

# ВЕСТНИК

Института биологии  
Коми НЦ УрО РАН

Издается  
с 1996 г.

№ 8 (94)

## В номере

### СТАТЬИ

- 2 Обзор программных средств, используемых для анализа геоботанических данных.  
**А. Новаковский**
- 8 Сорбция урана, радия и тория из растворов сложного солевого состава гидролизным лигнином древесины.  
**Н. Рачкова**
- 12 Современное состояние водоемов в бассейне р. Ортина (Большеземельская тундра).  
**Л. Хохлова**

### КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

- 16 Количественная характеристика альго-микологических комплексов луговых и лесных почв.  
**Е. Дабах, Л. Домрачева, Г. Кантор, Т. Ашихмина**
- 18 К фауне водных клопов (Heteroptera) Республики Коми. **А. Зиновьева**
- 22 Использование *Pleurozium schreberi* (Brid.) Mitt. в качестве биоиндикатора при мониторинговых исследованиях. **Г. Железнова, Т. Шубина**
- 23 Механизм образования хлорированных фенолов в питьевой воде. **И. Груздев, Д. Ладанов**
- 25 Разнообразие и структура почвенных водорослей еловых лесов среднетаежной подзоны (на примере комплексного заказника «Былина»). **И. Рудакова**

### РЕФЕРАТ

- 28 Роль металлсвязывающих белков и пептидов в детоксикации тяжелых металлов растениями.  
**С. Скугорева**

### КОНФЕРЕНЦИИ

- 31 Десятый Скандинавский симпозиум Международного общества по изучению гумусовых веществ (30 мая – 4 июня 2005., Рига, Латвия). **Е. Шамрикова, Е. Лодыгин**
- 32 Вверх по Печоре. **Г. Железнова**

### ПРОБЛЕМЫ ДНЯ

- 33 Практическое занятие № 4: действия населения при природных стихийных бедствиях. **В. Юхнин**

### ЭКОЛОГО-ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ ЦЕНТР «СНЕГИРЬ»

- 35 Наблюдение как метод экологического образования: опыт работы Е.В. Князевой, воспитателя детского сада № 108.

**Главный редактор:** к.б.н. А.И. Таскаев  
**Зам. главного редактора:** д.б.н. С.В. Дегтева  
**Ответственный секретарь:** И.В. Рапота

**Редакционная коллегия:** к.б.н. Т.И. Евсеева, к.б.н. В.В. Елсаков, д.б.н. С.В. Загирова, к.х.н. Б.М. Кондратенко, к.б.н. С.К. Кочанов, к.б.н. Е.Г. Кузнецова, к.б.н. В.И. Пономарев, к.б.н. Б.Ю. Тетерюк, к.б.н. Е.В. Шамрикова, к.б.н. Т.П. Шубина



## ОБЗОР ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ, ИСПОЛЪЗУЕМЫХ ДЛЯ АНАЛИЗА ГЕОБОТАНИЧЕСКИХ ДАННЫХ

**А. Новаковский**

м.н.с. отдела компьютерных систем, технологий и моделирования

E-mail: novakovsky@ib.komisc.ru, тел.: (8212) 21 67 52

Научные интересы: *теория графов, кластерный анализ, программирование, классификация растительности*

### Введение

На сегодняшний день существует множество программных средств, разработанных для автоматизации обработки геоботанических данных. Однако специалисты-геоботаники зачастую слабо информированы о них. Трудности вызывают как понимание используемых алгоритмов, так и интерпретация полученных результатов. Такое положение объясняется рядом причин. Первое – языковой барьер, большинство программ и сопроводительной документации разработано в странах Европейского союза и США. Второе – недостаточная математическая подготовка, которая затрудняет понимание используемых алгоритмов. Третье – большинство программ является платными.

Цель настоящего обзора – познакомить читателя с основными математическими подходами, используемыми в геоботанических исследованиях; дать краткое описание возможностей наиболее распространенных программных средств, реализующих эти подходы; привести интернет-ссылки, по которым можно было бы найти демонстрационные версии предлагаемых к обсуждению программ. В работе рассматриваются следующие программные средства: TURBOVEG, TWINSPAN, CONOCO, SYNTAXON, CAP, JUICE, BIOTAS и GRAPHS.

### Основные принципы обработки данных

При обработке геоботанической информации используются два основных подхода – ординация и классификация (кластеризация).

Принцип *ординации* заключается в анализе изучаемых показателей в качестве точек многомерного пространства, где свойства выступают как координаты, задающие местоположение этих точек. Использование данного принципа позволяет уменьшить размерность пространства (до 2- или 3-мерного) и имеет своей целью графически показать взаимное расположение исследуемых объектов (рис. 1а). Одним из основных условий при уменьшении размерности является сохранение расстояний между объектами (или, если точнее, минимально возможное их изменение). Такое представление дает возможность визуального выделения существующих трендов в наборах данных и облегчает поиск факторов, наиболее сильно влияющих на исследуемые объекты. К методам ординации относятся: многомерное шкалирование, принцип главных компонент, анализ соответствий, канонический анализ соответствий и т.д.

Под *классификацией* (кластеризацией) понимается задача разбиения всей совокупности рассматриваемых

объектов на отдельные группы (классы) со сходными характеристиками (рис. 1б). Причем зачастую, между такими группами выстраиваются иерархические отношения, т.е. классы могут включать в себя друг друга. Существует несколько подходов в классификации. Первый, наиболее распространенный и математически формализованный, основывается на использовании мер сходства/расстояния. При таком подходе для всех пар рассматриваемых объектов рассчитывается степень их сходства между собой, и на основе этих данных выделяют классы. В геоботанике обычно используют коэффициенты сходства Жаккара, Сьеренсена, Стургена-Радулеску, Шимкевича-Симпсона и др., а также Евклидово расстояние, расстояние  $\chi^2$  и т.д. [2, 7, 15]. Кроме матриц сходств, в литературе описывается множество других методов кластеризации, основанных на оценивании функций плотности статистического распределения, эвристических алгоритмах перебора, идеях математического программирования [4, 13, 14, 21]. Подробное описание методов ординации можно найти и в Internet на сайте «Oklahoma State University»: <http://www.okstate.edu/artsci/botany/ordinate>.

В геоботанических исследованиях для классификации растительности часто используется довольно специфический метод, который основан на обработке валовых таблиц. Суть данного подхода заключается в последовательной перестановке строк и столбцов таблицы с целью нахождения блочно-диагонального вида (рис. 1в). Такое представление позволяет выделить группы растений, четко характеризующие геоботанические таксоны, другими словами, выделяется набор наиболее информативных признаков и одновременно производится разбиение множества объектов по этим признакам [8, 9]. В сравнении с использованием мер сходства/различия геоботанический подход к классификации менее формализован и допускает большую свободу его применения.

### Обзор программ

**TURBOVEG.** Все описываемые ниже программы работают с массивами данных, которые требуется готовить специальным образом. Поэтому сначала остановимся на специализированной программе, предназначенной для ввода и хранения больших объемов фитоценологической информации – TURBOVEG (рис. 2а). Причем количество хранимых элементов практически не ограничено. Основным предназначением TURBOVEG является функция преобразования накопленных данных в форматы, понятные для других программ-

ных продуктов, которые позволяют проводить более глубокую математическую обработку (TWINSPAN, SYNTAXON, JUICE, PC-ORD и др.).

Кроме хранения и преобразования данных существует возможность проводить простые статистические расчеты, например: находить среднее или максимальное проективное покрытие всех видов, либо отдельных ярусов по выбранной группе описаний, расчет Евклидова расстояния и метрики  $\chi^2$ , строить графики зависимостей между любыми характеристиками геоботанических описаний и т.д. [18, 19]. Internet страница разработчиков: <http://www.synbiosys.alterra.nl/turboveg>.

В заключение можно сказать, что TURBOVEG обладает простым интерфейсом, позволяет хранить полную информацию о геоботанических описаниях. Основным предназначением является ввод, хранение и экспорт накопленных данных. К сожалению, программа является платной, а демонстрационный режим не позволяет проводить операцию экспорта. Реализованных же внутри программы алгоритмов обработки данных явно не достаточно.

**TWINSPAN.** Родоначалником среди программ, предназначенных для автоматической классификации растительности, можно считать TWINSPAN, который разрабатывался в начале 80-х годов прошлого века и предназначался для автоматизации метода классификации Браун-Бланке. Название TWINSPAN получено как сокращение английских слов Two-Way Indicator Species Analysis (двусторонний анализ на основе индикаторных видов). Описание используемого алгоритма можно найти в работах [20, 22].

Исходными данными для TWINSPAN служит сводная таблица геоботанических описаний (столбцы таблицы – геоботанические описания, строки – виды растений). Результатом работы является преобразованная к блочно-диагональному виду валовая таблица (рис. 1в). Такое представление материала, как уже отмечалось выше, позволяет максимально выявить взаимосвязи между анализируемыми описаниями растительности и встреченными видами и является основой для проведения классификации растительности. Результат отображается в виде текстового файла, в котором находящиеся справа и снизу от основной таблицы комбинации цифр «0» и «1» показывают принадлежность описаний и видов к полученным группам.

