунов в спермиях, находящихся в протоках семенника и эпидидимисе, чаще возникают ДЛМ, чем в тех, которые не вышли из канальцев семенника [17].

Особое внимание заслуживает микроядерный тест и возможность его использования на сперматогенном эпителии как активно пролиферирующей ткани. Микроядерный тест – альтернатива традиционному анализу хромосом и четкий количественный показатель их структурных нарушений [8]. Генетические изменения, возникающие в половых клетках, могут оставаться в течение длительного времени в скрытом состоянии, а затем проявляться в виде различных нарушений в жизнеспособности организма. Использование микроядерного теста на сперматогенном эпителии позволяет изучить уровень генетических нарушений на разных стадиях развития половых клеток самцов при воздействии различных факторов. Микроядерный тест успешно применяют на клетках красного костного мозга [2], культуре клеток лимфоцитов человека, гепатоцитах [15, 16], сперматогенном эпителии мышей, склонных к ускоренному старению [6].

Поскольку процесс сперматогенеза является строго упорядоченным, то полное представление о характере изменений в сперматогенном эпителии дают исследования, выполненные не только на цитогенетическом, но и гистологическом уровнях. Так, гистоморфологические методы широко и успешно применяют для: а) количественного учета клеток на разных стадиях сперматогенеза, б) подсчета числа сперматогенных клеток на поперечном срезе семенника, в) учета канальцев, содержащих тот или иной тип сперматогенных клеток, г) подсчета количества и диаметра канальцев на поперечном срезе семенника, д) опре-

деления герминативного индекса гонад, е) оценки индекса напряженности сперматогенеза, ж) определения морфо-функциональных показателей в зависимости от стадий численности популяции.

Таким образом, исследования репродуктивной системы самцов являются важным компонентом в экологических исследованиях, так как именно со строением и функцией половых желез тесно связаны общее состояние организма, воспроизводство и плодовитость животных. Многие вопросы гистоморфологического строения остаются нерешенными, особенно в природных условиях, где животные подвергаются воздействию многочисленных факторов окружающей среды, в том числе и ионизирующего излучения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Атлас патоморфологических изменений полевок-экономок из очагов локального радиоактивного загрязнения / К.И. Маслова, Л.Д. Материй, О.В. Ермакова, А.И. Таскаев. СПб.: Наука, 1994. 192 с.
2. Башлыкова Л.А. Эколого-генетические процессы в популяциях мышевидных грызунов, обитающих в условиях радиоактивных загрязнений: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Сыктывкар, 2000. 24 с.
3. Верховская И.Н., Маслова К.И., Маслов В.И. Действие малых доз радиации и инкорпорированных естественно-радиоактивных элементов на сперматогенез полевок-экономок в природных условиях // Радиобиология, 1965. Т. 5, вып. 5. С. 720-729.
4. Домарева О.П. Влияние лучей рентгена на семенники половозрелых и неполовозрелых животных // Труды Института генетики. М., 1956. № 23. С. 252-282.
5. Жигальский О.А., Мамина В.П., Тарахтий Э.А. Оценка состояния репродуктивной системы и системы крови у модельных видов мелких млекопитающих // Отдаленные эколого-генетические последствия радиационных инцидентов: Тоцкий ядерный взрыв (Оренбургская область, 1954 г.). Екатеринбург, 2000. С. 84-105.
6. Захидов С.Т., Гордеева О.Ф., Маршак Т.Л. Биологическая модель ускоренного старения. I. Темп спонтанного мутационного процесса в сперматогенезе у мышей линии SAM (senescence-accelerated mouse) // Изв. АН. Сер. биол., 2001. № 1. С. 23-30.
7. Ильин Б.Н., Борисова В.В., Ветух В.А. Отдаленные биологические эффекты комбинированного действия радионуклидов различной тропности. М.: Энергоатомиздат, 1991. 160 с.

8. *Ильинских Н.Н., Ильинских И.Н., Некрасов В.Н.* Использование микроядерного теста в скрининге и мониторинге мутагенов // *Цитология и генетика*, 1988. Т. 22, № 1. С. 67-72.

9. *Кейзер С.А., Лемаш Г.А.* Изменение семенников у белых крыс при однократном и хроническом воздействии на них гамма-лучей в малых и средних дозах // *Вестн. АМН СССР*, 1967. № 12. С. 53-58.

10. *Мамина В.П.* Оценка цитобиологического состояния семенников мелких млекопитающих, обитающих в условиях повышенного радиационного фона // *Радиационная биология. Радиозкол.*, 2005. Т. 45, № 1. С. 91-95.

11. *Маслова К.И., Маслов В.И.* Действие ТЕРН на животных (на примере популяции полевки-экономки) // *Тяже-*

лые естественные радионуклиды в биосфере. М.: Наука, 1990. С. 234-275.

12. *Маслова К.И., Материй Л.Д., Груздев В.И.* Изменчивость относительного веса некоторых органов и гематологических показателей у полевок-экономок, обитающих в различных радиозоологических условиях // *Вопросы радиозоологии наземных биогеоценозов*. Сыктывкар, 1974. С. 120-135.

13. *Москалев Ю.А.* Отдаленные последствия воздействия ионизирующих излучений. М.: Медицина, 1991. 464 с.

14. *Нуждин Н.И., Нечаев И.А.* Влияние защитных веществ на выживаемость и изменение внутренних органов мышей с различной радиочувствительностью, подвергнутых рентгеновому облучению // *Действие ионизи-*

рующих излучений на организм. М.: Изд-во АН СССР, 1962. С. 173-197.

15. *Урываева И.В., Делоне Г.В., Смирнов Л.Д.* Изучение мутагенных и модифицирующих свойств эмоксипина с помощью анализа микроядер в клетках печени // *Изв. РАН. Сер. Биол.*, 1996, № 1. С. 5-9.

16. *Фактор В.М., Елисеева Н.А., Тамахина А.Я.* Влияние алкилирующего канцерогена дипина на пролиферацию, уровень развития полиплоидии и образование микроядер в популяции исходных и вновь образованных гепатоцитов // *Изв. РАН. Сер. Биол.*, 1992. № 6. С. 821-834.

17. *Шевченко В.А. Померанцева М.Д.* Генетические последствия ионизирующих излучений. М.: Наука, 1985. 279 с. ❖



О НЕКОТОРЫХ МИРОВОЗЗРЕНЧЕСКИХ СЛЕДСТВИЯХ СИНЕРГЕТИКИ В КОНТЕКСТЕ ПРОБЛЕМЫ РЕАЛИЗАЦИИ ЦЕЛИ И ЗАДАЧ ОБРАЗОВАНИЯ ДЛЯ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ

к.б.н. **О. Шалаева**
 н.с. отдела Ботанический сад
 E-mail: mifs@ib.komisc.ru, тел. (8212) 24 56 59

Научные интересы: *интродукция растений, методология науки, экологическое образование*

О синергетике – как общенаучной теории и методологии, специфике синергетического знания, его мировоззренческих следствиях с конца XX столетия и уже в начале XXI века написано так много, что, возможно, подошло время анализу, сопоставлению, обобщению того, что уже написано – колоссального числа публикаций по разным аспектам этой проблематики. Данная работа – с одной стороны – некий авторский синтез ряда и очень известных, и малоизвестных работ, связанных с этой областью знания, поэтому отчасти в ней присутствуют элементы реферата, с другой стороны – это еще одно осмысление синергетического знания – на основе анализа работ разных исследователей – прежде всего в аспекте методологическом – как мощного фактора, влияющего на мировоззрение человека и способного трансформировать его индивидуальную культуру, инициировать процесс ее развития, т.е. способствовать становлению личности и личностному росту. На современном этапе развития системы «природа–общество» (который принято определять как «системный кризис»), характеризующемся возрастанием ее неустойчивости в связи с ростом негативных процессов и явлений, дестабилизирующих ее состояние, носящих разрушительный характер, условием ее сохранения, как и сохранения человеческой цивилизации, становится необходимость роста уровня культуры каждого члена общества (поскольку стало очевидным, что отношение к Природе – отражение отношения к Жизни вообще – и своей собственной, и других людей, отношения к Миру, Человеку, самому себе, что экологическая культура – это проявление общей культуры человека, отражение уровня его личностного

развития), иными словами, необходимость увеличения личностной «компоненты» в обществе.

В контексте проблемы повышения эффективности экологического, или «образования для устойчивого развития» (как известно, признанного одним из приоритетных направлений природоохранной деятельности, одним из основных путей преодоления системного кризиса, важным элементом программы, направленной на обеспечение «устойчивого развития» системы «природа–общество» и предотвращения экологической катастрофы), целью которого можно считать сохранение человеческой цивилизации, возможности продолжения ее существования, а основными задачами является задача – способствовать личностному развитию каждого члена общества, становлению личности (поскольку именно уровень личности предполагает экологическую культуру, иными словами, наличие экологического «измерения» общей культуры человека, наличие «экологического сознания»), и – как следствие – задача возрастания личностной «компоненты» в обществе, поскольку именно человек как вид (человеческое общество) стал определяющим «фактором» развития единой системы «природа–общество» (что было признано уже в начале прошлого столетия В.И. Вернадским [10]), а одной из особенностей современного исторического этапа можно считать повышение роли отдельного члена общества в развитии социума и, соответственно, увеличение значения уровня его индивидуальной культуры и наличия в ней ее экологического «измерения» (а экологическое «измерение» индивидуальной культуры, или экологическое сознание рассматривается как сознание Всеединства и считается [18],

что процесс становления экологического сознания неразрывно связан с духовным развитием человека, становлением личности, и духовное развитие и приводит к экологическому сознанию), возможно, не лишним будет сказать еще раз – об огромном потенциале синергетического знания – для реализации данной цели и задач, развития общества. Данная работа является еще одной оценкой этого знания как фактора личностного роста (и, соответственно, роста уровня культуры каждого члена общества), способного изменить мировоззрение каждого человека, «встретившегося» с ним.

Известно, что основой мировоззрения (как системы принципов, проявляющихся в отношении человека к миру, себе самому и другим людям), является картина мира (модель, образ мира) – своего рода «ядерная структура» индивидуальной культуры, целостная система знаний, представлений о мире и человеке [3], определяющая поведение человека в каждой жизненной ситуации. Известно и то, что система индивидуальной культуры – в целом, и «ядерная» ее структура – картина мира, являются открытыми, сложными, неустойчивыми системами, соответствующими критериям самоорганизующихся систем, и что каждое новое знание вносит изменения в структуру системы индивидуального знания, соответственно проявляясь в изменениях стиля мышления и поведения.

Синергетическое знание уже внесло огромный вклад в понимание мира и человека, но прежде чем еще раз говорить о значимости его мировоззренческих следствий, необходимо сначала обратиться к ряду работ, в которых раскрывается его специфика. Синергетика, или синергетическое знание, рассматривается как развитие системных представлений середины-конца XX столетия. Системный подход, ставший общепризнанным в любой отрасли научного знания, понимается как «способ познания действительности, в основе которого лежит рассмотрение объектов как систем» [39, с. 502], т.е. как комплексов элементов, находящихся во взаимодействии» [Bertalanfy, 1956 – *цит.* по: 46]. По В.Н. Садовскому «системой называется упорядоченное определенным образом множество элементов, взаимосвязанных между собой и образующих некоторое целостное единство» [Садовский, 1974, с. 93 – *цит.* по: 19, с. 76]. Понятие «системы» тесно сопряжено с рядом сопутствующих понятий, из которых одним из наиболее смыслово насыщенных и важных является понятие «структуры», в связи с чем следует привести и ее определение. Структура – это совокупность устойчивых связей между элементами, характер, способ взаимосвязи элементов [46]. Системное видение мира способствует углублению понимания категории «пространства» – одного из основных концептов в картине мира человека (которую можно рассматривать как систему, где элементами структуры являются понятия, или концепты, подсистемы сложной системы картины мира) – как «вместилища» всех вещей в мире, взаимосвязанных друг с другом, вместилища – со всем его взаимосвязанным содержанием.

Связи, тем не менее, в каждый момент времени меняются, структура системы – клетки ли, организма ли, популяции, биосферы – в каждый момент времени уже иная, чем была в предыдущее

мгновение (структура – как бы мгновенный «срез» тех связей, которые есть на данный момент), и когда мы говорим об изменении, динамике, эволюции – мы неизбежно обращаемся к категории «время», также одного из ключевых понятий, точнее будет сказать – концептов – картины мира человека, а системные представления, связанные с рассмотрением вещей в аспекте становления и начавшие интенсивно развиваться в последней трети XX века, получили название теории самоорганизации, или синергетики. Экология, которая «в расширенном смысле видится как философская система, рассматривающая любой объект во взаимосвязи с другими» [8, с. 68] и способствующая углублению понимания категории «пространство», как известно, утверждает, что «все связано со всем». Один из известных представителей синергетики Э. Янч дал своего рода «формулу» синергетики в следующем высказывании: «Все фактически живущее есть Встреча» [Yuntsch, 1980, р. 97 – *цит.* по: 53, с. 231], в котором получил отражение динамический аспект взаимосвязанного Мира, взаимодействий и неизбежных последующих изменений взаимодействующих «элементов» и всех их связей, его эволюции и множества процессов эволюции в нем, и одно из многочисленных названий синергетики – «философия встречи» [1].