При использовании терминологии Браун-Бланке можно сказать, что получившиеся группы описаний являются ассоциациями, а группы видов – дифференцирующими видами. Естественно, полученные результаты могут использоваться только в качестве черновой заготовки и для получения полноценной классификации требуется дальнейшая, ручная доводка валовой таблицы.

**Достоинства и недостатки программы.** Фактически TWINSPAN является стандартом среди программ классификации растительности. Реализованный алгоритм позволяет достаточно быстро обрабатывать большие массивы данных. К недостаткам можно отнести сложность работы с программой как в части подготовки информации (данные хранятся в текстовой фор-

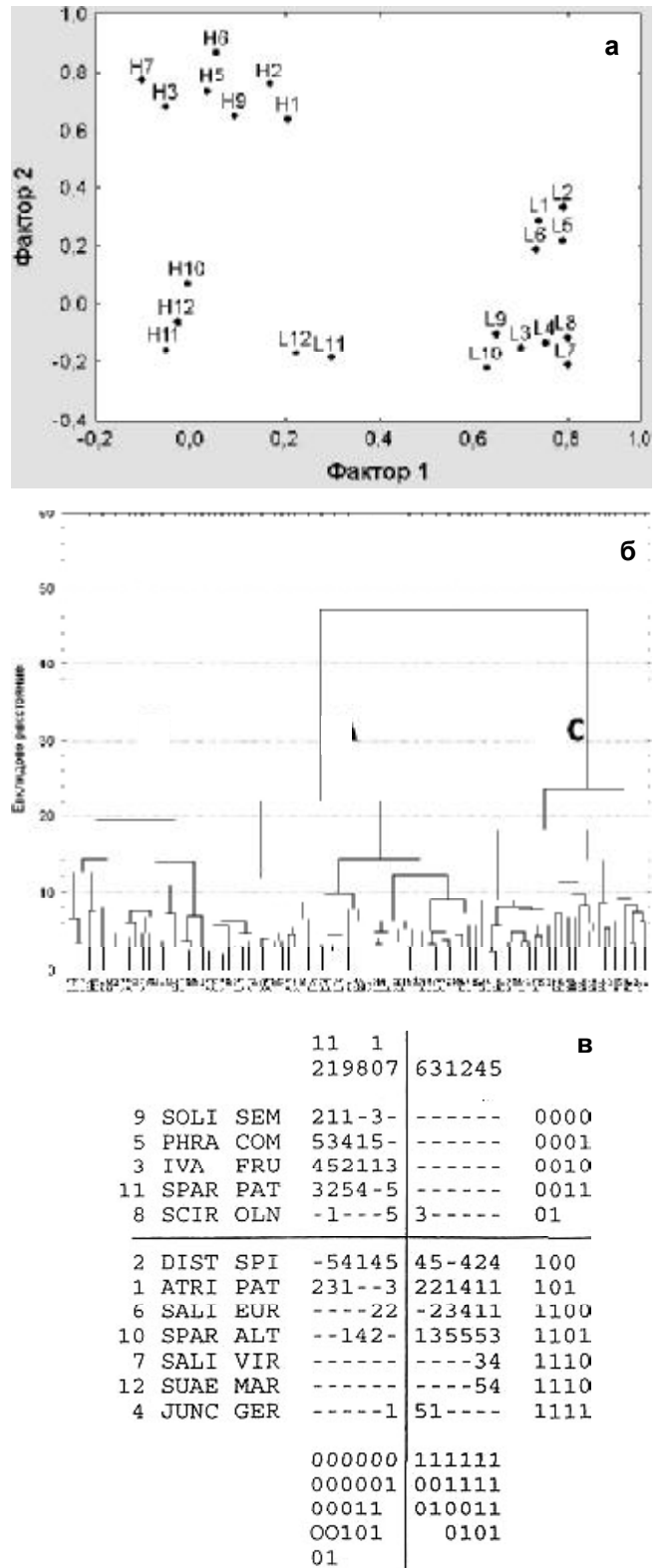


Рис. 1. Примеры различных способов обработки и визуализации экологических данных: ординация (а), кластерный анализ (б), блочно-диагональный вид валовой таблицы, обработанной с помощью программы TWINSPAN (в).

ме), так и отсутствием графического представления результатов.

**CONOCO.** Одной из первых среди программ, предназначенных для обработки геоботанических данных методами ординации, является CONOCO (CANOnical

Community Ordinations – каноническая ординация растительных сообществ). Программа используется как для выявления особенностей распределения растительных сообществ в соответствии с ведущими экологическими факторами, так и для подтверждения или опровержения результатов, полученных другими путями. В программе реализованы следующие методы:

- канонический анализ соответствий;
- принцип главных компонент;
- анализ избыточности.

В качестве результата работы этих алгоритмов строятся ординационные диаграммы и биплоты. Кроме графического результата программа выдает корреляционные матрицы внешних факторов с осями биплотов и внешних факторов друг с другом, что также немаловажно при интерпретации результатов. Подробности о возможностях программы и принципах ее работы можно найти в работе [21] и на авторской странице в интернет <http://www.microcomputerpower.com/catalog/canoco.html>.

*Достоинства и недостатки.* Версия CONOCO для DOS доступна в интернете и не требует регистрации. К недостаткам относится сложность работы с DOS-версией программы, поскольку это требует использования разных запускаемых модулей для обработки данных и графического отображения результатов.

*SYNTAXON.* Одной из очень часто упоминаемых программ, предназначенных для проведения математической обработки фитоценологического материала, является SYN-TAX (SYNTAXON). К сожалению, программа является платной, мы не смогли проверить ее в действии и руководствовались только содержанием сайта группы разработчиков <http://gamet.elte.hu/~podani/>.

SYN-TAX предназначена для обработки геоботанических данных методами ординации и кластеризации. Программа состоит из трех модулей:

- ординации, включающий в себя основные методы ординации (метрическая и неметрическая ординация, анализ соответствий, анализ избыточности, канонический корреляционный анализ и т. д.) и позволяющий графически представлять результаты анализа;
- иерархической кластеризации (включает методы ближнего и дальнего соседа, кластеризации, основанной на энтропии и т. д.);
- неиерархической кластеризации, в котором реализованы такие алгоритмы как: метод  $k$ -средних, метод нечеткой кластеризации и т. д.

Для определения мер сходства в программе предлагается к использованию 33 коэффициента: качественные, количественные, ранговой и простой корреляции и т. д.

К достоинствам SYNTAXON можно отнести возможность графического представления получаемых результатов и использование большого числа коэффициентов сходства и различия, к недостаткам – плату за ее использование.

*CAP.* Одной из самых современных и обладающих простым интерфейсом пользователя является программа CAP – «Community Analysis Package» (рис. 26). Программа предназначена для анализа растительных данных методами ординации, кластеризации и класси-

фикации. Ее отличительной особенностью является возможность работы с трансформированными данными, что позволяет уменьшить влияние субъективного фактора. Причем легкость преобразованию дает возможность простого подбора наиболее подходящей формы трансформации. В программе реализованы следующие способы преобразования данных: логарифмический, экспоненциальный, синусоидальный, извлечения корня, изменение на определенную константу и т. д. В CAP реализованы следующие методы обработки данных:

- методы ординации: анализ главных компонент, анализ соответствий и т. д.;
- методы кластеризации: единичное присоединение, полное присоединения, присоединение по среднему и др.;
- отдельным пунктом меню вынесено использование алгоритма TWINSPAN, предназначенного для проведения классификации растительных сообществ;
- существует возможность строить таблицы сходства с использованием качественных, количественных коэффициентов сходства и мер расстояния (всего 27 коэффициентов).

К положительным моментам можно отнести возможность графического отображения результатов работы алгоритмов, и множества вспомогательных данных, таких как матрицы корреляций, статистические параметры для результатов и т. д.

Скачать демонстрационную версию программы и документацию можно по интернет-адресу: <http://www.pisces-conservation.com/indexsoftprog.html>.

*JUICE.* Одной из наиболее интересных программ, является JUICE (рис. 2в). Программа предназначена для анализа и классификации больших массивов геоботанических данных, как стандартными средствами, так и с помощью оригинального метода классификации «COCTAIL» и оптимизирована для совместной работы с TWINSPAN и TURBOVEG [23, 24]. К достоинствам можно отнести возможность импорта данных из других форматов: текстовых файлов, формата RTF, Excel таблиц и баз данных Access. Обработка в JUICE может осуществляться как вручную (перестановкой строк и столбцов валовой таблицы), так и при помощи встроженных алгоритмов:

- сортировка строк и колонок валовой фитоценологических таблицы по алфавиту, среднему проективному покрытию, выбранным жизненным формам или другим характеристикам;
- автоматическое построение синоптических таблиц;
- выявление индикаторных, доминантных и константных видов;
- возможность вычисления коэффициентов  $\beta$ -разнообразия;
- использование подходов других программных продуктов – проведение классификации методами TWINSPAN и COCTAIL.

Резюмируя, можно сказать, что программа JUICE позволяет строить синоптические таблицы, проводить сортировку по описаниям и видам, а также классифицировать растительность различными методами (TWINSPAN, COCTAIL). Все алгоритмы могут работать с большими объемами информации (до 65 тысяч

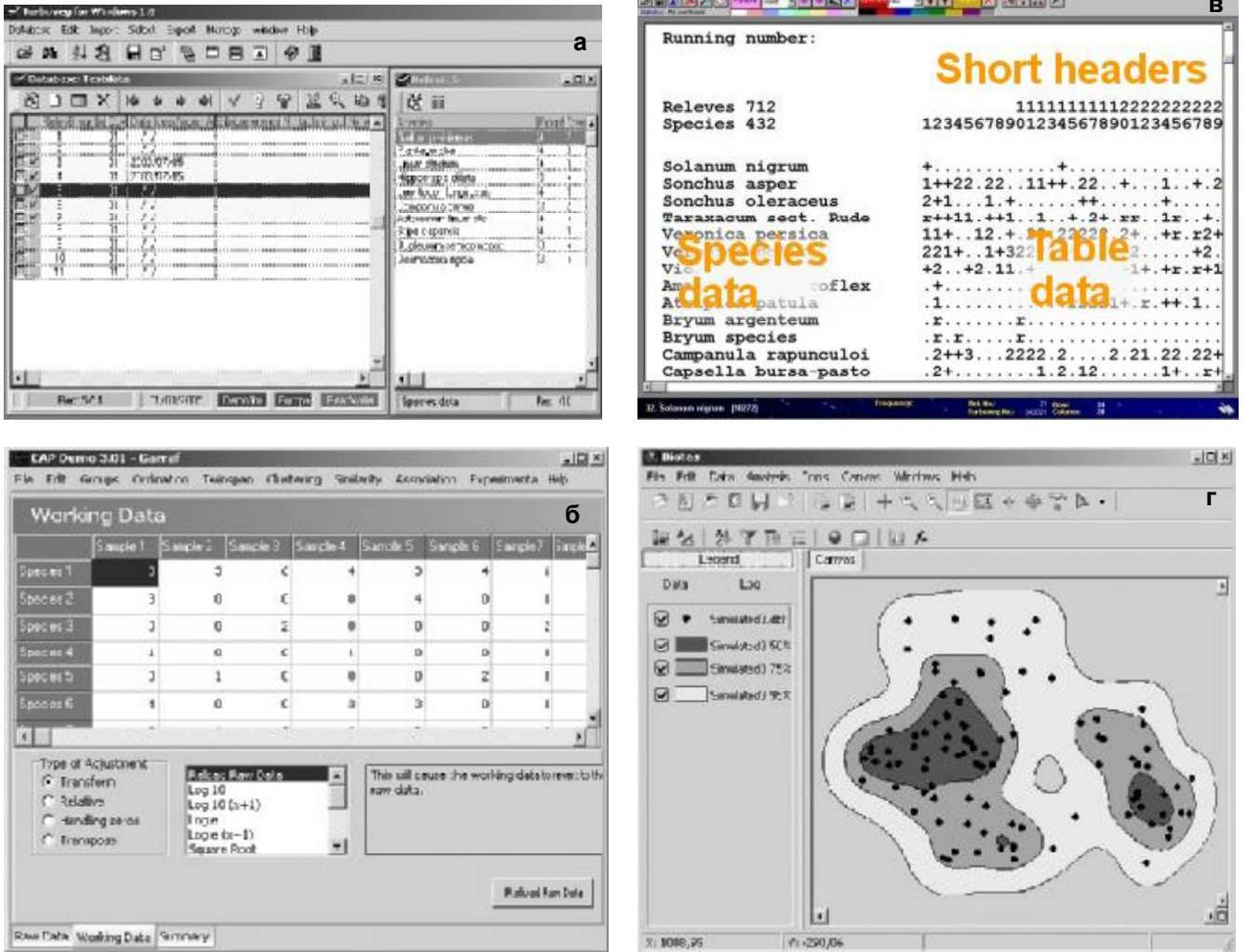


Рис. 2. Внешний вид программ: TURBOVEG (а) – слева: список геоботанических описаний, справа: список видов для выделенного описания; CAP (б) – закладка преобразования; JUICE (в) – валовая таблица геоботанических описаний; BIOTAS (г) – справа: построенные контуры встречаемости видов.

описаний). Программа является бесплатной. Кроме того, хорошо проработана система помощи пользователю, находящаяся на авторском сайте: <http://www.sci.muni.cz/botany/juice.htm>. К недостаткам можно отнести отсутствие графического представления данных.

**BIOTAS.** Рассмотрим программу, не предназначенную для проведения классификации растительности, которая, однако, может представлять определенный интерес для геоботаников. Речь идет о программе BIOTAS, разработанной для визуализации и анализа пространственных данных. Другими словами, программа позволяет визуально отображать информацию о местах встреч тех или иных видов и накладывать карты соответствующей местности с целью нахождения взаимосвязей между рельефом, климатическими и другими условиями с встречаемостью тех или иных видов (рис. 2г). Кроме простого наложения, в BIOTAS реализованы и другие алгоритмы анализа пространственных данных:

- реализована возможность использования разнообразных фильтров (в том числе и случайного) для отбора информации для дальнейшего анализа;

- существует возможность анализа плотности пространственного распределения исследуемых объектов с помощью сеток плотности;

- введены алгоритмы проверки данных на возможность их кластеризации;

- в программе реализованы несколько алгоритмов, определяющих контуры распространения исследуемого вида с разными степенями достоверности (рис. 2г);

- реализован алгоритм анализа пространственных данных в зависимости от временных параметров, например его можно использовать при изучении миграции животных;

- введены функции определения линейной или полиномиальной регрессии;

- реализованы дополнительные функции, позволяющие рассчитывать статистические параметры (минимальное, максимальное и среднее значения, дисперсию, стандартное отклонение, медиану и др.), строить различные по форме гистограммы (обычные, круговые и т.п.).

Демонстрационную версию программы и инструкцию пользователя можно найти на сайте разработчи-

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1									
2	Picea		-38	-30	-34	-50	53	64	61
3	Pinus			-62	-42	-74	-75	-69	-69
4	Abies				-42	-53	-47	-46	-49
5	Betula					-21	-26	-31	-23
6	Populus						5	-30	-30
7	Salix							-42	-30
8	Alnus								-24
9	Sorbus								

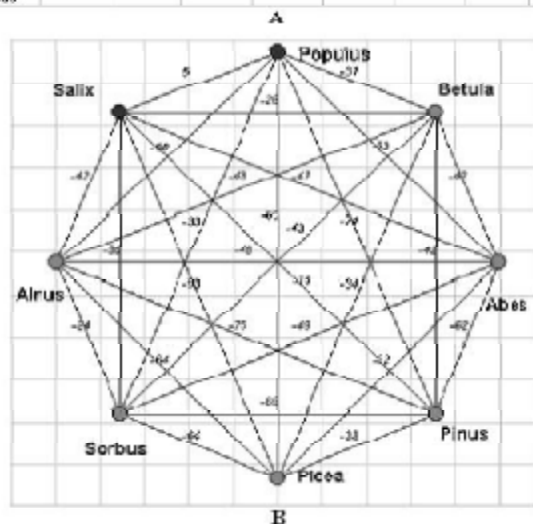


Рис. 3. Табличное представление коэффициентов сходства (а) и представление этих же коэффициентов в виде графа (б).

ков: <http://www.ecostats.com/purchase/order.htm>.

**GRAPHS.** Рассмотрим более подробно разрабатываемый нами на базе Института биологии Коми НЦ УрО РАН программный модуль GRAPHS. В качестве основы для модуля был взят программный продукт Microsoft Excel, входящий в состав пакета Microsoft Office. Эта программа широко используется геоботаниками для хранения данных и обладает гибким средством программирования VBA [10]. Модуль предназначен для проведения полуавтоматической классификации геоботанических описаний на основе использования коэффициентов сходства и графов, построенных с их использованием. Всего реализован расчет 12 коэффициентов, среди них качественные (Жаккара, Сьеренсена-Чекановского, Стугрена-Радулеску и др.) и количественные (Сьеренсена-Чекановского с учетом обилий, Шимкевича-Симпсона, ранговой корреляции Кэнделла и корреляции Пирсона и т.д.), а также коэффициенты сопряженности видов.