Синергетический подход рассматривают «как развитие системного подхода, вызванное необходимостью изучения саморазвивающихся систем» [17, с. 37]. «Синергетика, – отмечает М.С. Каган, – является развитием теории систем, и «от изучения структуры системных объектов как способа организации, обеспечивающего их целостность..., и от изучения функционирования систем ... поднялась к рассмотрению того, как строение и функционирование сложных и сверхсложных систем проявляется в их развитии и стала самостоятельной дисциплиной, конкретизирующей положения теории систем применительно к тому их классу, само существование которых есть эволюция, развитие, история» [17, с. 37]. Синергетику, или теорию самоорганизации, науку о самоорганизации в природе и обществе [32], «изучающую общие закономерности образования и разрушения упорядоченных структур в любых сложных неравновесных системах» [28], «теорию развития» [13], «теорию образования новых качеств» [6], «философию нестабильности» – по И. Пригожину, «нелинейную науку» [1], формирующую эволюционно-синергетическую парадигму современной науки, рассматривают как общенаучную теорию, универсальную методологию, язык описания развития, поскольку синергетика провозглашает единообразие закономерностей и механизмов развития для систем, соответствующих критериям самоорганизующихся, независимо от их природы (системы могут быть физическими, химическими, биологическими, социальными, «человекомерными») [21], показывает, что все самоорганизующиеся системы совершают переход от одного устойчивого состояния через кризисное состояние в новое устойчивое состояние, следуя единому алгоритму [40], описывает на едином для разных областей знания языке – процесс, динамику, эволюцию. В связи с отмеченной спецификой синергетики, или теории самоорганизации, выражающейся в ее меж-

дисциплинарности, т.е. возможности использования в разных областях науки, где изучаются системы любой природы, соответствующие критериям самоорганизующихся, или трансдисциплинарности – в терминологии Э. Ласло [29], ее универсальности – в качестве исходных методологических предпосылок для исследований разного рода, можно отметить, что специфичность синергетики связана и со спецификой самой истории становления синергетического знания к 70-м годам XX века и его развития, ибо оно формировалось и продолжает развиваться в работах исследователей, работавших и работающих в разных областях науки и философии и в разных странах. Признанные основоположники – И. Пригожин и Г. Хакен. И. Пригожин, как известно, бельгийский физико-химик русского происхождения, проводивший исследования в области неравновесной термодинамики с начала 40-х годов XX века. В 1971 г. вышла его работа по теории диссипативных структур. Г. Хакен – немецкий физик, начавший исследования механизмов действия лазера в начале 60-х годов. В 1971 г. вышла написанная совместно с Р. Грэхемом статья «Синергетика – учение о совместном действии» [25]. Г. Хакен предложил термин «синергетика», происходящий от греческого слова «синергос» – совместно действующий – для обозначения направления междисциплинарных исследований, которое изучает процессы взаимодействия подсистем, сопровождающиеся кооперативным эффектом и самоорганизацией [28]. До того в языке существовало понятие «синергии», означающее слияние человеческих и Божественных энергий в молитве человеческой. Таким образом, синергетика – дословно – означает «совместное действие», и в этом названии нашло отражение представление о механизмах возникновения нового: синергетика рассматривает возникновение упорядоченных макроструктур как следствие неожиданного возникновения одинакового поведения множества входящих в макроструктуру элементов, что приводит к качественной перестройке структуры [40], и в названии подчеркнута роль кооперативных эффектов на микроуровне в процессах формирования макроскопических структур, отражено видение механизма становления нового как сложного взаимодействия внешних и внутренних факторов. Математические основы описания процессов самоорганизации разработывали В.И. Арнольд, А.А. Андронов, Р. Том. В начале 70-х годов прошлого века Р. Том разработал теорию катастроф, описывающую закономерности перехода от одного устойчивого состояния к другому через фазы скачкообразных – катастрофических – структурных качественных изменений [22]. Ряд ученых отмечают, что «синергетика выросла из теории колебаний, развитой Л.И. Мандельштамом и его школой и качественной теории дифференциальных уравнений, начало которой было положено в трудах Анри Пуанкаре» [26, с. 55]. Понятие «нелинейное мышление» введено Л. Мандельштамом. Предшественниками теории самоорганизации считаются кибернетика, связанная с именами Н. Винера и У. Эшби, теория информации (К. Шеннон), общая теория систем (Л. фон Берталанфи) [25]. До работ Берталанфи в начале XX столетия А.А. Богданов в монографии «Всеобщая организационная наука (тектология)» показал общие

закономерности организации систем различной природы [24]. Представления о самоорганизации развивались также в США в исследованиях фон Ферстера, который в 1960г. опубликовал работу под названием «О самоорганизующихся системах и их окружении», в которой ввел понятие «порядок из шума» [25]. Термин «самоорганизующаяся система» впервые использовал в 1947 г. У. Эшби [15]. В значении «система, изменяющая свои основные структуры в зависимости от опыта и окружения», термин «самоорганизующаяся система» был впервые использован Б. Фэрли и У. Кларком в статье в 1954 г. [25]. Разработка теории развития сложных систем началась также и в рамках самой теории систем – в 70-е годы XX столетия в России. Так, уже в 1973 г. в работе И.В. Блауберга и Э.Г. Юдина «Становление и сущность системного подхода» отмечалось, что «развивающийся объект как бы сам творит свою историю» [5, с. 190], что «источник преобразования системы или ее функций лежит обычно в самой системе», что «существенная черта ряда системных объектов состоит в том, что они являются не просто системами, а саморазвивающимися системами» [5, с. 136], подчеркивается роль внутренних факторов в становлении систем и, можно сказать, отчасти формируется принцип нелинейности развития динамических систем. О важности разработки в биологии «теории саморазвития систем» писал в те же годы И.И. Шмальгаузен в работе «Кибернетические вопросы биологии». В настоящее время результаты работы в области синергетики, идеи, философско-методологические аспекты синергетики освещаются, как известно, в публикациях многих исследователей, также связанных с различными областями знания. И хотелось бы подчеркнуть, что специфику синергетики отражает и еще один синоним для этой области знания – «синергетическое знание», широко используемый в разных работах, ибо массив информации, связанный с работами и в областях физики, математики, химии, с рассмотрением «приложений» синергетики в сфере гуманитарного знания, в биологии, медицине, философско-методологического «измерения» синергетики – это действительно неоднородная, сложная система – синергетического знания.

Обобщим коротко основные понятия и положения теории самоорганизации по ряду работ разных авторов, поскольку сама теория содержит в себе «философское измерение», и прежде всего следует отметить, что системы, которые относят к категории самоорганизующихся, характеризуются особенностями, которые фиксируются в таких понятиях, как сложность, открытость, неравновесность, нелинейность развития. Таким образом, к самоорганизующимся системам относятся сложные системы, т.е. состоящие из большого числа частей, компонент или подсистем, сложным образом взаимодействующих между собой; при этом «элемент данной системы сам оказывается системой со своими элементами» [51, с. 18]. «Сложные системы являются в то же время иерархическими системами, т.е. состоят из взаимосвязанных подсистем, которые, в свою очередь, ... состоят сами из других взаимосвязанных подсистем, вплоть до так называемых эле-

Продолжение на с. 26

ЮБИЛЕЙ

Ия Васильевна Забоева родилась 12 мая 1924 г. в г. Сыктывкар в семье служащего. Заслуженный деятель науки РСФСР, Заслуженный работник науки и культуры Коми АССР, лауреат премии ВАСХНИЛ им. академика В.Р. Вильямса, лауреат Государственной премии Республики Коми в области науки, главный научный сотрудник отдела почвоведения Института биологии Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук, доктор сельскохозяйственных наук, профессор.

В июне 1941 г. с отличием окончила школу № 1 г. Сыктывкар. Из 16 ребят класса, ушедших на фронт, в живых остались четверо.

В октябре 1945 г. И.В. Забоева окончила Коми педагогический институт, естественный факультет. В годы войны в летние месяцы работала на молевом сплаве леса, на запанях в Нижнем Чове, Трехозерке, Максаковке. За эти работы награждена медалью «За доблестный труд в Великой Отечественной войне 1941-1945 гг.».

После окончания института в 1945 г. была рекомендована в аспирантуру. В том году была открыта аспирантура при Коми Базе АН СССР (с 1949 г. – Коми филиал АН СССР), И.В. Забоева была в числе первых аспирантов, принята по специальности «почвоведение». Обучение в аспирантуре проходила в Почвенном институте им. В.В. Докучаева АН СССР (г. Москва) под руководством д.с.-х.н. Е.Н. Ивановой.

В 1953 г. на Ученом Совете Докучаевского Почвенного института АН СССР успешно защитила кандидатскую диссертацию по теме «Почвы бассейна верховьев р. Вычегды».

В 1951 г. Ия Васильевна была утверждена заведующей отделом почвоведения Коми филиала АН СССР. Совместно с сотрудниками отдела она продолжала работы, начатые Ольгой Афанасьевной Полинцевой по составлению первой почвенной карты Республики Коми масштаба 1:1000000. Исследования велись в течение многих лет, бессменным научным консультантом была профессор Евгения Николаевна Иванова. Наряду с работой по составлению почвенной карты Ия Васильевна организовала стационарные исследования сезонной динамики почвенных процессов в зональных почвах, по выявлению основных диагностических признаков.

В 1965 г. Ия Васильевна была рекомендована на должность директора Института биологии Коми филиала АН СССР, которым руководила в течение 20 лет. Будучи директором Института, И.В. Забоева провела большую научно-организаторскую работу по углублению биологических исследований на европейском Северо-Востоке. Главное внимание она уделяла разработке научных основ рационального использования биологических природных ресурсов в условиях Севера. Значительное внимание уделялось биологически обусловленным резервам в области сельского хозяйства. Институтом была выполнена коллективная работа по спасению Коми края от надвигающейся беды – переброски части стока Печоры и Вычегды в бассейн Каспийского моря.

Несмотря на все возрастающие административные дела, Ия Васильевна не прекращала исследования по составлению почвенной карты европейского Северо-Востока. Она ежегодно выезжала в экспедиции для изучения почвенного покрова в различных районах Коми республики и за ее пределами, впервые были исследованы почвы и составлены почвенные карты в ряде бассейнов Малоземельской и Большеземельской тундр. В процессе составления почвенной карты были выявлены закономерности формирования почв и почвенного покрова на обширной территории Республики Коми, их качественные различия по биоклиматическим зонам и подзонам.

И.В. Забоевой исследованы морфогенетические свойства типичных подзолистых и глееподзолистых почв, установлены их диагностические и агропроизводственные особенности водного и теплового режимов, разработаны рекомендации по повышению их потенциального плодородия и использованию в сельскохозяйственном производстве. В 1973 г. Ия Васильевна защитила докторскую диссертацию по теме «Почвы и земельные ресурсы Коми АССР».

И.В. Забоева – инициатор и организатор проведения многих российских и международных конференций как по биологическим проблемам в целом, так и по почвоведению. Список опубликованных работ включает более 170 названий. Ия Васильевна награждена двумя орденами «Знак почета», орденом «Дружбы народов», пятью медалями, Почетными грамотами Президиума АН СССР, Верховного Совета РСФСР, она лауреат премии им. В.Р. Вильямса.

В течение многих лет вела большую общественную и научно-организационную работу: неоднократно избиралась членом Сыктывкарского ГК КПСС, членом ревизионной комиссии Коми ОК КПСС, секретарем партийной организации Коми филиала АН СССР, была делегатом XV съезда профсоюзов СССР, XXV съезда КПСС (1976). В настоящее время она председатель Коми Отделения докучаевского общества почвоведов России. И.В. Забоева – научный руководитель темы в области исследований почвенно-земельных ресурсов Республики Коми, получившей в 2009 г. конкурсную финансовую поддержку Отделения биологических наук РАН.

*Дорогая Ия Васильевна!
Сотрудники Института биологии, Ваши коллеги и ученики поздравляют Вас
со знаменательной датой и желают крепкого здоровья, счастья и дальнейших успехов
в деле служения почвенной науке.*



ментарных подсистем, которые состоят из далее неразложимых элементов» [41, с.40], т.е. сложная система выступает как иерархическое целое, а иерархичность системы означает, во-первых, что каждый ее компонент может рассматриваться как система, а, во-вторых, что сама исследуемая система представляет собой лишь один из компонентов более большой системы [19]. К системам, соответствующим критериям самоорганизующихся, относятся открытые системы, т.е. существующие в режиме обмена с окружающей средой веществом, энергией и информацией. Такие системы, где часть энергии превращается в результате этих процессов в тепло и рассеивается в окружающую среду, называются еще, по И. Пригожину, диссипативными (диссипация и означает – рассеивание). Открытость сложных систем вызывает их неравновесность. Неравновесность связана с неоднородностью внутренней среды открытой системы из-за наличия постоянного обмена – веществом, энергией, информацией – системы с окружающей средой. В результате в разных участках среды происходят колебания, флуктуации, и если они усилятся при каких-то обстоятельствах при участии внутренних или внешних факторов, то может наступить состояние неустойчивости и впоследствии возникнуть новая структура. По поводу системы, находящейся в стадии перехода в новое устойчивое состояние, Г.И. Рузавин пишет, что спонтанные отклонения системы от некоторого среднего состояния, называемые в физике флуктуациями, в неравновесных системах могут не ослабляться, а, наоборот, усиливаться. Тогда «прежнее состояние системы делается неустойчивым, и в конце концов возникает новое устойчивое состояние, связанное с образованием новой динамической структуры» [41, с. 31]. Этот принцип возникновения нового порядка в диссипативных структурах, порядка – через фазу усиления флуктуаций – был назван И. Пригожиным «порядком из хаоса», и данный процесс обусловлен свойством неравновесности самоорганизующихся систем. Как уже было сказано, самоорганизующиеся системы – это нелинейно развивающиеся системы. Часто самоорганизующиеся системы и определяют как «открытые и нелинейные системы» [23]. Понятие «нелинейности» считается одним из центральных в синергетике. Синергетику, как уже было отмечено, называют «нелинейной наукой», синергетическое знание – «парадигмой нелинейности» [23]. «Нелинейность в математическом смысле означает определенный вид математических уравнений, которые могут иметь несколько (более одного) качественно различных решений. То есть множеству решений нелинейного уравнения соответствует множество путей эволюции системы, описываемой этими уравнениями» [23, с. 9].