Для визуального отображения полученных результатов используются графы, вершинами которых являются рассматриваемые объекты (геоботанические описания или виды), а ребрами – коэффициенты сходства между ними (рис. 3). Такой подход разрабатывался многими исследователями [1, 5, 12, 15]. С целью облегчения восприятия полученных графов в модуле используются различные визуальные эффекты (изменение стиля, цвета, размеров вершин, длины ребер) и алгоритмы теории графов (разбиение на компоненты связности, построение дендритов и дендрограмм, представление в виде звезды). Описание используемых алгоритмов можно найти в работах посвященных теории графов [6, 11].

Для проверки работоспособности модуля, нами проводилась его апробация на различных данных, собранных сотрудниками Института биологии Коми НЦ УрО

РАН, Ботанического института РАН им. В.Л. Комарова и Санкт-Петербургского университета. Апробация показала хорошее совпадение результатов ручной классификации (экспертной оценки) с результатами работы модуля, причем это относится как к методу Браун-Бланке, так и эколого-фитоценологическому подходу. В качестве иллюстрации остановимся на результатах обработки данных д.б.н. С.В. Дегтевой (Институт биологии Коми НЦ УрО РАН), проводившейся с помощью модуля GRAPHS.

Для анализа использованы около 100 геоботанических описаний, выполненных в десяти административных районах Республики Коми. На основе этих данных, с использованием программы Microsoft Excel, была составлена сводная таблица геоботанических описаний для формации сероольховых лесов. При классификации массива геоботанических описаний ассоциации выделялись на основании критерия участия в сложении нижних ярусов сообществ наиболее обильных видов (доминантов) и эколого-ценотических групп сопряженных видов. Всего было выделено 10 ассоциаций, на каждую из которых приходилось от 3 до 18 описаний. Подробнее с методикой классификации и характеристиками выделенных ассоциаций можно познакомиться в работе С.В. Дегтевой [3]. Использование модуля GRAPHS дало возможность проверить насколько оценка дифференциации растительных сообществ и их объединение в группы, основанные на большом опыте работы в поле и при обработке описаний, совпадает с результатами, полученными при независимой обработке с использованием количественных коэффициентов.

Для сравнения был построен граф в виде дендрограммы, которая строилась методом среднего. В качестве меры сходства использован коэффициент Сьеренсена-Чекановского. После построения дендрограммы вершины графа были окрашены в разные цвета в соответствии с ассоциациями выделенными автором описаний (рис. 4). Это наглядно показало, что выделенные автором группы описаний практически совпадают с результатами, получаемыми с помощью предложенного модуля. На основании полученных результатов можно сделать вывод, что использование программного модуля «GRAPHS» значительно ускоряет процесс обработки описаний и дает вполне адекватную картину дифференциации описаний и их интеграции в синтаксоны. Особенно полезной она может быть для первичного разбиения материала на гомогенные группы, объем которых соответствует ассоциациям при доминантном подходе. Для системы классификации Браун-Бланке группы имеют объем примерно сравнимый с ассоциациями и субассоциациями [10].

К недостаткам модуля можно отнести невозможность отображения большого числа объектов, например – для представления данных в виде окружности не более 30 элементов, для дендрита и звезды до 100, а для дендрограммы до 200.

**Выводы**

На основе проведенного анализа существующих программных продуктов, отметим следующие моменты. Единственной, найденной нами, специализирован-

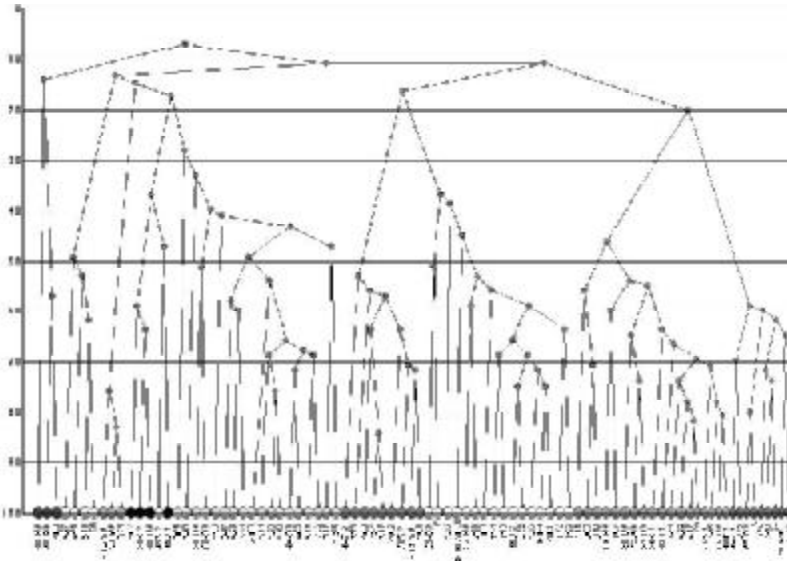


Рис. 4. Дендрограмма сходств по коэффициенту Сьеренсена-Чекановского. По оси абсцисс: названия геоботанических описаний; по оси ординат: коэффициент сходства.

ной программой предназначенной для ввода, хранения и преобразования фитоценологической информации к другим форматам является TURBOVEG. Программа совместима с большинством наиболее распространенных продуктов обработки геоботанических данных. Поскольку программа является платной, то вместо TURBOVEG можно использовать Microsoft Excel.

Для целей ординации данных существует большое количество специализированных программ. Наиболее удобной в использовании, на наш взгляд, является CAP. Другие же программы либо являются платными, либо морально устарели. Кроме CAP можно порекомендовать использовать другие, не рассчитанные на работу с ботаническими данными, программы статистической обработки, например, SPSS, Statistica и др.

Среди программ, предназначенных для классификации растительности, на наш взгляд, наиболее простой в обучении и использовании показала себя программа JUICE. Являясь бесплатной, она в то же время позволяет проводить разнообразную обработку геоботанического материала в виде валовых таблиц, либо в виде синоптических таблиц.

Для графического представления данных и взаимосвязей между ними и при небольшом количестве исследуемых объектов можно использовать модуль GRAPHS.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Андреев В.Л. Классификационные построения в экологии и систематике. М.: Наука, 1980. 142 с.
2. Василевич В.И. Статистические методы в геоботанике. Л.: Наука, 1969. 230 с.
3. Дегтева С.В. Сероольшаники Республики Коми // Бот. журн., 2002. Т. 87, № 1. С. 107-121.
4. Ким Дж.-О., Мьюллер Ч.У. Факторный анализ: статистические методы и практические вопросы // Факторный, дискриминантный и кластерный анализ / Под ред. И.С. Енюкова. М., 1989. С. 5-77.
5. Кушнарев Е.Л. Применение графических методов анализа при изучении видовой структуры орнито-сообществ по экологическому профилю // Теоретико-

графовые методы в биогеографических исследованиях. Владивосток, 1983. С. 33-48.

6. Липский В. Комбинаторика для программистов. М.: Мир, 1988. 213 с.

7. Лебедева Н.В., Криволицкий Д.А. Биологическое разнообразие и методы его оценки. М., 2002. 432 с. – (<http://nature.ok.ru/biodiversity/book3.html>).

8. Миркин Б.М., Наумова Л.Г., Соломещь А.И. Современная наука о растительности. М., 2000. 263 с.

9. Нештаев Ю.Н. Методы анализа геоботанических материалов. Л.: Изд-во ЛГУ, 1987. 190 с.

10. Новаковский А.Б. Возможности и принципы работы программного модуля «GRAPHS». Сыктывкар, 2004. 28 с.

11. Об использовании мер зависимости для определения степени ассоциации видов растений / Б.И. Семкин и др. // Теоретико-графовые методы в биогеографических исследованиях. Владивосток, 1983. С. 20-32.

12. Свами М., Тхуласираман К. Графы, сети и алгоритмы. М.: Мир, 1984. 454 с.

13. Ту Дж., Гонсалес Р. Принципы распознавания образов. М.: Мир, 1978. 416 с.

14. Штиков В.К., Розенберг Г.С., Зинченко Т.Д. Количественная гидроэкология: методы системной идентификации. Тольятти, 2003. 463 с. – (<http://www.tolcom.ru/kiril/Library/Book1/content0/content0.htm>).

15. Шмидт В.М. Математические методы в ботанике. Л.: Изд-во ЛГУ, 1984. 287 с.

16. Bruilheide H. Using formal logic to classify vegetation // Folia Geobot. Phytotax, 1997. Vol. 32. P. 41-46.

17. Bruelheide, H. A new measure of fidelity and its application to defining species groups // J. Vegetation Sci., 2000. Vol. 11. P. 295-306.

18. Hennekens S.M. TURBO(VEG). Software package for input, processing, and presentation of phytosociological data. Wageningen (NL)–Landcaster (UK), 1996.

19. Hennekens, S.M., Schaminee J.H.J. TURBOVEG, a comprehensive database management system for vegetation data // J. Vegetation Sci., 2001. Vol. 12. P. 589-591.