Классическая механика и соответствующая ей философская концепция классического детерминизма исходит «из признания того, что любые изменения в поведении объектов и систем целиком и полностью определяются внешними воздействиями, внешними условиями, следствием чего является линейность и однозначность пути развития...», рассматривает материальные объекты и тела как пассивные, т.е. не имеющие активного начала в самих себе» [43, с. 52]. В теории самоорганизации нели-

нейность развития обосновывается учетом как внешних, так и внутренних факторов, их взаимопроникновением, «синтезом самодетерминации и внешней детерминации» [43, с. 121], связью микроскопического и макроскопического уровней протекания процессов. Именно «флуктуации на микроскопическом уровне ответственны за выбор той ветви, которая возникнет после точки бифуркации, и, стало быть, определяют то событие, которое произойдет», – пишет И. Пригожин [37, с. 17], тогда как «внешнее воздействие только инициирует самоорганизацию» [42, с. 154], которая, как уже отмечалось, определяется как «способность к саморазвитию тех или иных систем, использующих при этом не только приток энергии, информации, вещества извне, но также внутренние возможности» [14, с. 114]. Роль внутренних факторов отражена и в определении самоорганизации Р.Е. Ровинским: «Процессы возникновения порядка в открытых неравновесных развивающихся системах под влиянием внутренних причин названы самоорганизацией» [40, с. 67].

По И. Пригожину при изменении какого-то параметра, при некотором его значении достигается порог устойчивости системы. Это критическое значение и фаза состояния системы называется точкой бифуркации [37]. Точка бифуркации, таким образом, это состояние системы, характеризующееся нестабильностью, потерей устойчивости наличной структуры системы, появления в ней участков, где больше флуктуаций, нарушающих структуру, и при этом наличия и более стабильных участков, т.е. состояние возрастания неоднородности среды системы, разрушения наличной структуры из-за участков нестабильности, хаоса в ней, т.е. состояние системы, где флуктуации начинают «работать» на изменение структуры, т.е. на новый порядок. В точке бифуркации – и «остатки» прежней структуры, и зачатки новых структур – как разных вариантов будущего, вариантов развития, т.е. это точка пространства-времени, откуда начинается выход системы на новую структуру, выступающую как аттрактор, точка «витязя на распутье». При этом аттракторами (от слова attract – притягивать) называют «те реальные структуры в открытых нелинейных средах, на которые выходят процессы эволюции в этих средах» [23, с. 6], можно сказать еще, что это зачатки новых структур, новых конфигураций связей, зачатки Будущего в Настоящем. «Вблизи точки бифуркации мельчайшие изменения во внешнем воздействии могут (наряду с флуктуациями) изменить свойства системы кардинальным образом...», что является характерным для нелинейных систем» [26, с. 60]. При этом – отмечают Е.Н. Князева и С. П. Курдюмов [23] – имеет значение именно пространственный характер воздействия (точнее, пространственно-временной), а не просто количественное воздействие внешнего фактора, которое может инициировать процесс начала образования новой структуры. Следует отметить, что то, какой будет новая структура, зависит от того, какой является система на данный момент времени, от ее прошлого, в котором уже есть зачатки нового, и, конечно, от внешних факторов (и не только от «количества» их, но и от качества), стимулирующих внутренний процесс выхода системы на новую

структуру. Таким образом, понимание нелинейности включает в себя новое видение определяющей роли внутренних факторов в развитии систем. В противоположность классическим взглядам, когда система рассматривается как сложный механизм, способный лишь реагировать на импульсы от окружающей среды, в новой теории систем подчеркивается тот факт, что реакция системы становится новым возбуждением, следствие – причиной, в связи с чем реакцию в системе вызывает уже не информация из окружающей среды, а собственный ответ на нее системы; огромную роль играет обратная связь, и система сама генерирует таким образом свое поведение [25]. «Живые системы ... есть такие системы, которые обладают внутренней активностью» [43, с. 79]. Если классические представления о развитии – это теория жесткой детерминации поведения системы внешними воздействиями, то современные представления о развитии базируются на учете и внешних, и внутренних факторов [43], «предполагают наличие внутренней динамики, наличие внутренних причин и самодетерминации функционирования и поведения систем» [43, с. 118]. Как отмечают Ю.Г. и А.Ю. Пузаченко, «в связи с новой парадигмой (синергетической) наука должна отказаться от возможности точного расчета и предсказания траекторий движения реальных систем в будущее. В лучшем случае она может взять на себя смелость указать некоторые области возможных состояний. Но выбор траектории движения есть выбор ... самой системы и является продуктом множества непредсказуемых и малых по мощности взаимодействий» [38, с. 56]. «Сложные системы, – пишет Ю.В. Сачков, – суть такие системы, поведение которых содержит акт принятия решений, что характеризуется как выбор из ряда возможных, включая альтернативные. Выбор включает в себя и случайные механизмы» [43, с. 108]. В связи с особенностями механизмов изменений в системах, соответствующих критериям самоорганизующихся, проблема управляемого развития, – отмечают Е.Н. Князева и С.П. Курдюмов, – приобретает форму проблемы направляемого развития [23].

Синергетику принято рассматривать, как уже отмечалось, как метатеорию, универсальную методологию, язык описания. Как отмечает Н.К. Удумян, в методологическом плане синергетика представляет собой общую парадигму эволюции – для открытых диссипативных систем живой и неживой природы [47]. «Основное преимущество синергетики, – отмечает Е.Н. Князева, – это ее универсальность: открытие универсальных паттернов эволюции и самоорганизации сложных систем любой природы» [22, с. 101], поэтому синергетическое знание, как отмечается во множестве публикаций, можно использовать для понимания процессов адаптации, эволюции, онтогенеза, истории, процессов развития общества, биосферы, динамики научного знания, эволюции культуры, вопросов познания, творчества, образования, становления личности, проблемы здоровья. Особо стоит подчеркнуть роль синергетики как языка описания – динамики, процесса, эволюции. В работе «Вероятностная модель языка» В.В. Налимов пишет: «Одна и та же сложная система может описываться разными моделями, каждая из которых отражает только какую-то

сторону изучаемой системы» [34, с. 136]. Использование другого языка описания дает возможность получить совершенно другую проекцию той же реальности, обогащая тем самым знание явлений в их целостности: «языки, описывающие Бытие и языки, описывающие Становление, можно считать взаимодополнительными» [13, с.120]. Синергетику – в качестве языка, описывающего становление, можно считать дополнительным языком описания явлений, использование синергетического подхода в различного рода исследованиях – непосредственной реализацией принципа дополнительности Н. Бора. Но главное, если говорить о значимости синергетики в аспекте языка, это то, что синергетика вводит новую категориальную сетку для изучения процессов, новый язык, сопряженный с иным видением мира и заставляющий мыслить по-другому, ибо именно «язык задает ту сетку, которая определяет принципы конструирования картины мира..., язык является сеткой, способом описания мира..., и модель мира – это модель, определяемая этой сеткой» [44, с. 64]. «Новые языки – это, с определенной точки зрения – новые культуры», – говорит В.В. Налимов [34, с. 126], и эта мысль – о том, что изменение языка означает изменение способа видения реальности и собственное изменение – по-разному звучала в работах многих мыслителей, начиная с античности (Платон: «Слово – весь человек в душе слова, высказаться по-иному, значит, измениться, стать другим»; М. Хайдеггер: «Язык – Дом Бытия»; Л. Витгенштейн: «Границы моего языка означают границы моего мира»). Синергетика, рассматриваемая в аспекте языка – способствует изменениям мировоззренческим, изменению картины мира как исследователя, так и любого человека. И, наконец, обратимся непосредственно к мировоззренческим следствиям синергетики, философское «измерение» которой оказывает значительное воздействие и на развитие различных научных дисциплин, и на развитие культуры в целом, и на развитие индивидуальной культуры человека и ее «ядерной» структуры – картины мира, определяющей мировоззрение и деятельность человека, его поведение, его собственную жизнь и судьбу и судьбу и Жизни на Планете.

Во-первых, следует отметить, что синергетика формирует понимание, что развитие определяется взаимодействием множества внешних и внутренних факторов, целостным их комплексом – в каждый момент времени – отличным от такового в предыдущий момент, и воздействие одного и того же фактора «в одинаковом его количестве» в разные «моменты» времени будет вызывать разные следствия. Синергетическое знание дает понимание важности воздействия – «в нужное время и в нужном месте, воздействия – в «нужный» момент, представление о тонкости взаимодействия организмов со средой, о необходимости пересмотра взглядов на процесс управления развитием. Даваемое синергетикой видение непрерывности эволюции имеет своим следствием видение уникальности индивидуальной истории, уникальности каждой единицы жизни. Синергетика направляет внимание исследователя к индивидуальному развитию – не «в общем и целом», не к усредненному индивидууму, а на конкретный организм, уникальным образом взаимодей-

ствующий со средой, на конкретные индивидуальные траектории развития, и вносит данный подход и в естественные науки, и в сферу гуманитарную. Синергетика дает видение «объекта» в динамике, понимание его историчности – при его восприятии. Как отмечают Е.Н. Князева и С.П. Курдюмов, «необходимо смотреть на всякое, даже застывшее явление как на определенную эволюционную стадию процесса его становления и развития. Многообразный ход процессов в разных областях эволюционирующей системы (структуры) сегодня содержит информацию о характере ее прошлого и будущего развития» [24, с. 306]. Синергетика имеет своим следствием видение не только уникальности объекта, но и его уникальности в каждый момент времени и уникальности каждого момента времени. «У нас не хватает тонкости, чтобы заметить текучесть, по всей видимости, абсолютную, процесса становления; устойчивость существует лишь благодаря грубости наших органов чувств, резюмирующих и сводящих вещи к общим планам, между тем как на деле нет ничего, что существовало бы в этой форме. Дерево в каждый момент своего существования – это некая новая вещь; мы утверждаем форму, потому что не замечаем неуловимости абсолютного движения... Текст тоже подобен такому дереву...» (Ницше, – *цит.* по: 4, с. 513). Синергетика способствует пониманию роли внутренних факторов в развитии и в связи с этим новое понимание развития – как направляемого, как саморазвития, но не управляемого развития. Эффективное управление сложными системами возможно только при учете собственных тенденций эволюции этих систем: эффективны не сильные, но точные действия, – подчеркивают Е.Н. Князева и С.П. Курдюмов [24]. При этом в сложной структуре объединены структуры разных «возрастов», разных «отрезков» пути развития, одновременно существует прошлое, настоящее и будущее – как тенденция возможной трансформации наличной структуры. Воздействие человека будет неэффективно, вообще может оказаться безрезультатным, если идет «вразрез» с особенностями внутренней среды системы, не находит «созвучия» с состоянием системы в конкретный момент времени, не соответствует ни одной из тенденций ее развития [24]. Новое, – отмечают Е.Н. Князева и С.П. Курдюмов, – появляется как непредсказуемое – с одной стороны – в итоге прохождения бифуркационного состояния, с другой стороны, определяется тем «спектром» возможных путей развития, которые «имели место быть» – как зачатки новых структур в периоде «точки бифуркации» [24]. То есть, с одной стороны, «синергетика демонстрирует скрытые потенциалы малых флуктуаций, случайностей..., какая-то случайность, флуктуация становится определяющей в образовании новой структуры» [24, с. 122], с другой стороны, «не все что угодно будет самоподдерживаться в нелинейной среде (системе). Могут возникнуть только те структуры, которые ... отвечают собственным тенденциям процессов в данной среде» [24, с. 132], т.е. форма будущей организации, новая структура связана с состоянием системы, которое являлось итогом пути развития системы к моменту «точки бифуркации», – отмечают Е.Н. Князева и С.П. Курдюмов [24].

Одно из важных мировоззренческих следствий синергетики – новое восприятие хаоса – как этапа, предвещающего рождение нового порядка, новой структуры, т.е. закономерного этапа эволюции. Если говорить, в частности, о развитии человека, то синергетика дает понимание закономерности и сущности кризисных состояний в жизни человека, можно назвать их периодами бифуркации, проще говоря, этапов необходимости переоценки своего отношения к жизни, людям, самому себе, «перестройки», изменения картины мира, закономерности этапов переходов к обретению новых состояний гармонии с миром; понимание жизни человеческой как неизбежного и непрерывного образования себя самого, развития своей собственной индивидуальной культуры: индивидуальной культуры – как системы, картины мира – как системы, соответствующих критериям самоорганизующихся. Синергетика выводит на осознание роли внутренних факторов в становлении ли новой упорядоченности, сохранении ли гомеостаза в процессах эволюции и адаптации. При этом следует отметить значимость синергетического знания для медицины, в психотерапии, для оздоровления собственной жизни.