20. Hill M.O. DECORANA and TWINSpan, for ordination and classification of multivariate species data: a new edition, together with supporting programs, in FORTRAN 77. Huntingdon (UK), 1994.

21. Jongman R.H.G., Ter Braak C.J.F., Van Tongeren O.F.R. Data analysis in community and landscape ecology. Wageningen (NL), 1987. 299 p.

22. Legendre P. Legendre L. Numerical Ecology. Amsterdam: Elsevier Sci. B.V., 1998. 853 p.

23. Tichy L. JUICE, software for vegetation classification // J. Vegetation Sci., 2002. Vol. 13. P. 451-453. – (<http://www.sci.muni.cz/botany/juice/jvs.pdf>).

24. Tichy L. Formalized reproduction of an expert-based phytosociological classification: A case study of subalpine tall-forb vegetation // J. Vegetation Sci., 2003. Vol 14. P. 601-610. – (<http://www.sci.muni.cz/botany/juice/JVS2003b.pdf>). ❖



**СОРБЦИЯ УРАНА, РАДИЯ И ТОРИЯ ИЗ РАСТВОРОВ СЛОЖНОГО СОЛЕВОГО СОСТАВА ГИДРОЛИЗНЫМ ЛИГНИНОМ ДРЕВЕСИНЫ**

**Н. Рачкова**  
 н.с. отдела радиоэкологии  
 E-mail: shuktomova@ib.komisc.ru, тел.: (8212) 43 63 01

Научные интересы: радиоэкология, радиохимия, миграция радионуклидов

**В**ыбор сорбентов для дезактивации природных, в том числе почвенных, растворов представляет собой сложную задачу. Предназначенные для использования в этом качестве материалы должны отвечать ряду требований, главным из которых является способность к эффективному и прочному поглощению радионуклидов из загрязненных сред. Учитывая многообразие представленных в природных растворах физико-химических форм радиоактивных элементов, немаловажное значение для успешной сорбции может иметь поливариантный универсальный характер поглотительных свойств сорбента.

Перечисленным требованиям в полной мере соответствует гидролизный лигнин древесины. Ранее было показано [9-11], что он эффективно и прочно поглощает торий, уран и радий из водных растворов их солей с различной кислотностью. При этом установлено, что радий и торий эффективно сорбируются в интервале pH от 3 до 9, а уран – из сред с pH 6-9. Согласно полученным данным, сорбция радионуклидов на лигнине может протекать по нескольким механизмам: поверхностное поглощение коллоидных и псевдоколлоидных соединений, ионный обмен и комплексообразование ионнодисперсных химических форм радиоэлементов, образование прочных сорбционных комплексов с их органически связанными формами. ИК-спектроскопическое исследование сорбента, насыщенного ураном, позволило впервые экспериментально обнаружить, что взаимодействие карбоксильных и фенольных групп лигнина с радионуклидом происходит не только путем ионного обмена водородного иона с уранилом и его гидролизованной формами, но и по координационному механизму, протекающему по типу образования оксониевых комплексов.

Цель настоящего исследования состояла в оценке поглотительной способности гидролизного лигнина древесины на фоне сложного солевого состава жидкой фазы. Сорбционные эксперименты проводили в статических условиях при комнатной температуре в трех повторностях. Для проведения опытов была ис-

пользована фракция гидролизного лигнина с размером частиц 0.25-0.5 мм. Содержание лигнина Комарова в сорбенте составляло 82.5 % при зольности 6 %. До приведения в контакт с жидкой фазой навески гидролизного лигнина распускали в дистиллированной воде в течение суток с целью увеличения удельной поверхности сорбента.

Для выполнения поставленной задачи в растворы нитрата уранила, хлоридов радия и тория предварительно были добавлены нитраты калия, кальция и аммония, дигидрофосфат аммония, сульфаты магния и аммония. Их количества обеспечивали создание в жидкой фазе таких концентраций ионов водорода и макроэлементов (Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, K<sup>+</sup>), которые, по данным И.Б. Арчевой [1], характерны для лизиметрических вод подзолистой суглинистой почвы. При этом минерализованность растворов достигала 3.3 ммоль-экв./л (табл. 1). Исходные активности тория в них составляли 4.1 и 41.0, урана – 12.3 и 123.0, радия – 44.0 и 440.0 Бк/л, что на один-три порядка превышает соответствующие уровни вмешательства, установленные для питьевых вод [7]. Исходная кислотность жидкой фазы соответствовала pH 6. Время экспозиции во всех опытах составляло 24 часа. После сорбции фазы разделяли фильтрованием. Степени извлечения и коэффициенты распределения рассчитывали по убыли в фильтрах концентраций тория, урана и радия, которые определяли фотометрическим, люминесцентным, эманионным методами соответственно. Прочность сорбции оценивали по содержанию радиоактивных элементов в вытяжках, полученных путем последовательной обработки обогащенного радионуклидами

сорбента дистиллированной водой, 1M растворами ацетата аммония и хлористоводородной кислоты. Фракцию соединений радиоактивных элементов, несорбированную из лигнина вышеуказанными экстрагентами, считали фиксированной. Статистическую обработку данных проводили стандартными методами с использованием пакета программ Excel.

Анализ данных литературы свидетельствует, что в минерализованных средах параметры поглощения радионуклидов на лигнине могут измениться в результате протекания нескольких групп процессов, тесно связанных со свойствами сорбатов и сорбента. Согласно теоретическим представлениям [5, 15, 18], подавление сорбции обусловливается обострением конкуренции за обменные сорбционные центры на фоне многократного избытка катионов щелочноземельных и других элементов, формированием в растворе трудносорбируемых, в том числе комплексных, ионов сорбатов. Вполне вероятно снижение поглощения за счет «солевого» эффекта, приводящего к увеличению растворимости осадков в присутствии не содержащих одноименных ионов электролитов [9]. В то же время при наличии достаточно высоких концентраций ионов – осадителей в многокомпонентных системах возможно протекание дополнительных реакций осаждения и соосаждения, усиление коагуляции радио- и псевдоколлоидов, что может способствовать извлечению радионуклидов из жидкой фазы. Кроме того, по данным литературы [4, 16], добавление электролитов в сорбционные системы, содержащие гумусовые вещества, инициирует увеличение степени ассоциации гуминовых кислот, при-

**Минеральный состав модельных растворов**

Вариант состава раствора	Содержание ионов, ммоль-экв./л						
	K <sup>+</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>
1	0	0	0	0	0	0	0
2	0.012	0.10	0.028	0.024	0.024	0.066	0.075
3	0.060	0.50	0.140	0.120	0.120	0.330	0.370
4	0.120	1.00	0.280	0.240	0.240	0.660	0.750

Таблица 1



Таблица 2

**Эффективность поглощения радионуклидов из минерализованных растворов на гидролизном лигнине древесины при исходных концентрациях тория, урана и радия в жидкой фазе 4.1, 12.3, 44.0 (верхняя строка) и 41.0, 123.0, 440.0 (нижняя строка) Бк/л**

Вариант солевого состава раствора	Радионуклид	Концентрация радионуклида в жидкой фазе после сорбции, Бк/л	Коэффициент распределения радионуклида, мл/г	Степень извлечения радионуклида, %
1 (контроль)	торий	0.12±0.04	340.0±10.0	98.27±0.07
		3.08±0.01	127.5±0.4	95.47±0.03
	уран	1.11±0.08	107.0±9.0	94.60±0.40
		64.00±1.00	13.2±0.4	69.00±7.00
	радий	4.00±0.80	73.0±7.0	92.30±0.60
		130.00±10.00	23.0±2.0	79.00±2.00
2	торий	0.110±0.004	380.0±10.0	98.47±0.07
		3.29±0.04	119.0±2.0***	95.20±0.10***
	уран	0.42±0.06**	300.0±40.0**	97.90±0.30**
		56.00±9.00	17.0±3.0	73.00±5.00
	радий	5.00±3.00	150.0±70.0	92.00±5.00
		60.00±20.00***	70.0±20.0	90.00±4.00
3	торий	0.104±0.003	390.0±10.0***	98.50±0.06
		2.24±0.07*	177.0±5.0*	96.70±0.10*
	уран	1.01±0.11	120.0±10.0**	94.50±0.60
		66.00±5.00	17.0±2.0	68.00±3.00
	радий	5.00±2.00	90.0±30.0	92.00±5.00
		74.90±0.90***	43.4±0.6	90.00±4.00
4	торий	0.078±0.001	520.0±10.0*	98.87±0.03**
		1.30±0.20*	320.0±40.0*	98.10±0.20*
	уран	0.32±0.01*	380.0±20.0*	98.43±0.07*
		71.00±5.00	12.0±1.0	66.00±2.00
	радий	10.00±1.00**	22.8±0.0**	82.80±0.00*
		89.60±0.60***	35.3±0.3**	85.50±0.10***

водит к повышению силы поверхностно-го натяжения на сорбентах, интенсифицируя тем самым физическую сорбцию радиоактивных элементов на них.

Судя по полученным данным, наиболее значимое влияние на сорбцию гидролизным лигнином тория оказывают процессы, стимулирующие поглощение (табл. 2, см. рисунок А, Б). Высокая степень извлечения радионуклида сохраняется как в радиоактивных минерализованных растворах, так и в растворах без дополнительной добавки неорганических солей. В различных вариантах опыта из жидкой фазы гидролизным лигнином было сорбировано от 95.2 до 98.9 % тория. Сравнение экспериментальных данных позволяет отметить, что при повышении минерализованности среды прочностные характеристики поглощения радионуклида не подвергаются кардинальным изменениям (см. рисунок А, Б). Так, на фоне добавки минеральных солей и в ее отсутствие неотъемлемым свойством сорбции тория остается низкое содержание в фазе лигнина водорастворимых и обменно поглощенных соединений радионуклида. Их суммарный вклад не превышает 8.5 %. Доля водорастворимых форм, связанных с сорбентом наиболее слабо, в условиях эксперимента варьирует от 2.3 до 8.4 %. С увеличением исходной активности сорбата она достоверно ( $p < 0.05$ ) возрастает. Содержание обменно поглощенных форм соединений тория характеризуется величинами, в десять и более раз меньшими доли его водорастворимой фракции. При исходной активности радионуклида 4.1 Бк/л их определение по стандартной схеме не дает результата из-за достижения пределов обнаружения метода. В целом, от 91.5 до 97 % тория, сорбированного из растворов сложного солевого состава, малоподвижно и трудно вымывается из фазы сорбента. Более высокие уровни минерализованности среды вызывают достоверное ( $p < 0.01$ ) увеличение степени извлечения сорбата. При этом от 28 до 41 % радионуклида поглощается крайне прочно и не элюируется традиционными для проведения подобных оценок экстрагентами.

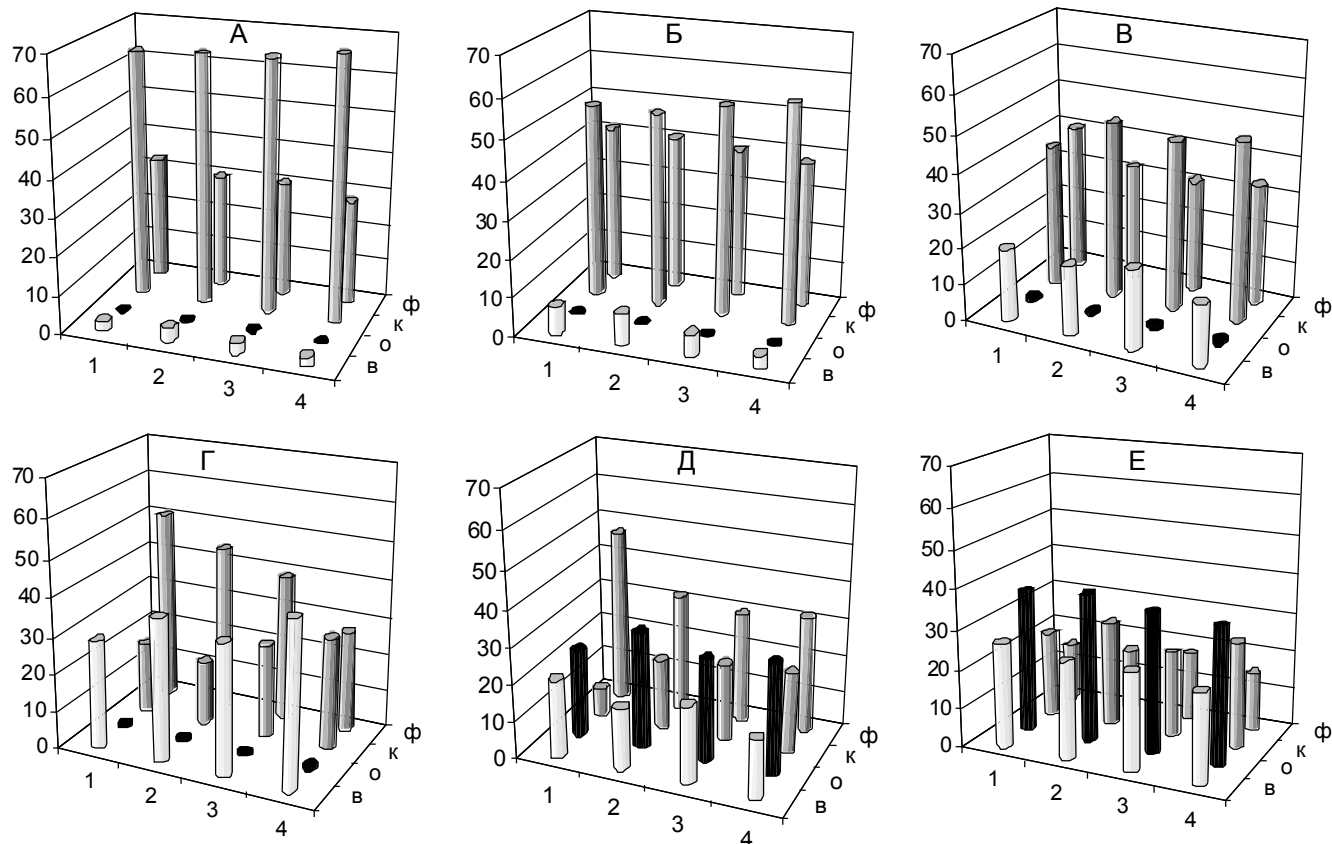
Сравнительный анализ сорбционных характеристик показывает, что в пяти случаях из шести введение в раствор солей кальция, калия, аммония и магния приводит к увеличению избирательности поглощения тория на лигнине. Коэффициенты распределения радионуклидов в четырех случаях достоверно превышают ( $p < 0.001$  и  $0.05$ ) величины, соответствующие вариантам опыта без добавки минеральных солей. В частности, в средах с исходной концентрацией радионуклида 41.0 Бк/л они возрастают от 127.5 до 320 мл/г. Таким образом, при

повышении минерализованности жидкой фазы селективность поглощения в большинстве вариантов эксперимента достоверно увеличивается, в том числе возрастает суммарное содержание прочно поглощенных лигнином фракций соединений тория, а легко десорбируемых – снижается. При прочих равных условиях поглощение тория из растворов с меньшей удельной активностью избирательнее, что, в целом, подтверждается более высокими коэффициентами распределения и показателями десорбции.

Из соответствующих уравнений химического равновесия и произведений растворимости следует, что в данной сорбционной системе должна протекать крайне селективная реакция осаждения радионуклида в виде фосфата (ГР  $\text{Th}_3(\text{PO}_4)_4 = 2.6 \cdot 10^{-79}$ ) [6]. Согласно расчетам, исходные молярные концентрации ионов  $\text{PO}_4^{3-}$  в растворах составляют величины свыше  $1.9 \cdot 10^{-11}$  моль/л. При соответствующих условиях эксперимента содержащихся (4.3  $\cdot 10^{-7}$  и 0.43  $\cdot 10^{-7}$  моль/л) достаточные для осаждения фосфата концентрации ионов в жидкой фазе присутствуют. Тем не менее, визуальные признаки образования малорастворимого соединения не были отмечены. По всей видимости, осаждение сдерживается за счет стабилизации и маскировки катионов тория и его гидро-

лизированных соединений органическими веществами [3, 5, 14, 17]. Их присутствие неизбежно в равновесных с лигнином слабокислых растворах.

Совокупность приведенных фактов позволяет говорить о единообразности механизмов сорбции радионуклида из растворов минерализованных и без добавки солей. По-видимому, одни из механизмов, значительно доминируя над другими, определяют эффективность поглощательных процессов и высокую прочность химических связей сорбата с сорбентом. В качестве таковых мы рассматриваем координацию гидролизированных форм тория с электронодонорными функциональными группами сорбента, а также адсорбцию соединений гумусовых кислот с радионуклидом, в том числе, коллоидного и псевдоколлоидного характера. Предполагаем, что в минерализованных средах эти процессы интенсифицируются мобилизацией в раствор гумусовых кислот, временно связанных с матрицей лигнина, и их последующей коагуляцией. Соединения радионуклида, сорбированные наименее прочно, предположительно поглощаются по механизму физической сорбции и за счет включения микрокомпонента в ассоциаты низкомолекулярной фракции гумусовых веществ. В слабоминерализованных условиях (вариант опыта 2) приращение доли легко десорбируемых форм сопро-



Содержание (% поглощенного количества; по вертикали) водорастворимых (в), обменных (о), кислоторастворимых (к) и фиксированных (ф) форм радионуклидов на гидролизном лигнине древесины в вариантах опыта 1-4 при исходных удельных активностях тория в жидкой фазе 4.1 (А) и 41.0 (Б), урана – 12.3 (В) и 123.0 (Г), радия – 44.0 (Д) и 440.0 (Е) Бк/л.