Синергетика играет значительную роль в процессе поиска решений выхода из кризисной экологической ситуации на планете, в поиске путей оптимизации развития системы «природа – общество», развития общества, являясь теоретическим обеспечением оценки ситуаций нестабильности в целом, ситуаций неопределенности, способом прогнозирования возможных сценариев развития событий и воздействия на их ход. Теория самоорганизации, или универсальный эволюционизм – в терминологии Н.Н. Моисеева [33] признается стратегией перехода к ноосферному этапу развития общества, когда «научная мысль, научное знание становится новым геологическим фактором, новой геологической силой» [10, с. 22], «на котором состояние планеты определяется функционированием мыслящего вещества» [8, с. 65]. Теория самоорганизации, или синергетика стала теоретическим обоснованием возрастающей роли духовной компоненты на современном этапе развития общества, определяемом как «эпоха бифуркации..., состояние системы, чреватое множеством вариантов развития» [52, с. 51]. В развитии системы «природа-общество» отмечается значение аттракторов, в роли которых выступают культура человечества, личности, группы личностей, их мысли и идеалы. Именно синергетика утверждает возрастающую роль личности в истории, роль разума в коэволюции системы «природа-общество», или процесса ноосферогенеза, ибо «в точках бифуркации вступает в действие не только механизм случайности, но и механизм сознательного выбора, который становится важнейшим объективным элементом исторического процесса ... и в такие моменты слово, речь, пропаганда обретают особенно важное историческое значение» [30, с. 350-351]. В.Я. Варшавский и Л.С. Скворцов [9] также отмечают, что биосфера, на данном этапе находящаяся в состоянии экологического кризиса, может рассматриваться как диссипативная система – при подходе к точке бифуркации, и дальнейшее ее развитие определяется человеческим фактором. Таким

образом, синергетика, постулируя усиление роли человеческого фактора в процессе развития единой системы «Природа–Общество», утверждая возрастание роли личности в истории, подводит к выводу о возрастающей роли образования и необходимости повышения его эффективности. Образование (в том числе и дополнительного экологического, или «образования для устойчивого развития», которое должно охватывать все возрастные категории населения), нацеленного на развитие личности, а значит – на духовное развитие человека и на становление экологического сознания, ибо экологическое сознание и вытекает из уровня духовного развития человека, о чем писал, как известно, выдающийся физик и мыслитель современности Ф. Капра. Синергетика вносит огромный вклад в процесс осознания обществом необходимости роста личностной «компоненты» в обществе, постулирует необходимость роста числа личностей в социуме. Как отдельный человек развивается в направлении личности, к осознанию себя как свободного, духовного, творческого существа, так и биосфера развивается в направлении ноосферы, где именно духовная составляющая определяет состояние природы и общества, возможность продолжения жизни на планете. При этом и развитие демократии, где практически все общество вовлечено в формирование «курса» его развития, требует высокого уровня развития персональной, или индивидуальной культуры – каждого чле-

на общества. Можно сказать, что синергетика – косвенным образом – провозглашает необходимость движения к элитному образованию – для всех (ибо рост личностей в социуме становится требованием времени – для устойчивого развития и сохранения системы «природа–общество») и является теоретическим основанием для данной образовательной политики, обосновывая, как уже отмечалось, творческую природу каждого человека. Следует отметить также еще одно из важных мировоззренческих следствий синергетического знания, относящееся также и к вопросам развития общества, которое состоит в понимании необратимости эволюции, т.е. невозможности дважды войти в одну и ту же реку, пытаться реставрировать прошлое.

Огромный вклад синергетики в понимание феномена человека, рассматривающей его как открытую сложную нелинейную систему, необычайно велик ее потенциал для развития системы образования. Синергетика обосновывает идею непрерывности образования. Дает видение личностного, или духовного развития человека, его эволюции – как коэволюции в среде культуры. Вносит вклад в понимание механизмов межкультурной коммуникации, познания, образования – как эволюции индивидуальной культуры, способа бытия человека, специфики человеческого существования. Обосновывает атрибутивность образования, видение образования как само-образования, атрибутивность самообразо-

ЮБИЛЕЙ

28 апреля 2009 г. отметил «золотой» юбилей **Андрей Ильич Кичигин**.

Его путь в науку начался четверть века назад. Прежде чем влиться в сплоченный коллектив Института биологии, он успешно окончил химико-биологический факультет Сыктывкарского университета, потом несколько лет работал учителем в сельской глубинке нашей северной республики. Ведомый интересом к познанию законов, регулирующих развитие живых систем, в 1984 г. он поступил в аспирантуру Коми научного центра Уральского отделения РАН. С этого момента на многие годы его судьба тесно связана с исследователями, которые всесторонне изучают воздействие на организмы, популяции и экосистемы одного из самых мощных физических факторов – радиоактивного излучения. Андрей Ильич постепенно постигал азы научной работы, настойчиво овладевал сложными методами исследований, осваивал современное оборудование. Все это пригодилось ему не только в тиши лабораторий, но и в те страшные дни, когда произошла катастрофа на Чернобыльской атомной электростанции.

Он был среди тех специалистов Института биологии, которые вели в зоне радиационного поражения широкомасштабные комплексные исследования. В этой важной для всей страны работе Андрей Ильич участвовал практически с первых месяцев после аварии, неоднократно выезжал в Чернобыль для проведения экспедиционных работ в течение последующих семи лет. Итоги этих изысканий невозможно переоценить, они легли в основу научных рекомендаций для улучшения радиационной обстановки в зоне аварии на ЧАЭС. Мы знаем, что в Чернобыле Андрей Ильич проявил не только свои лучшие человеческие качества, но и настоящий героизм. При сборе необходимого фактического материала ему, рискуя здоровьем, приходилось неоднократно посещать участки, где радиационный фон был существенно повышен.

В последние годы Андрей Ильич координирует в Институте биологии работу, направленную на обеспечение безопасных условий труда на рабочих местах сотрудников. На должности инженера по охране труда наиболее полно раскрылись присущие ему скрупулезность, требовательность, принципиальность. Сотрудники ценят его как доброжелательного, отзывчивого человека.

Дорогой Андрей Ильич! Мы от всей души желаем Вам крепкого здоровья, удачи, счастья, новых успехов в труде на благо нашего Института!

Коллеги



вания, саморазвития, или само-образования и творчества на протяжении всей жизни человека, утверждая и давая понимание его как «человека образующегося». Синергетический подход к образованию – это и методологические, и теоретические аспекты, вклад в понимание сущности образования, теоретическая база для реформирования классической системы образования и выработки новых подходов. Самой сутью своей синергетика отвергает авторитарную модель образования, где обучаемый рассматривается в качестве объекта внешнего воздействия [54]. Задавая новое видение взаимодействия обучающего и обучаемого, и утверждая атрибутивность творчества для каждого, синергетика предлагает иную модель взаимоотношений педагога и ученика. В связи с этим, синергетика вносит свой вклад в поворот сознания «от доминанты общего к доминанте единичного» [11, с. 28], в становление парадигмы образования, исходящей из уникальности каждого человека и пути его развития. Синергетический подход к образованию, по Е.Н. Князевой [21], состоит в том, что процедура обучения, способ связи обучаемого и обучающегося, ученика и учителя – это не перекладывание знаний из одной головы в другую, не преподнесение готовых истин. Это своего рода постоянная помощь – в наведении на какие-то тексты культуры, необходимые конкретному человеку в конкретный «момент», период его развития, и которые будут выводить обучающегося на необходимые ему – в данное время – знания и понимания. Это ориентирование человека на то знание, которое поможет ему понять то, что ему необходимо понять именно сейчас (и, конечно, в целом – на Добро, Истину, Красоту), подведение к умению и желанию самостоятельного разрешения жизненно важных проблем, выхода из периодов «смуты» (хаоса), проблемных ситуаций, мешающих жить дальше, ознакомление человека с соответствующими методами работы над «своим образованием» и их разнообразием. «Максимум, на что могут претендовать науки о человеке, в том числе психология, это на исследование путей развития и на демонстрацию пространства выбора, его «цены» – для человека развивающегося, и что развитие – это судьба человека» [16, с. 31]. В работе В.И. Митиной «Мир личности как мир культуры» звучит мысль о том, что круг проблем, связанных со становлением личности, изучен недостаточно, что важно рассматривать личность в динамике, рассматривать человека как открытую самоорганизующуюся систему, субъекта творческой самодеятельности [31]. Синергетическое знание в приложении к феномену человека, в том числе к образованию – как росту и развитию индивидуальной культуры – дает понимание образования как уникального для каждого – творческого процесса, в связи с чем синергетику можно было бы определить и как философию творчества, задает тенденцию трансформации «образования для всех» в «элитарное образование для всех», о чем уже было сказано в связи с особенностями современного этапа развития общества и потребности в росте личностной компоненты, или увеличении «числа» личностей в обществе, а именно элитарное образование нацелено на реализацию этой задачи, поскольку элиту (одно из определений) определяют как социальный слой, обладающий не

только профессиональным знанием, но всеми качествами, присущими личности [48], т.е., иными словами – элита – это и есть личностная «компонента» общества. Следует отметить, что (одно из определений) по определению В.Ж. Келле личность – это «единица Бытия..., у которой складывается собственное отношение к Миру, обществу, другим [20, с. 153]. «Категория личности, – пишет В.Ж. Келле, – характеризует человека как сознательного и несущего ответственность за свои действия субъекта деятельности, как некую субъективную целостность со своим духовным миром...». Можно добавить, что личность – это человек, становящийся в культуре тем, кем он является по своей сущности – свободным, творческим, осознающим свое духовное начало человеком и исходящим в своем поведении из персонального осознания этого, что личность – можно сказать и так – это духовная стадия существования человека, его развития, и, как уже отмечалось, духовный уровень личностного развития предполагает и «экологическое сознание», или экологическое «измерение» индивидуальной культуры человека.

С позиций синергетики описываются и процессы развития научного знания [45], которое рассматривается как сложная открытая нелинейная среда (система), погруженная, кроме того, в сложную нелинейную среду культуры. Ю.Б. Куксова, В.П. Бранский [27] также отмечают, что можно рассматривать культуру как систему, соответствующую всем критериям самоорганизующихся, ибо она обладает такими свойствами, как наличие обмена со средой, неравновесностью (наличием обмена между элементами системы) в связи с неоднородностью внутреннего строения, проявляющуюся в том, что «различные участки обладают разной мерой организованности» [30, с. 424], нелинейностью. О том, что «глобальный эволюционизм позволяет рассматривать развитие культуры с тех же позиций, что и развитие мира жизни», пишет и В.В. Налимов [35, с. 130]. Он же отмечал, что «с единых позиций можно рассматривать эволюцию текстов культуры, смену парадигм в науке, эволюцию творчества ученого, эволюцию личности, эволюцию семантики текстов» [50, с. 101]. То, что говорится о знании в целом и культуре в целом, соответственно, относится и к системе знания индивидуума (усвоенного субъектом объективированного знания), процессам познания, становления индивидуальной культуры, изменения картины мира. Человек выступает как культура в культуре, текст среди текстов, как постоянность «встреч» с текстами культуры, ибо становление его человеком происходит в среде культуры, и вкладом синергетики в понимание феномена человека является, как уже отмечалось, теоретическое обоснование идеи непрерывности образования и самообразования или саморазвития, видение человека как эволюции культуры и текстов культуры. Синергетика дает теоретическое обоснование атрибутивности творчества – для каждого человека, неизбежности движения к свободе, являющейся сущностной характеристикой человека. Синергетику можно назвать – в добавление к различным ее определениям и философией творчества, и философией образования, и философией свободы, и, конечно, использовать синергетическое знание в качестве ме-

тодологии самообразования, саморазвития, или «образования себя» – в соответствии со своей сущностью. «Человек – «открытая система», – пишет Л.П. Буева, – он обречен на свободу выбора и культурное творчество жизни и своего образа» [7, с. 17].

Обобщая все сказанное о вкладе синергетического знания в культуру в целом, можно сказать, что, во-первых, синергетика дает понимание неповторимости мига бытия. Во-вторых – способствует пониманию сущности человека как эволюции культуры, в том числе эволюции индивидуальной культуры, пути восхождения к своей сущности, приводит к пониманию сущности человека как «человека образующегося», атрибутивности непрерывного процесса «образования себя» на протяжении всей жизни, атрибутивности творчества, и в связи с этим – к пониманию неповторимости конкретной человеческой жизни, индивидуальной «истории культуры». Синергетика помогает осознанию места человека в мире, роли его на Земле, дает понимание сущности кризисных состояний как закономерных состояний перехода к новому уровню адаптированности и гармонии с миром, выводя на углубление

понимания здоровья человека, значения внутренних факторов (и «работы человека над собой») для оздоровления человека и его жизни. Синергетика может оказать помощь в процессе межличностной коммуникации, давая понимание уникальности другого человека, момента времени, когда происходит какое-то «общение», понимание влияния, казалось бы, мелочей – на состояние человека и мира. И все эти «понимания», естественно, способствуют изменению видения мира и собственному изменению, отражающемуся в изменении поведения по отношению к миру, себе, другим людям, Жизни.

В качестве заключения можно отметить, что в настоящее время синергетическое знание оформилось в синергетическую парадигму современной науки, а идея эволюции «стала тем стержнем, вокруг которого структурируется картина мира, свойственная культуре нашего столетия» [2, с. 44]. Философское осмысление синергетического знания показало – сколь значителен вклад его в понимание Мира и человека, и оно по-прежнему влияет на развитие как естественных, так и гуманитарных наук, медицины, образования, культуры. Этой ра-



Дорогие и глубокоуважаемые участники и ветераны Великой Отечественной войны и труженики тыла!

Сегодня, отмечая самый замечательный, поистине всенародный и любимый праздник – День Победы – приносим всем вам нашу искреннюю любовь и безграничную признательность за свободу нашей Родины, которую вы, каждый на своем месте, с оружием в руках или на трудовом фронте, отстаивали в борьбе со смертельно опасным врагом.

Проходят годы, и чем больший отрезок времени отделяет нас от сладостного и выстраданного мига полной и безоговорочной капитуляции фашистской Германии, тем зримее становится непреходящее историческое значение добытой вами Победы, тем отчетливее вырисовывается ваш решающий вклад в это наиважнейшее событие, потребовавшее ежедневного, ежеминутного героизма и великого терпения. Честь вам и слава!