вождается достоверным снижением степени и селективности поглощения тория ( $p < 0.05$ ). Наиболее вероятно, что это связано с изменением поверхностных свойств лигнина и «солевым» эффектом, депрессирующее влияние которых в этом случае перекрывает вклад интенсифицирующих сорбцию факторов. В более концентрированных солевых растворах доминирующее значение в изменении параметров поглощения мы отводим коагуляции.

Для урана одновременно характерны низкая доля сорбции по ионообменному механизму и относительно равномерное распределение между другими фракциями реэкстрагированных из лигнина соединений (см. рисунок В, Г). В условиях эксперимента селективность и степень извлечения в существенно большей мере зависят от исходной концентрации урана, чем от уровня минерализованности жидкой фазы. Десятикратное увеличение исходной активности радионуклида приводит к достоверному ( $p < 0.001$ ) снижению коэффициентов распределения от величин второго порядка до 12–17 мг/г и одновременно сопровождается уменьшением полноты сорбции от 94.5–98.4 до 66–73 %. При этом можно наблюдать перераспределение элемента между фракциями соединений, характеризующихся различной прочностью

поглощения на сорбенте. В частности, доля кислоторастворимого урана сокращается от 39–49 до 17–30 %, а вклад водорастворимых форм увеличивается от 16.8–22.0 до 29–44 % сорбированного лигнином количества радионуклида.

В то же время возрастание содержания растворов при прочих равных условиях или не влияет, или вызывает значительно меньшие и недостоверные изменения показателей поглощения. Они обозначаются глубже при более высокой исходной активности урана в жидкой фазе. В этом случае при увеличении минерализованности доля зафиксированного сорбентом радионуклида достоверно ( $p < 0.05$ ) снижается. Изложенные наблюдения приводят к выводу, что в условиях эксперимента вклад различных способов поглощения в сорбцию зависит, прежде всего, от исходных физико-химических форм и состояния урана в жидкой фазе и, лишь во вторую очередь, от функциональной активности и иных характеристик гидролизного лигнина. В качестве механизмов прочной сорбции мы рассматриваем координацию гидролизанных форм элемента с активными группами сорбента, имеющими выраженную электронодонорную функцию, а также адсорбцию соединений радионуклида с гумусовыми кислотами. Весомый вклад в прочную сорбцию ура-

на вносит осаждение на поверхности лигнина малорастворимых уранилфосфатных соединений, о чем свидетельствуют результаты сопряженного анализа данных литературы и настоящего эксперимента. В частности, расчеты показывают, что в четвертом варианте опыта (табл. 1) добавление дигидрофосфата аммония обеспечивает присутствие в исходных растворах дигидрофосфат-, гидрофосфат- и фосфат-ионов, равновесные концентрации которых исчисляются величинами  $0.240 \cdot 10^{-3}$ ,  $1.5 \cdot 10^{-5}$  и  $1.9 \cdot 10^{-11}$  моль/л, соответственно ( $K_{дис. II} = 6.34 \cdot 10^{-8}$ ,  $K_{дис. III} = 1.26 \cdot 10^{-12}$ ). Этих содержаний вполне достаточно для достижения констант устойчивости уранилфосфатных комплексов ( $K_{уст} \approx 10^3$ ) [6], что подтверждается данными литературы [12] о доминировании указанных комплексных ионов в слабокислых и нейтральных природных водах, содержащих фосфаты в концентрациях свыше  $10^{-6}$  моль/л.

Таким образом, очевидно, что в слабокислой жидкой фазе исследуемой системы должны формироваться координационные соединения  $UO_2^{2+}$  с анионами ортофосфорной кислоты. Указанные реакции, конкурируя с гидролизом и координацией уранила с гумусовыми веществами и изменяя соотношение исходных форм сорбата, могут внести се-

резьные коррективы в механизмы и параметры сорбционных процессов. Согласно расчетам, при активности урана 123.0 Бк/л в исследуемой системе достигаются произведения растворимости сразу нескольких малорастворимых соединений, в состав которых радионуклид входит в виде комплексных уранилфосфатных анионов (ПР  $UO_2HPO_4 = 2.11 \cdot 10^{-11}$ , ПР  $NH_4UO_2PO_4 = 4.36 \cdot 10^{-27}$ , ПР  $KUO_2PO_4 = 7.76 \cdot 10^{-24}$ ) [6, 8]. Образование осадков можно было обнаружить по пожелтению и помутнению исходно прозрачных растворов нитрата уранила. Экспериментальным доказательством координации уранила с анионами ортофосфорной кислоты и последующего осаждения некоторых из сформированных этими комплексами соединений служат изменения показателей прочности поглощения радиоэлемента из жидкой фазы указанного состава. При повышении минерализованности растворов нитрата уранила они сопровождаются увеличением содержания водорастворимых и кислоторастворимых форм урана в обогащенном им лигнине. Приращение доли первой фракции мы связываем с активацией физической сорбции растворимых органических и уранилфосфатных комплексных ионов и соединений. Скорее всего, значительную долю кислоторастворимой фракции урана составляют осажденные на лигнине осадки, упомянутые выше.

В средах с активностью радионуклида 12.3 Бк/л модифицирующее влияние степени минерализованности на поглощательную способность сорбента выражено слабо. Решающее значение в изменении параметров поглощения имеет не столько уровень солесодержания, сколько сам факт повышенной минерализованности исходных растворов. Причина происходящего, на наш взгляд, сосредоточена в протекании более селективной, чем осаждение, реакции, напрямую не связанной с качественным и количественным ионным составом жидкой фазы, но опосредованно испытывающей на себе ее модифицирующее влияние. По нашему мнению, этими сверхизбирательными сорбционными процессами, характеризующимися высокой прочностью поглощения, являются координация гидролизированных форм уранила с активными электронодонорными группами сорбента и адсорбция соединений радионуклида с гумусовыми кислотами. В средах с повышенным содержанием неорганических солей они интенсифицируются коагуляцией. Этот вывод подтверждается данными о высокой склонности лигнина к поглощению гидролизированных форм соединений радиоэлементов [5], а также выраженной зависимостью

показателей сорбции урана от его исходной концентрации в жидкой фазе.

Результаты сорбции радия из минерализованных растворов свидетельствовали о 3.5-11-кратном уменьшении его активности в жидкой фазе (табл. 2). Степени извлечения элемента варьируют от 79 до 92 %, при этом от 37 до 54 % радионуклида прочно закреплено на сорбенте. Обнаружено, что селективность поглощения радия в минерализованных средах повышается, хотя общий ее уровень сохраняется невысоким как на фоне сложного солевого состава растворов, так и в его отсутствие. Об этом свидетельствуют низкие значения коэффициентов межфазного распределения радионуклида, варьирующие в интервале от 23 до 150 мл/г. В целом, при добавлении в радиоактивные растворы солей природной минерализации в пяти вариантах эксперимента наблюдается повышение селективности сорбции. Ее достоверное ( $p < 0.05$ ) отличие от контроля (поглощения из раствора соли радионуклида без дополнительного внесения неорганических веществ) обнаружено в двух вариантах опыта. При этом с одной стороны, присутствие потенциально конкурентных радио ионов стимулирует избирательность поглощения, но с другой – к тому же эффекту приводит ослабление минерализованности растворов в рамках исследуемого диапазона (0.33-3.30 ммоль-экв./л). В сильно обогащенных солями средах (вариант опыта 4) с более низкой исходной удельной активностью радионуклида установлены достоверные изменения содержания прочно сорбируемых форм его соединений (см. рисунок Д, Е).

Отличительным свойством поглощения на лигнине радия является относительно равномерное его распределение между фракциями соединений с различной прочностью закрепления на сорбенте. Значительная доля сорбированного радионуклида была реэкстрагирована 1М раствором ацетата аммония, что соответствует щелочноземельной природе сорбата и свидетельствует о существенной роли ионообменной сорбции в его поглощении. При равной исходной удельной активности степень минерализованности растворов незначительно влияла на содержание водорастворимой и обменной фракций соединений радия, что указывает на прочный и высокоселективный характер их поглощения лигнином. В то же время при возрастании удельной активности радионуклида наблюдается достоверное ( $p < 0.05-0.001$ ) снижение от 30-32 до 15-18 % вклада фракции зафиксированных на сорбенте соединений. Усиление минерализованности растворов с исходной удельной активностью 44 Бк/л также сопровождается

достоверными изменениями в прочности поглощения радиоэлемента. В частности, возрастает от 7.7 до 19-22 % содержание его кислоторастворимых форм в составе лигнина и одновременно снижается от 47 до 30-32 % доля соединений, зафиксированных на сорбенте.