Низко склоняя голову перед памятью наших соотечественников, павших на полях сражений, под бомбежками, в лагерях смерти и уже никогда не вернувшихся к мирной жизни, избранному делу, своим родным и близким, мы отдаем должное вашему мужеству и самоотверженности. Здоровья, счастья и долгих лет жизни вам, участники войны – **Пелагея Ивановна Вахнина, Изосим Александрович Коюшев, Иван Васильевич Пономарев**, вам, ветераны войны и труженики тыла – **Елена Степановна Болотова, Татьяна Ефимовна Борисова, Любовь Александровна Верхоланцева, Ия Васильевна Забоева, Анна Викторовна Ластовка, Клара Иосифовна Маслова, Антонина Алексеевна Поповцева, Тамара Алексеевна Стенина, Ариадна Николаевна Цыпанова!**



Пелагея Ивановна
Вахнина



Изосим
Александрович
Кюшев



Иван Васильевич
Пономарев

А. Таскаев

ботой хотелось подчеркнуть значение синергетического знания для каждого человека как своего рода «самоучителя», показать его роль как фактора эволюции и отдельной индивидуальной культуры и общества в целом. Возможно, именно синергетика может стимулировать обращение большей части общества к философии – философской антропологии, философии образования, философии культуры, ведущих к пониманию человека, его сущности, его роли на планете, что неизбежно проявится в изменении картины мира человека, уровня его личностного развития и скажется на поведении человека. Именно синергетика может способствовать пониманию философии – как атрибутивной для человека творческой деятельности, элемента собственной жизни. На современном этапе развития общества когда все больше внимания уделяется проблеме самообразования, саморазвития, духовного развития, или «образования себя» – на протяжении всей жизни человека, и многие исследователи отмечают, что человека нужно учить учиться, что «обучать надо методологии самообразования» [49], огромный вклад в понимание мира и феномена человека – как образующегося всю жизнь, творческого, как «человека образующегося» – вносит синергетика. А возможность истинного общества, согласно Э. Гуссерлю, состоит в том, что отдельный человек не просто бездумно проживает в окружающем мире, а стремится стать истинным человеком, и это жизнь, «постоянно проходящая в самовоспитании и, соответственно, в самокультивации, саморегулировании, под постоянным самоконтролем» [12, с. 132]. Он же отмечал, что для необходимого этического и политического обновления человечества требуется «искусство человеческого самообразования» [12], которое, добавим, возможно, является одним из главных факторов для увеличения личностной «компоненты в обществе и реализации тем самым глобальной «сверхзадачи», или цели образования для устойчивого развития – сохранения Жизни на планете Земля и человеческой цивилизации.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Аршинов В.И.* Синергетика как феномен постнеклассической науки. М., 1999. 203 с.
2. *Баксанский О.Е.* Козволюционные репрезентации в современной науке // Методология биологии: новые идеи (синергетика, семиотика, коэволюция) / Отв. ред. О.Е. Баксанский. М., 2001. С. 44-64.
3. *Баксанский О.Е., Кучер Е.Н.* Современный когнитивный подход к категории «образ мира» (методологический аспект) // *Вопр. философии*, 2002. № 8. С. 52-69.
4. *Барт Р.* Удовольствие от текста // *Избранные работы: Семиотика. Поэтика*. М., 1994. С. 462-518.
5. *Блауберг И.В., Юдин Э.Г.* Становление и сущность системного подхода. М.: Наука, 1973. 269 с.
6. *Бранский В.П.* Социальная синергетика как постмодернистская философия истории // *Общественные науки и современность*, 1999. № 6. С. 117-127.
7. *Буева Л.П.* Культура и образование. Проблемы взаимодействия // *Культурология и образование (материалы «Круглого стола»)* // *Вопр. философии*, 1997. № 2. С. 12-18.
8. *Буровский А.М.* Ноосферология – новое направление в философии и методологии // *Ресурсы ноосферного движения*. Вып. 1. Междисциплинарное взаимодействие при исследовании фундаментальных и прикладных проблем ноосферного развития: методологическое, информационное и организационное обеспечение: Матер. междунар. конф. М., 2000. С. 64-72.
9. *Варшавский В.Я., Скворцов Л.С.* Ноосфера и проблемы экологического воспитания // *Новое в экологии и безопасности жизнедеятельности* // Доклады IV Всероссийской научно-практической конференции. СПб., 1999. Т. 1. С. 235.
10. *Вернадский В.И.* Размышления натуралиста. Научная мысль как планетарное явление. М.: Наука, 1977. Кн. 2. 191 с.
11. *Григорьева Т.П.* Будда в лесу Уолдена: новые пророки Америки // *Человек*, 1994. № 2. С. 15-29.
12. *Гуссерль Э.* Статьи об обновлении // *Вопр. философии*, 1997. № 4. С. 111-135.
13. *Делокаров К.Х.* Рационализм и социосинергетика // *Общественные науки и современность*, 1997. № 1. С. 117-133.
14. *Делокаров К.Х.* Системная парадигма современной науки и синергетика // *Общественные науки и современность*, 2000. № 6. С. 110-118.
15. *Дрюк М.А.* Синергетика: позитивное знание и философский импрессионизм // *Вопр. философии*, 2004. № 10. С. 102-113.
16. *Зинченко В.П.* Как возможна поэтическая антропология // *Человек*, 1994. № 6. С. 11-32.
17. *Каган М.С.* Синергетическая парадигма – диалектика общего и особенного в познании различных сфер бытия // *Синергетическая парадигма. Нелинейное мышление в науке и искусстве*. М., 2002. С. 15-21.
18. *Капра Ф.* Уроки мудрости. Разговоры с замечательными людьми. Киев, 1996. 318 с.
19. *Карпин В.А.* Биологическая система: интеграция приспособительных процессов // *Философские науки*. Новосибирск, 2005. № 3 (26). С. 127-140.
20. *Келле В.Ж.* Личность и культура в системе цивилизационных механизмов // *Многомерный образ человека: комплексное междисциплинарное исследование человека*. М.: Наука, 2001. С. 150-168.
21. *Князева Е.Н.* Синергетический вызов культуре // *Синергетическая парадигма: Многообразие поисков и подходов*. М., 2000. С. 243-261.
22. *Князева Е.Н.* Саморефлективная синергетика // *Вопр. философии*, 2001. № 10. С. 99-113.
23. *Князева Е.Н., Курдюмов С.П.* Синергетика как новое мировидение: диалог с И. Пригожиным // *Вопр. философии*, 1992. № 12. С. 3-21.
24. *Князева Е.Н., Курдюмов С.П.* Основания синергетики. Режимы с обострением, самоорганизация, темпомиры. СПб., 2002. 414 с.
25. *Крон В., Кюннера Г., Паслак Р.* Самоорганизация: генезис научной революции // *Концепции самоорганизации в исторической ретроспективе*. М.: Наука, 1994. С. 86-103.
26. *Кудрявцев И.К., Лебедев С.А.* Синергетика как парадигма нелинейности // *Вопр. философии*, 2002. № 12. С. 55-63.
27. *Куксова Ю.Б., Бранский В.П.* Искусство и философия: роль философии в формировании и восприятии художественного произведения на примере истории живописи. Калининград: «Янтарный сказ» // *Вопр. философии*, 2000. № 3. С. 141-142.
28. *Курдюмов С.П.* Самоорганизация сложных систем // *Экология и жизнь*, 2000. № 5. С. 42-45.
29. *Ласло Э.* Основания трансдисциплинарной единой теории (пер. Ю.А. Данилова) // *Синергети-*

ческая парадигма. Многообразие поисков и подходов. М., 2000. С. 326-333.

30. *Лотман Ю.М.* Семиосфера. СПб.: Искусство, 2000. 703 с.

31. *Митина В.И.* Мир личности как мир культуры // Вестн. МГУ. Сер. 7. Философия, 1997. № 6. С. 51-64.

32. *Митина О.В., Назаретян А.П.* Синергетика // Культурология. XX век. СПб., 1997. С. 423-424.

33. *Моисеев Н.Н.* Расставание с простотой. М., 1998. 480 с.

34. *Налимов В.В.* Вероятностная модель языка. О соотношении естественных и искусственных языков. М.: Наука, 1974. 271 с.

35. *Налимов В.В.* Разбрасываю мысли. В пути и на перепутье. М., 2000. 344 с.

36. *Пригожин И.* Кость еще не брошена // Синергетическая парадигма. Нелинейное мышление в науке и искусстве. М., 2002. С. 15-21.

37. *Пригожин И., Стенгерс И.* Порядок из хаоса. Новый диалог человека с природой. М., 2003. 312 с. – (Сер. Синергетика: от прошлого к будущему).

38. *Пузаченко Ю.Г., Пузаченко А.Ю.* Классификация как способ отражения реальности и конструирования мифов // Современная систематика: методологические аспекты. М.: МГУ, 1996. С. 56.

39. *Резник Ю.М.* Введение в социальную теорию: социальная системология. М.: Наука, 2003. 525 с.

40. *Ровинский Р.Е.* Самоорганизация как фактор направленного развития // Вопр. философии, 2002. № 5. С. 67-77.

41. *Рузавин Г.И.* Самоорганизация и развитие систем // Принцип системности в познании процессов развития М., 1986. С. 25-43.

42. *Сапронов М.В.* Концепции самоорганизации в обществознании: мода или насущная необходимость? (Размышления о будущем исторической науки) // Общественные науки и современность, 2001. № 1. С. 148-161.

43. *Сачков Ю.В.* Вероятностная эволюция в науке (Вероятность, случайность, независимость, иерархия). М., 1999. 144 с.

44. *Смирнова Е.Д.* Логика и «строительные леса» мира. Необычный мир «Трактата» Л. Витгенштейна // Вопр. философии, 1998. № 5. С. 62-67.

45. *Степин В.С.* Динамика научного знания как процесс самоорганизации // Самоорганизация и наука: опыт философского осмысления. М., 1994. С. 8-32.

46. *Таганов Р.Т.* Системный и исторический подходы в биологии. М.: Высш. школа, 1989. 135 с.

47. *Удудян Н.К.* Концепция самоорганизации: поиск новых направлений изучения молекулярной эволюции // Методология биологии: новые идеи (синергетика, семиотика, коэволюция). М., 2001. С. 234-252.

48. *Ушакова М.В.* Образование в трансформирующемся обществе // Вестн. МГУ. Сер. 18. Социология и политология, 2002. № 4. С. 147-158.

49. *Федорович И.В.* На пути к новой системе образования // Непрерывное профессиональное образование: проблемы, поиски, решения: Матер. юбилейной межрегион. науч.-практ. конф. Сыктывкар, 2000. Ч. 2. С. 134-138.

50. *Федорович И.В.* В.В. Налимов: векторы работ, проблемы эволюционизма, личное «соприкосновение» // Мыслители – выходцы из земли Коми: В.П. и В.В. Налимовы: Матер. Налимовских чтений: Культура в XXI веке: катастрофа или трансформация? Сыктывкар, 2001. С. 93-113.

51. *Флейшман Б.С.* Основы системологии. М., 1982. 368 с.

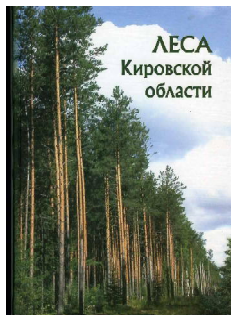
52. *Хлебалин А.В.* «Эпоха бифуркаций» – вызов образованию // Философия образования для XXI века, 2002. № 3. С. 51-53.

53. *Чайковский Ю.В.* Междисциплинарность современного эволюционизма // Концепции самоорганизации в исторической ретроспективе. М.: Наука, 1994. С. 198-237.

54. *Шевелева С.С.* К становлению синергетической модели образования // Общественные науки и современность, 1997. № 1. С. 125-133. ❖

НАШИ ПОЗДРАВЛЕНИЯ

Анатолию Ивановичу Видякину, Тамаре Яковлевне Ашихминой, Сергею Дмитриевичу Новоселову с награждением дипломом областного конкурса «Вятская книга года» за книгу «Леса Кировской области» в номинации «Лучшее научное издание»!



«Леса Кировской области». Под. ред. А.И. Видякина, Т.Я. Ашихминой, С.Д. Новоселова (Киров, 2008. 400 с.). Книга является первым изданием, включающим обобщенный материал о состоянии леса, лесных ресурсов и ведении лесного хозяйства Кировской области. В ней приведены сведения о климате, почвах, условиях произрастания лесов. Разработано районирование и типология лесов, произрастающих на территории Кировской области. Дана морфологическая и биологическая характеристика основных лесообразующих пород. Подробно изложены материалы об истории управления лесами, лесопользовании, лесовосстановлении, охране, защите, мониторинге лесов и охраняемых природных территориях. Рассмотрены проблемы селекции, семеноводства и сохранения генофонда основных лесообразующих пород. Предложены пути использования био-

массы дерева и лесосырьевых ресурсов. Дан анализ динамики лесного фонда Кировской области за 50 лет, показаны перспективы комплексного использования лесосырьевых ресурсов. Монография представляет интерес для широкого круга специалистов в области лесного хозяйства и лесной промышленности, экономистов, руководителей областных природоохранных ведомств, работников проектных и плановых организаций, научных сотрудников, аспирантов и студентов.





ИЗМЕНЕНИЯ СОСТАВА ФОСФОЛИПИДОВ ЭРИТРОЦИТОВ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ НИЗКОИНТЕНСИВНОГО ИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ РАЗНОЙ МОЩНОСТИ ДОЗЫ

к.б.н. **О. Шевченко**
 н.с. лаборатории радиоэкологии животных
 E-mail: shevchenko@ib.komisc.ru, тел. (8212) 43 04 78

Научные интересы: *радиоэкология, биохимия липидов*

Общее ухудшение экологической обстановки, увеличение глобального радиационного фона и появление зон с локальным радиоактивным загрязнением требует всестороннего изучения биологических эффектов воздействия малых доз ионизирующего излучения. Структурные и функциональные особенности эритроцита, а также его доступность для исследований делают его чрезвычайно удобной моделью для изучения действия на организм повреждающих факторов, в том числе и малой интенсивности [15]. Непременным условием нормального функционирования эритроцита служит поддержание соотношения между фракциями фосфолипидов (ФЛ) мембраны. Липидные молекулы, являясь важными структурными и функциональными компонентами мембраны эритроцита, регулируют подвижность и активность мембранных белков, обеспечивая клетке селективную проницаемость и нормальное функционирование мембраносвязанных ферментов, а также рецепторного аппарата [3]. Хотя зрелые эритроциты считаются радиорезистентными клетками, при воздействии радиации в низких дозах они могут изменяться в результате повреждения их предшественников в системе гемопоза [6]. Изменения в составе липидов мембраны клеток красной крови могут происходить и в результате взаимодействия циркулирующих эритроцитов с плазменными липопротеинами, при этом наиболее активно происходит обмен липидов внешнего слоя мембран. Обследование работников Чернобыльской АЭС, принимавших участие в ликвидации аварии, показало наличие изменений в составе липидов эритроцитов крови даже спустя 12 лет [17]. Вместе с тем, молекулярные механизмы структурных изменений мембран эритроцитов при действии малых доз ионизирующего излучения изучены недостаточно.

Цель настоящей работы заключалась в сравнительном изучении изменений в составе фосфолипидов эритро-

цитов при действии малых доз ионизирующего излучения разной мощности.

Эксперимент проводили в ноябре на 35 половозрелых самцах мышей линии СВА. Опытные животные в течение одного месяца находились в γ -поле, образованном двумя источниками ^{226}Ra с активностью $0.474 \cdot 10^6$ и $0.451 \cdot 10^6$ кБк, мощность экспозиционной дозы составляла 2 и 40 мР/ч. Суммарная поглощенная доза определялась с помощью дозиметров, расположенных в каждой клетке. На время ухода за животными источники γ -излучения отключались. Контрольные животные содержались в условиях естественного γ -фона. После прекращения воздействия животных декапитировали. Кровь собирали в пробирки, обработанные цитратом натрия. Плазму от форменных элементов крови отделяли центрифугированием. Липиды выделяли по методу Блая и Дайера в модификации Кейтса [10]. Разделение фосфолипидов на отдельные фракции осуществляли методом тонкослойной хроматографии (по Шталю или Woelm) [19]. Помимо анализа количественного соотношения различных фракций ФЛ, оценивали обобщенные показатели состава липидов: доля ФЛ в составе общих липидов, соотношение сумм более легко- и более трудноокисляемых ФЛ ($\Sigma\text{ЛОФЛ}/\Sigma\text{ТОФЛ}$), характеризующее способность липидов к окислению. Последнее соотношение вычисляли по формуле:

$$\Sigma\text{ЛОФЛ}/\Sigma\text{ТОФЛ} = (\text{ФИ} + \text{ФС} + \text{ФЭ} + \text{КЛ} + \text{ФК}) / (\text{ЛФХ} + \text{СМ} + \text{ФХ}),$$

где ЛФХ – лизофосфатидилхолин, СМ – сфингомиелин, ФХ – фосфатидилхолин, ФС – фосфатидилсерин, ФИ – фосфатидилинозит, ФЭ – фосфатидилэтаноламин, КЛ – кардиолипин, ФК – фосфатидная кислота.

Результаты были обработаны общепринятыми методами вариационной статистики.

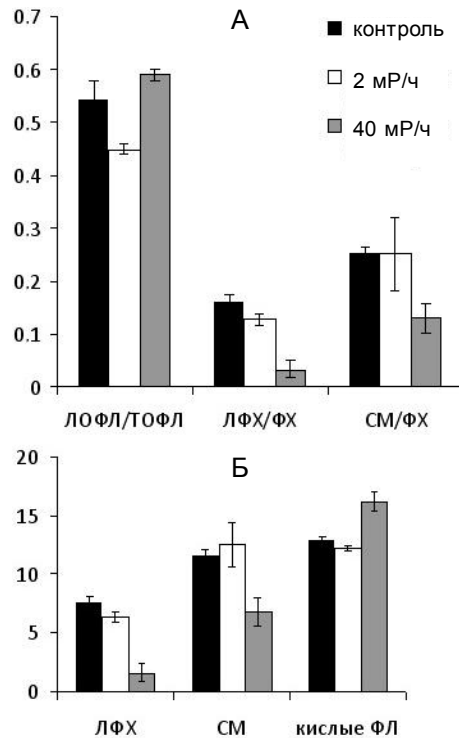
Облучение с мощностью дозы 2 мР/ч привело к снижению доли ФЭ,

расположенного преимущественно на цитоплазматической стороне мембраны, на 13 %. Окислительная деструкция ФЭ, связанная с большей ненасыщенностью жирнокислотного состава этой фракции, способствует уменьшению активности противорадикальной системы мембраны и снижению активности некоторых мембраносвязанных ферментов [1]. Вместе с тем выявлено увеличение доли ФХ, основного структурного фосфолипида внешней стороны мембраны эритроцита, содержащего более насыщенные и, соответственно, более трудноокисляемые жирные кислоты. Такие изменения в составе ФЛ эритроцитарной мембраны привели к достоверному снижению соотношения более легко- и более трудноокисляемых фракций фосфолипидов (см. рисунок) и увеличению отношения ФХ/ФЭ. Следовательно, воздействие низкоинтенсивного γ -излучения с мощностью дозы 2 мР/ч вызывает снижение способности липидов к окислению и увеличение жесткости мембранной системы эритроцитов. Как известно [3], увеличение микровязкости липидного бислоя вследствие интенсификации ПОЛ сопровождается снижением активности мембраносвязанных ферментов (Na^+, K^+ -АТФ-азы, Ca^{+2} -АТФ-азы). Кроме того, необходимо отметить незначительное увеличение суммарного содержания ФЛ в составе общих липидов эритроцитов мышей при этих условиях эксперимента.

При увеличении мощности дозы до 40 мР/ч доля фосфолипидов в составе общих липидов также выше, чем в контроле. Однако изменения в содержании отдельных фракций фосфолипидов существенно различались. Содержание ФЭ возвращалось к контрольным значениям. В 1.2 раза по сравнению с контролем увеличивалась доля ФХ. Как известно, эти два липида оказывают действие на стволовые клетки, увеличивают образование очагов кроветворения, активируют систему мононуклеарных фагоцитов [12], а также обеспечивают антиокислительную активность липидов мембран эритроцитов [9]. Отмечали резкое увеличение суммарного содержания метаболически активных кис-

лых (анионных) ФЛ (ФС, ФИ, КЛ и ФК) (см. рисунок). Увеличение доли этих ФЛ, особенно фосфатидной кислоты, наблюдали и в липидах эритроцитов животных, получавших мембранопротекторные биологически активные вещества на фоне острого стресса [14]. Как известно, кислые фосфолипиды регулируют активность Ca^{+2} -, Na^+ , K^+ -АТФ-аз и необходимы для поддержания ионного баланса в клетке [3]. Модуляция активности этих ферментов является реакцией клетки на действие возмущающих гомеостаз факторов. Вместе с тем ингибирующее действие на них могут оказывать высокие концентрации лизофосфатидилхолина (ЛФХ) [2, 20]. В липидах эритроцитов именно этой группы животных мы наблюдали снижение доли лизоформ в 4.8 раза (см. рисунок) по сравнению с контрольными значениями. Таким образом, изменения в соотношении лизоформ и анионных ФЛ направлены на создание оптимальных условий для работы ферментов, регулирующих ионный гомеостаз. В этой связи отметим, что внутри группы контрольных животных также была обнаружена обратная взаимосвязь ($r = -0.977 \pm 0.020$) между долей ЛФХ и суммарным содержанием кислых ФЛ.

ЛФХ необходим для нормального функционирования клетки, участвует в регуляции большинства связанных с мембраной ферментов, является вторичным посредником трансмембранной передачи сигнала внутри клетки [11, 13, 16]. Вместе с тем амфифильность и «неправильное» строение обуславливают его детергентное, флюидизирующее действие, способность нарушать топографию мембран, что дает возможность использовать уровень лизоФЛ для оценки степени патологических процессов [4, 11]. Мембраны, обогащенные ЛФХ, становятся более рыхлыми и менее устойчивыми к гемолизу, а наибольший цитолитический эффект ЛФХ достигается в том случае, когда нет ограничений для его подвижности в ФЛ слое мембран [4]. Вероятно, именно по этой причине в эритроцитах животных с высоким содержанием ЛФХ мы обнаруживаем (см. рисунок), как правило, высокую долю сфингомиелина (СМ). Известно, что скорость трансмембранной миграции ЛФХ зависит от соотношения СМ и ФХ. Поскольку СМ, в отличие от других ФЛ, является не глицеро-, а сфинголипидом и содержит в своем составе преимущественно остатки насыщенных ЖК, высокая доля



Обобщенные показатели состава (А) и содержание отдельных фракций (Б) фосфолипидов эритроцитов мышей, облученных с мощностью дозы 0.02 и 0.40 мГр/ч.

данного ФЛ предотвращает разрыхляющее действие ЛФХ и способствует поддержанию нормальной жесткости мембран эритроцитов. Кроме того, показан интегрированный характер метаболизма СМ и холестерина в клетках [18, 22]. Холестерин, встраиваясь между молекулами ФЛ, ограничивает их подвижность, в значительной мере определяет текучесть и вязкость мембраны красных кровяных клеток, влияя на латеральную диффузию рецепторов, ионный транспорт, проницаемость для растворенных веществ [5].

Можно указать несколько возможных причин резкого сокращения продуктов липолиза ФХ (см. рисунок) в липидах эритроцитов мышей, облученных с мощностью дозы 40 мР/ч. Во-первых, между мембраной эритроцитов и плазмой крови происходит постоянный обмен липидами. Жирные кислоты, связанные с альбуминами плазмы, включаются в состав мембран эритроцитов в ходе реакций ацилирования ЛФХ до ФХ [8]. Во-вторых, возможно имеет место угнетение активности цитозольной гормончувствительной фосфолипазы A_2 , поскольку она является Ca^{+2} -зависимым ферментом [7, 15, 16], а увеличение доли кислых ФЛ, вероятно, активировало Ca^{+2} -АТФ-азу, что привело к снижению внутриклеточной концентрации Ca^{+2} .

Скорее всего, мы видим результат работы сложной системы обратных связей, направленных на поддержание нормального функционирования клетки. Сокращение доли лизоформ ФЛ в липидах эритроцитов мышей, облученных с большей мощностью дозы, уже не требует высокого содержания СМ. В липидах этих животных СМ вытесняется более подвижным ФХ. Соотношение СМ/ФХ, характеризующее жесткость эритроцитарных мембран, их устойчивость к гемолизу, закономерно снижается в 1.9 раза (см. рисунок), при этом суммарная доля холинсодержащих фосфолипидов (СМ и ФХ), составляющих наружный монослой эритроцитарных мембран, практически не изменяется. Существуют данные [21], что соотношение СМ и ФХ определяет не только осмотическую и гемолитическую устойчивость эритроцитов, но и продолжительность их циркуляции в кровяном русле. Снижение соотношения СМ/ФХ в липидах эритроцитов, возможно, приведет к ускоренному обновлению клеток красной крови животных, облученных с мощностью дозы 40 мР/ч.

Таким образом, при длительном низкоинтенсивном облучении с мощностью дозы 2 мР/ч в мембранах эритроцитов возникают изменения, свидетельствующие о начальных этапах интенсификации ПОЛ. При увеличении мощности излучения до 40 мР/ч молекулярные перестройки в липидной компоненте эритроцитов позволяют говорить как о включении механизмов повреждения, так и о радиоиндуцированных защитно-приспособительных преобразованиях, направленных на обеспечение стабильности клеточного гомеостаза и позволяющих компенсировать действие облучения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Биохимия человека / Р. Марри, Д. Греннер, П. Мейес и др. М.: Мир, 1993. Т. 2. 415 с.
2. Болдырев А.А. Биологические мембраны и транспорт ионов. М.: Изд-во МГУ, 1985. 93 с.
3. Геннис Р. Биомембраны: молекулярная структура и функции. М.: Мир, 1997. 622 с.
4. Грибанов Г.А. Особенности структуры и биологическая роль лизофосфолипидов // *Вопр. мед. химии*, 1991. Т. 37, № 4. С. 2-16.
5. Дятловицкая Э.В. Сфинголипиды и злокачественный рост // *Биохимия*, 1995. Т. 60. С. 843-850.
6. Жербин Е.А., Чухлович А.Б. Радиационная гематология. М.: Медицина, 1989. 175 с.

7. Изменения ультраструктуры эритроцитов человека и уровня свободных жирных кислот в них при инкубации с перекисью водорода и ионами кальция *in vitro* / В.И. Сороковой, Г.М. Никитина, А.Г. Лапинский и др. // Бюл. эксперим. биол. и мед., 1994. Т. 118, № 8. С. 207-211.

8. Изменения физико-химических свойств биологических мембран при развитии толерантности к этанолу / С.А. Сторожок, Л.Ф. Панченко, Ю.Д. Филиппович и др. // Вопр. мед. химии, 2001. Т. 47, № 2. С. 198-208.

9. Кальнова Н.Ю., Пальмина Н.П. Изменение фосфолипидного состава и антиокислительной активности липидов эритроцитов при опухолях молочной железы и их радиационном лечении // Биохимия, 1980. Т. 45, № 9. С. 1646-1653.

10. Кейтс М. Техника липидологии. М., 1975. 322 с.

11. Клеточные рецепторы к лизофосфолипидам как промоторы сигнальных эффектов / Т.И. Торховская, О.М. Ипатова, Т.С. Захарова и др. // Биохимия, 2007. Т. 72, вып. 2. С. 149-157.

12. Кузьмина Ю.В., Каплун А.П., Швец В.И. Иммунохимия фосфолипидов / // Биологические мембраны, 1991. Т. 8, № 8. С. 1013-1027.

13. Куншин А.А., Циркин В.И., Проказова Н.В. Влияние лизофосфатидилохолина, фосфатидилохолина и куриного яичного желтка на сократительные эффекты ацетилхолина в опытах с гладкими мышцами желудка крысы // Бюл. эксперим. биол. и мед., 2007. Т. 143, № 6. С. 604-607.

14. Лесникова Л.Н. Стрессорные изменения физиологических свойств эритроцитов и их коррекция с помощью экстракта из туники асцидии пурпурной (*Halocynthia aurantium*): Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Владивосток, 2006. 16 с.

15. Новицкий В.В., Рязанцева Н.В., Степоява Е.А. Физиология и патофизиология эритроцита. Томск, 2004. 202 с.

16. Проказова Н.В., Звездина Н.Д., Коротаева А.А. Влияние лизофосфатидилохолина на передачу трансмембранного сигнала внутрь клетки // Биохимия, 1998. Т. 63, вып. 1. С. 38-46.

17. (Содержание липидов в мембранах...) Chernobyl clean-up erythrocyte

membrane lipid content at the remote period / N.M. Gulaya, V.M. Margitich, A.A. Chumak et al. // Укр. биохим. журн., 2000. Т. 72, № 6. С. 56-62.

18. Сфинголипиды и клеточная сигнализация: участие в апоптозе и атерогенезе / О.М. Ипатова, Т.И. Торховская, Т.С. Захарова и др. // Биохимия, 2006. Т. 71, вып. 7. С. 882-893.

19. Хиггинс Дж.А. Биологические мембраны. Методы. М.: Мир, 1990. 339 с.

20. Inhibition of human erythrocyte and leukocyte Na⁺, K⁺-pump activity by lysophosphatidylcholines / P. Lijnem, R. Fagard, T. Richard et al. // Methods and Finding Exp. Clin. Pharmacol., 1990. Vol. 12, № 4. P. 281-286.

21. Ivanov I.T. Allometric dependence of the life span of mammal erythrocytes on thermal stability and sphingomyelin content of plasma membranes // Comp. biochem. physiol., 2007. Vol. 147 (A). P. 876-884.

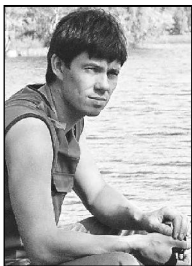
22. Cholesterol interaction with phospholipids in membranes / H. Ohvo-Rekila, B. Ramstedt, P. Leppimaki et al. // Progress in lipid research, 2002. Vol. 41. P. 66-97.



ПРАКТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ



ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ПАРАМЕТРЫ И ПРОДУКТИВНОСТЬ РАСТЕНИЙ ОГУРЦА ПРИ РАЗЛИЧНЫХ СВЕТОВЫХ РЕЖИМАХ



к.б.н. **И. Далькз**
н.с. лаборатории экологической физиологии растений Института биологии Коми НЦ УрО РАН

Научные интересы: фотосинтез, дыхание, адаптация



д.б.н. **Г. Табаленкова**
с.н.с. этой же лаборатории
E-mail: tabalenkova@ib.komisc.ru

Научные интересы: продуктивность, донорно-акцепторные отношения, биорегуляторы



Я. Яцко
аспирант этой же лаборатории
E-mail: yatsco@mail.ru

Научные интересы: растительные пигменты, фотосинтез, адаптация



Е. Григорай
гл. агроном
ОАО «Пригородный», Сыктывкар
E-mail: agree@mail.ru

Разработка способов регулирования факторов среды является перспективным направлением для оптимизации продукционного процесса растений. Известны различные подходы и схемы управления, которые базируются на параметрах газового состава среды, температуры, света и других параметров. Современные физиологические и математические методы в определенной мере способны оценивать и прогнозировать поведение растений при изменении условий их выращивания [3, 4]. Создано специаль-

ное программное обеспечение, в котором на основе микроклиматических результатов, структурно-функциональных данных о растениях, свойствах почв в виде модулей реализованы алгоритмы прогнозирования «поведения» растений [5]. Анализ газообмена растений, содержания пигментов, продуктов метаболизма и других параметров позволяют, регулируя факторы среды автоматически, изменять фотосинтетическую продуктивность растений [1, 2]. Целесообразность такого подхода определяется поддер-

жанием оптимальных условий для растений и экономией энергии в условиях промышленного производства.

На сегодняшний день в Республики Коми в области производства овощей в открытом и защищенном грунте ОАО «Пригородный» является крупнейшим предприятием агропромышленного комплекса. Одной из перспектив развития предприятия является перевод всех площадей защищенного грунта под технологии искусственного досвечивания. По оценкам специалистов эти меры позволят довести урожайность овощей (огурцы, томаты, зелень, салат) на новых площадях до 120 кг/м² в год и общим валовым сбором овощей до 6 тыс. тонн в год, что в два раза превысит существующие показатели. Общая площадь защищенного грунта на предприятии составляет 12.2 га, из них 8.8 га функционируют на малообъемной технологии с капельным поливом. На всей площади применяется автоматическая система регулировки управления микроклиматом. В структуре площадей закрытого грунта 60 % занимает культура огурца, 35 % – томата. В связи с этим целью работы было сравнительное изучение функциональных параметров, связанных с продуктивностью растений огурца, для оптимизации световых условий при выращивании растений защищенного грунта.

Растения *Cucumis sativus* L., гибрид F1 Церес, выращивали в блочных теплицах «Агрисовгаз» (Россия) на минеральной вате «Агрос» (Россия). Параметры среды при производственном выращивании растений (температуру, влажность, освещение, концентрацию CO₂) контролировали с помощью климатического компьютера «Sercom» (Нидерланды). Освещение в теплице создавали с помощью ламп ДНаЗ-600Вт/REFLUX и ДРИЗ-600Вт/REFLUX (Россия). Лампы ДРИЗ в опыте с досветкой дополняли нехватку синего спектра. В ходе эксперимента испытывали следующие варианты: № 1 и 2 – растения, выращенные при 27 и 43 Вт/м² ФАР под лампами ДНаЗ соответственно; № 3-6 – растения на свету под ДНаЗ при досветке лампами ДРИЗ в течение 19, 12, 6 и 2 ч соответственно. Во время досветки растений освещение составляло в среднем 43 Вт/м² ФАР. Фотопериод для растений составлял 19 ч.

Определения CO₂-газообмена листа (фотосинтетической способности и дыхания) проводили на ин-

тактных листьях среднего яруса в ноябре 2007 и январе 2008 гг. в 5-10-кратной биологической повторности. Для измерения видимого поглощения CO₂ использовали газоанализатор LI-7000 (Licor, Inc., США) и фотосинтетическую систему LCPPro+ (ADC BioScientific Ltd., Англия). Максимальный квантовый выход ФС II определяли флуориметром PAM-2100 (Walz, Германия). Температуру, влажность, освещенность в эксперименте определяли с помощью микроклиматической установки на базе логгера LI-1400 и датчиков – 190SA, 1400/101 (Licor, Inc., США). Удельную поверхностную плотность листьев огурца (УППЛ, г/дм²) рассчитывали как соотношение сухой массы высечек и площади высечек. Продуктивность растений учитывали с квадратного метра.

В результате проведенных работ было выявлено, что световой режим выращивания повлиял на функциональные показатели листьев растений огурца. Увеличение освещения в 1.6 раза привело к уменьшению доли сухого вещества в листьях. Показатель удельной поверхностной плотности листьев растений (см. таблицу), выращенных на повышенном свету (вариант № 2), и растений с досветкой синим светом в течение 19 ч (вариант № 3) был достоверно выше, чем у растений в контроле (вариант № 1). Повышение освещения также привело к достоверному увеличению фотосинтетической активности листьев среднего яруса в расчете на единицу площади. В расчете на массу листа разница в интенсивности поглощения CO₂ не достоверна при 95 %-ном уровне значимости.

Изучение световой зависимости CO₂-газообмена листьев огурца показало, что, начиная с освещенности 100-150 мкмоль/м²с ФАР, растения варианта № 2 фотосинтезировали интенсивнее, чем растения с досветкой синим светом в течение 6 ч (вариант № 5) (рис. 1). Судя по углу наклона начального участка световой кривой, величина реального квантового выхода истинного фотосинтеза растений варианта № 2 составляла 0.083 моль/моль и была выше, чем у растений варианта № 5 (0.053 моль/моль).

В целом, после увеличением интенсивности освещения в опыте в 1.6 раза наблюдали общую активизацию работы фотосинтетической системы растений. Снижение времени досветки синим светом с сохранением высокой освещенности в меньшей степени отразилось на ассимиляционной функции ра-

Функциональные параметры листьев растений огурца, выращиваемого при разном световом режиме и температуре 24 °С (ноябрь 2007 г.)

Вариант	УППЛ, г/дм ²	Хлорофилл a + b, мг/г	Максимальный квантовый выход ФС II, Fv/Fm	Поглощение CO ₂	
				мкмоль CO ₂ /м ² с	мг/г сухой массы ч
ДНаЗ					
1) 27 Вт/м ² ФАР (контроль)	0.18 ± 0.01	–	0.769 ± 0.003	2.46 ± 0.27	21.66 ± 2.36
2) 43 Вт/м ² ФАР	0.24 ± 0.01*	4.4 ± 0.9	0.753 ± 0.004	4.97 ± 0.81*	32.78 ± 5.34
ДНаЗ + досветка ДРИЗ					
3) 19 ч	0.26 ± 0.02*	4.7 ± 0.4	0.765 ± 0.002	3.54 ± 0.36	21.57 ± 2.22
4) 12 ч	0.23 ± 0.02	4.6 ± 0.4	0.762 ± 0.005	3.45 ± 0.65	23.75 ± 4.46
5) 6 ч	0.22 ± 0.01	3.5 ± 0.1	0.766 ± 0.003	3.30 ± 0.28	23.75 ± 2.01
6) 2 ч	0.21 ± 0.02	2.7 ± 0.9	0.771 ± 0.003	3.32 ± 0.37	24.99 ± 2.81

* По критерию Стьюдента различия с контролем достоверны при 95 %-ном уровне значимости.

стений. На этом фоне увеличивались значения максимального квантового выхода и эффективность работы ФС II. Параллельно отметили снижение уровня накопления пигментов в листьях в большей степени за счет хлорофилла *a*. Однако следует отметить, что добавка синего света способствовала более длительному сохранению в листьях пигментного комплекса. Данные, полученные в январе 2008 г., свидетельствуют о том, что содержание суммы хлорофиллов к концу оборота уменьшалось при интенсивном освещении на 35 %, при умеренной досветке синим светом – всего на 5-10 %.

Изменение фотосинтетической активности листьев оказало непосредственное влияние на продуктивность растений огурца. С одной стороны, накопление общей биомассы растений слабо зависело от освещенности (рис. 2А). Однако наибольшую урожайность (48 кг/м²) имели растения огурца при световом режиме выращивания, способствующем формированию более мощного фотосинтетического аппарата (рис. 2Б, вариант № 2). Досветка синими лампами не оказала положительного эффекта на продуктивность огурца.

Учитывая возможность регулировки работы участков фотосинтетического аппарата [1, 2, 5], а также экономичес-

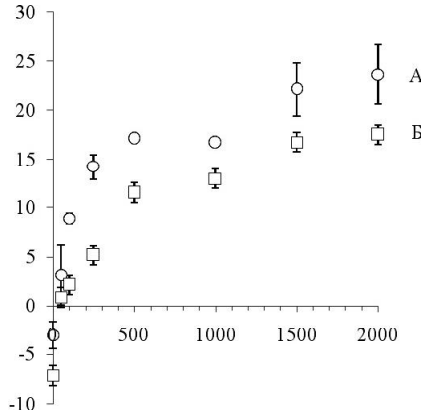


Рис. 1. Световая зависимость CO₂-газообмена листьев огурца при температуре 27 °С в вариантах 2 (А) и 5 (Б; январь 2008 г.).

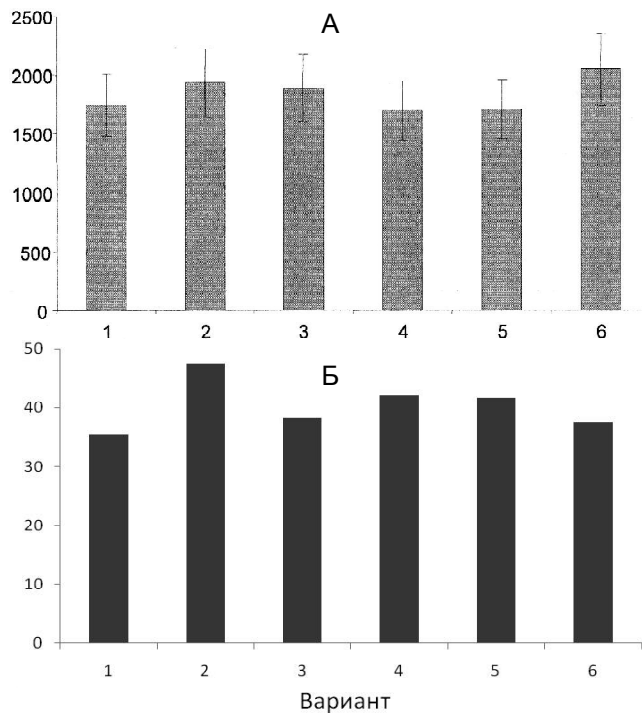


Рис. 2. Накопление общей биомассы растений огурца (А; г/растение) и урожай огурца (Б; кг/м²) в вариантах: № 1 и 2 – растения, выращенные при 27 и 43 Вт/м² ФАР под лампами ДНаЗ соответственно; № 3-6 – растения на свету под ДНаЗ при досветке лампами ДРИЗ в течение 19, 12, 6 и 2 ч соответственно.

кие факторы развития производства на данном этапе, можно рекомендовать использование при выращивании огурца интенсивность света около 45 Вт/м² ФАР без синих ламп в качестве досветки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кособрухов А.А. Влияние периодического повышения концентрации углекислоты в атмосфере на CO₂-газообмен и содержание углеводов в листьях огурца // Вестн. Башкирского ун-та (Спецвыпуск), 2001. № 2 (I) С. 47-49. http://www.bashedu.ru/str_n_col/vestnic/magaz1_2/S1.htm.
2. Патент № 2233577, Российская Федерация, МКП⁷ А01G7/00. Способ регулирования факторов внешней среды при выращивании растений / А.Г. Молчанов; Ставропольский государственный аграрный университет; № 200 3110600, заявл. 14.04. 2003; опубл. 10.12.2004.
3. Тооминг Х.Г. Экологические принципы максимальной продуктивности посевов. Л., 1984. 264 с.
4. Farquhar G.D., von Caemmerer S., Berry J.A. A biochemical model of photosynthetic CO₂ assimilation in leaves of C₃ species // Planta, 1980. Vol. 149. P. 78-90.
5. WIMOVAC – Windows Intuitive Model of Vegetation response to Atmosphere and Climate Change <http://www.essex.ac.uk/biology/wimovac/homepage.htm> или <ftp://ftp.essex.ac.uk/pub/biology/wimovac/wim32.exe>.

ЗНАЧЕНИЕ ПЧЕЛОВОДСТВА В РЕСПУБЛИКЕ КОМИ

к.с.-х.н. **А. Потапов**
 с.н.с. отдела Ботанический сад
 E-mail: potapov@ib.komisc.ru, тел. (8212) 24 56 59

Научные интересы: биологическая азотфиксация, интродукция бобовых кормовых культур, пчеловодство



Пчеловодство в подзоне средней тайги Республики Коми базируется на естественных кормовых источниках дикорастущей медоносной флоры, так как посевы культурных медоносных растений занимают незначительные площади. Ос-

новные массивы этой подзоны покрыты еловыми лесами, наиболее типичными ассоциациями которых являются ельники чернично-зеленомошные; на плоских водораздельных равнинах встречаются долгомошные и сфагновые ельники, мало представляющие интерес для пчеловодства. Второе

место после ельников занимают сосновые леса. Наиболее крупные их массивы расположены в бассейнах рек Вымы, Вишера, Сысола и др. В связи с интенсивным хозяйственным освоением средней тайги в ней широко распространены производные (после рубок и пожаров), березовые, оси-

новые, елово-березовые и елово-сосновые леса [6]. Одной из начальных стадий формирования производных лесов на месте травянистых и зеленомошных ельников является возникновение березняков кипрейно-вейниковых. В данной ситуации практическое значение для пчеловодства отводится использованию зарослей кипрея как эффективному медоносному растению. Кипрей по своей экологии преимущественно мезофит или гигрофит. Он растет главным образом по берегам рек, на пойменных лугах, вырубках и гарях. Обильно заселяется в лесах и среди кустарников, на лесных полянах, пустырях и высохших торфяных болотах, вырубках и пожарищах, насыпях вдоль дорог. Нектарная продуктивность кипрея варьирует от 200 до 350 кг/га [2]. Основной период главного медосбора с кипрея в подзоне средней тайги начинается в первой декаде июля и продолжается 10-12 дней с незначительными колебаниями по годам [5]. За это время пчелы заготавливают до 60 % меда. Часто бывает, что массивы медоносных растений находятся далеко от пасеки, поэтому пчеловоды применяют кочевку пчел.

В долинах рек и на водораздельных участках с богатыми почвами в лесных сообществах развивается сомкнутый травяной ярус. Основными его компонентами являются чина луговая (*Latirus pratensis*), вероника длиннолистная (*Veronica longifolia*), горошек мышиный (*Vicia cracca*) и горошек заборный (*V. sepium*), дудник (*Angelica archangelica*). Все они считаются хорошими медоносными растениями. Обилие медоносных растений имеется в лесу на открытых участках, сухих полянах, вырубках и гарях [3]. Старые гари зарастают малиной обыкновенной. Медопродуктивность малины – 50-80 кг/га. По берегам рек много деревьев, кустарников и кустарничков, среди которых встречаются многие виды ив, рябина обыкновенная, калина обыкновенная, черемуха обыкновенная, черная и красная смородина, черника обыкновенная, брусника, шиповник иглистый, жимолость Палласа. Медопродуктивность видов смородины колеблется от 30 до 70 [1], рябины – 30-40, черники и брусники – 20-30 кг/га меда [2]. А густой нектар черемухи собирается пчелами с трудом, поэтому он частично остается неиспользованным [4].

В течение вегетационного периода набор цветущих медоносных трав

существенно меняется. Первым зацветают мать-и-мачеха (*Tussilago farfara*), медуница неясная (*Pulmonaria obscura*) и одуванчик лекарственный (*Taraxacum officinale*). Большинство медоносных трав цветет в разгар лета. В среднетаежной подзоне насчитывается около 100 видов медоносных растений. К последнему периоду медосбора (август) приурочено цветение василька фригийского (*Centaurea phrygia*), золотой розги (*Solidago virgaurea*), кульбабы осенней (*Leontodon autumnalis*) и других видов трав [6].

Трудно переоценить экологическое значение пчеловодства. Установлено, что в период сбора нектара и пыльцы пчелы посещают до 80 % перекрестно опыляемых растений, как дикорастущих, так и культурных. Они тем самым способствуют интенсивному опылению лесной, кустарниковой, полевой, садовой, луговой энтомофильной растительности, которая стабильно повышает урожайность семян в полтора-два раза. Последние в свою очередь служат источником корма для многих природных насекомых, птиц и животных. Опылительная деятельность пчел способствует сохранению и размножению тех цветущих растений, существование которых находится под угрозой.

Пчелы способствуют опылению важнейших бобовых сельскохозяйственных культур – клевера розового и клевера белого, козлятника восточного и люцерны синегридной, возделывание которых не только улучшает кормовую базу животноводства, но и, что не менее важно, плодородие почвы за счет биологического азота, фиксируемого клубеньковыми бактериями.

Лесное пчеловодство исторически было одним из занятий населения на лесных территориях. Положительный опыт разведения пчел в Прилузском районе, окрестностях г. Сыктывкар и наличие здесь многочисленных нектароносных растений подтверждает целесообразность развития этой отрасли хозяйства. Согласно материалам лесоустройства, в Прилузском лесхозе Республики Коми кипрейные вырубки (кипрей – основной доминант травяно-кустарничкового яруса) были распространены на площади 170 км². Рекогносцировочные данные показывают, что продукция дикорастущих лесных медоносов на кипрейных вырубках в этом районе может составлять около тысячи тонн нектара в год.

Массивы медоносных растений находятся далеко от пасеки. Применяя кочевку пчел к лесным массивам и прилегающим к ним сельскохозяйственным угодьям, пчелиные пасеки могут поставлять более 20 т товарного меда.

Полное вовлечение продукции медоносных растений лесных сообществ и сопутствующей растительности сельскохозяйственных угодий в хозяйственный оборот позволит развивать лесное пчеловодство широким слоям населения. Приобретением инвентаря, оборудования и самих пчел занимается Кировская областная пчелоконтора. Труд на пасеке, где воздух чист и напоен ароматом цветов и меда, пряным и целебным запахом перги, благотворно влияет на здоровье, успокаивает нервную систему, физически укрепляет человека. Работать с пчелами полезно каждому, не случайно пчеловодством увлекаются земледельцы и врачи, рабочие и ученые, инженеры и писатели, пенсионеры и школьники. Для одних пчеловодство – совсем недавняя страсть, для других – добрая, переходящая из поколения в поколение семейная традиция, для третьих – профессия, а для многих – утеха и украшение жизни на старости лет. Необходимо всемерно содействовать развитию пчеловодства в России и Республике Коми. В 2008 г. российская пчеловодческая компания «Тенториум» обратилась в ООН с инициативой учредить международный день, посвященный пчеле, и провозгласить 14 сентября Всемирным днем защиты пчел.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бурмистров А.Н., Никитина В.А. Медоносные растения и их пыльца. М., 1990. 190 с.
2. Глухов М.М. Медоносные растения. М., 1974. 302 с.
3. Клименкова Е.Т., Кушниц Л.Г., Бачило А.И. Медоносы и медосбор. Минск, 1981. 280 с.
4. Параева Л.К. Медоносные ресурсы западной сибиря. Новосибирск, 1970. 167 с.
5. Потапов А.А. Роль медоносных растений лесного комплекса в развитии пчеловодства Республики Коми // Эколого-экономические проблемы охраны окружающей среды. Сыктывкар, 1998. С. 91-92.
6. Лесное хозяйство и лесные ресурсы Республики Коми / Под ред. Г.М. Козубова, А.И.Таскаева. М., 2000. 512 с.

ИНФОРМАЦИЯ В НОМЕР

Российская академия наук, Уральское отделение РАН, Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, Русское ботаническое общество, Российский фонд фундаментальных исследований 5-9 октября 2009 г. в Сыктывкаре проводит II Всероссийскую научно-практическую конференцию «Водоросли: проблемы таксономии, экологии и использование в мониторинге». В рамках конференции планируется проведение школы для молодых специалистов альгологов).

ПРОГРАММНЫЙ КОМИТЕТ

Гецен М.В. – председатель, д.б.н., ЭЦЕТ, Сыктывкар; Волошко Л.Н. – к.б.н., БИН РАН, Санкт-Петербург; Гончаров А.А. – д.б.н., БПИ ДВО РАН, Владивосток; Корнева Л.Г. – к.б.н., ИБВВ РАН, пос. Борок; Кабиров Р.Р. – д.б.н., БашГПУ, Уфа; Патова Е.Н. – к.б.н., ИБ Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар.

НАУЧНЫЙ КОМИТЕТ

Барина С.С. – к.б.н., Университет Хайфы, Хайфа, Израиль; Белякова Р.Н. – к.б.н., БИН РАН, С.-Петербург; Дубовик И.Е. – д.б.н., БашГУ, Уфа; Ковалева Г.В. – к.б.н., ЮНЦ РАН, Ростов-на-Дону; Комулайнен С.Ф. – д.б.н., ИБ КарНЦ РАН, Петрозаводск; Кондакова Л.В. – к.б.н., Вятский гуманитарный ГУ, Киров; Костиков И.Ю. – д.б.н., Киевский ГУ, Киев; Лукницкая А.Ф. – к.б.н., БИН РАН, Санкт-Петербург; Охалкин А.Г. – д.б.н., Нижегородский ГУ, Нижний Новгород; Трифонова И.С. – д.б.н., ИНОЗ РАН, Санкт-Петербург; Ярушина М.И. – к.б.н., ИЭРИЖ, Екатеринбург.

ОРГАНИЗАЦИОННЫЙ КОМИТЕТ

Анисимова О.В. – к.б.н., МГУ, Москва; Абдуллин Ш.Р. – к.б.н., БашГУ, Уфа; Болдина О.М. – к.б.н., БИН РАН, С.-Петербург; Гайсина Л.А. – к.б.н., БашГПУ, Уфа; Давыдов Д.А. – к.б.н., ПАВСИ КНЦ РАН, Апатиты; Егорова И.Н. – к.б.н., СИФИБР СО РАН; Новаковская И.В. – к.б.н., ИБ Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар; Старцева Н.А. – к.б.н., Нижегородский ГУ, Нижний Новгород; Стенина А.С. – с.н.с., ИБ Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар; Стерлягова И.Н. – н.с., ИБ Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар.

Ответственные секретари: Кулюгина Е.Е. – к.б.н., ИБ Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар; Шабалина Ю.Н. – н.с., СыктГУ, Сыктывкар.

Целью конференции является ознакомление с современными подходами и методами в области изучения таксономии, разнообразия, генетики и экологии водорослей.

На конференции будут рассмотрены проблемы по следующим направлениям:

- Современная таксономия водорослей (морфологические, функциональные, молекулярно-генетические аспекты).
- Разнообразие, экология и география водорослей. Структура и функционирование альгоценозов.
- Флоры водорослей. Редкие виды и малоизученные группы.
- Использование альгоиндикации в оценке качества водной и наземной среды.
- Современные методы и подходы к изучению пресноводных и почвенных водорослей.

Программа конференции включает обзорные и проблемные доклады ведущих специалистов, стендовые доклады, полевую экскурсию, сессии по микроскопии и практические работы с полевым научным оборудованием. В рамках проведения конференции планируется школа для молодых альгологов с целью знакомства с современными методами изучения водорослей, обмена оригинальными методическими разработками для сбора и изучения водорослей, демонстрация возможностей современных полевых приборов по изучению экологических параметров водной и наземной среды и практическая работа с ними. Планируется обмен литературой, электронными версиями современных определителей.