Представленные данные свидетельствуют, что в условиях эксперимента селективность и степень извлечения радия гидролизным лигнином древесины усиливаются по мере повышения минерализованности среды и уменьшения в ней исходной удельной активности радионуклида. По нашему мнению, эти процессы тесно связаны с мобилизацией в раствор нативных ионов из состава сорбента. По данным И.Н. Хмелинина [13], увеличение минерализованности растворов значительно активирует десорбцию из него ионов калия, натрия, кальция и магния. Обнаруженные нами закономерности находят подтверждение в работе Т.В. Гиль [2], согласно которой совместное присутствие в радийсодержащих растворах кальция и органических веществ сопровождается возрастанием степени поглощения радионуклида природными сорбентами. Предполагаем также, что повышение избирательности и степени извлечения радия из минерализованных растворов связано не только с его ионообменными реакциями, стимулируемыми десорбцией нативных элементов лигнина, но и с оклюзией радиоактивного элемента в коллоидные агрегаты соединений гумусовых кислот с компонентами жидкой фазы. Достоверное снижение степени извлечения ( $p < 0.001$ ) и коэффициента распределения радия ( $p < 0.01$ ), обнаруженное в среде с суммарным содержанием солей 3.3 ммоль-экв./л (вариант опыта 4) и удельной активностью 44 Бк/л, мы связываем с частичным разрушением этих структур за счет «солевого эффекта».

Таким образом, проведенными исследованиями показано, что в минерализованных растворах, близких по содержанию солей к лизиметрическим водам подзолистой почвы, высокая поглощательная способность гидролизного лигнина по отношению к урану, радю и торью сохраняется. Механизмы, определяющие изменения параметров сорбции радиоэлементов, накладываются друг на друга и носят специфический характер. Поглощения тория отличается низким содержанием в фазе лигнина водорастворимых и обменно сорбированных форм радионуклида. Для процессов сорбции-десорбции урана на лигнине характерны незначительная доля радионуклида в обменной вытяжке и относительно равное его распределение между другими фракциями соединений. При реэкст-

рации из лигнина радий более равномерно распределяется между физико-химическими формами с различной прочностью сорбции.

Повышение уровня минерализованности среды и уменьшение исходной активности сорбатов в условиях эксперимента сопровождалось достоверным увеличением степени извлечения и избирательности поглощения тория и радия, которое регистрировали по возрастанию их коэффициентов межфазного распределения и содержания прочно-сорбированных форм соединений радионуклидов на лигнине. В минерализованных растворах значительную роль в изменении параметров поглощения тория может играть интенсивная коагуляция коллоидных соединений. Интенсификация сорбции радия, скорее всего, связана со стимуляцией его ионообменных реакций за счет десорбции нативных химических элементов из лигнина и с окклюзией радиоактивного элемента в коллоидные агрегаты поглощаемых сорбентом гумусовых веществ.

Возрастание концентрации солей природной минерализации при равной удельной активности урана в жидкой фазе не оказывало влияния или вызывало незначительные изменения показателя его поглощения. При увеличении исходной удельной активности радионуклида от 12.3 до 123.0 Бк/л коэффициенты межфазного распределения и доли зафиксированных сорбентом соединений радионуклида достоверно снижаются. В качестве механизмов прочной сорбции урана мы рассматриваем координацию его гидролизированных форм с активными группами сорбента, имеющими выраженную электронодонорную функцию, а также адсорбцию соединений радиоэлемента с гумусовыми кисло-

тами. В условиях эксперимента в прочную сорбцию урана весомый вклад вносит осаждение на поверхности лигнина малорастворимых уранилфосфатных соединений.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Арчегова И.Б. Химический состав лизиметрических вод подзолистой почвы Коми АССР // Почвоведение, 1976. № 5. С. 66-75.
2. Гиль Т.В. Особенности поглощения и закрепления  $^{226}\text{Ra}$  типичной сильно-подзолистой почвой в зависимости от почвенных факторов и сопутствующих элементов // Радиоэкологические исследования почв, растений и животных биогеоценозов Севера. Сыктывкар, 1983. С. 84-88. – (Тр. Коми фил. АН СССР; № 6).
3. Дементьев В.С., Сыромятников Н.Г. О форме нахождения тория в грунтовых водах // Геохимия, 1965. № 2. С. 211-216.
4. Когановский А.М., Ровинская Т.М. Исследование сорбции коллоидов. 3. Влияние электролитов на сорбцию золя гуминовой кислоты порошком графита // Коллоидный журн., 1955. Т. 17, № 2. С. 81-89.
5. Кузнецов Ю.В., Шебетковский В.Н., Трусов А.Г. Основы очистки воды от радиоактивных загрязнений. М.: Атомиздат, 1974. 360 с.
6. Лурье Ю.Ю. Справочник по аналитической химии. М.: Химия, 1989. 448 с.
7. Нормы радиационной безопасности (НРБ-99): Гигиенические нормативы. М., 1999. 116 с. – (Центр санитарно-эпидемиологического нормирования, гигиенической сертификации и экспертизы Минздрава России).
8. Основные черты геохимии урана / Под ред. А.П. Виноградова. М.: Изд-во АН СССР, 1963. 352 с.
9. Основы аналитической химии / Ю.А. Золотов, Е.Н. Дорохова, В.И. Фадеева и др. М.: Высшая школа, 1996. 383 с.
10. Рачкова Н.Г., Шуктомова И.И., Таскаев А.И. Влияние кислотности и концентрации водных растворов нитрата уранила на эффективность поглощения урана гидролизным лигнином древесины // Журн. прикладной химии, 2004. Т. 77, вып. 3. С. 474-477.
11. Способность аналитимсодержащей породы Тиманской цеолитоносной провинции и сорбентов на основе растительной ткани к поглощению урана, радия и тория из водных растворов / Н.Г. Рачкова, И.И. Шуктомова, А.П. Карманов и др. // Радиоэкологические и биологические последствия низкоинтенсивных воздействий. Сыктывкар, 2003. С. 67-80. – (Тр. Коми науч. центра УрО РАН; № 172).
12. Трансурановые элементы в окружающей среде / Под ред. У.С. Хэнсона. М.: Энергоатомиздат, 1985. 344 с.
13. Хмелинин И.Н. Поглощение биодифильных элементов лигнином и корой. Сыктывкар, 1994. 28 с. – (Сер. Науч. докл. / Коми НЦ УрО РАН; Вып. 337).
14. Choppin G.R. Interaction of actinides and humic acid // Trans. Amer. Nucl. Soc., 1979. Vol. 32. P. 166-167.
15. Dent A.J., Ramsay J.D.F., Swanton S.W. An EXAFS study of uranyl ion in solution and sorbed onto silica and montmorillonite clay colloids // J. Colloid and Interface Science, 1992. Vol. 150, № 1. P. 45-60.
16. Flaig W., Beutelspacher H. Investigation of humic acids with the analytical ultracentrifuge // Isotopes and radiation. Soil organic matter studies. Vienna, 1968. P. 23-30.
17. Selectivity in the complexation of actinides by humic substances / Y.J. Zhang, N.D. Bryan et al. // Environm. Pollution, 1997. Vol. 96, № 3. P. 361-367.
18. Tsunashima A., Brindley G.W., Bastovanov M. Adsorption of uranium from solutions by montmorillonite; compositions and properties of uranyl montmorillonites // Clays and Clay Minerals, 1981. Vol. 29, № 1. P. 10-16. ❖



## СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ВОДОЕМОВ В БАССЕЙНЕ р. ОРТИНА (Большеземельская тундра)

**Л. Хохлова**

н.с. отдела экологии животных

E-mail: [hohlova@ib.komisc.ru](mailto:hohlova@ib.komisc.ru)

Научные интересы: *химический состав и качество поверхностных вод*

В связи с тем, что тундровые озера обширной территории Архангельской области остаются малоизученными, любые сведения о них имеют актуальное значение. В рамках организации долгосрочного экологического мониторинга в Арктике и Субарктике в 1992-1993 гг. нами проведено гидрохимическое обследование водоемов и водотоков на территории Варандейской группы нефтяных месторождений и в 1993 г. – на побережье Баренцева моря [3, 4]. Необходимость гидрохимического изучения озер западной части Большеземельской тундры, в частности озер, приуроченных

к бассейну р. Ортина, вызвана планированием добычи нефти на законсервированных здесь ранее буровых.

Река Ортина, длиной всего 72 км, впадает в р. Печора на 32 километре от устья, в ее бассейне сосредоточено 644 озера общей площадью 31.8 км<sup>2</sup> [1]. Известно, что эти тундровые водоемы большей частью составляют своеобразную генетическую группу и своим происхождением обязаны термокарсту. Небольшие, с площадью в пределах 0.3-1.0 км<sup>2</sup> и максимальными глубинами до 3 м рассматриваемые озера, составляя основной водный баланс, являются единственными

источниками всех видов водоснабжения – питьевого, хозяйственно-бытового, промышленного. Они же служат приемниками неочищенных сточных вод с буровых.

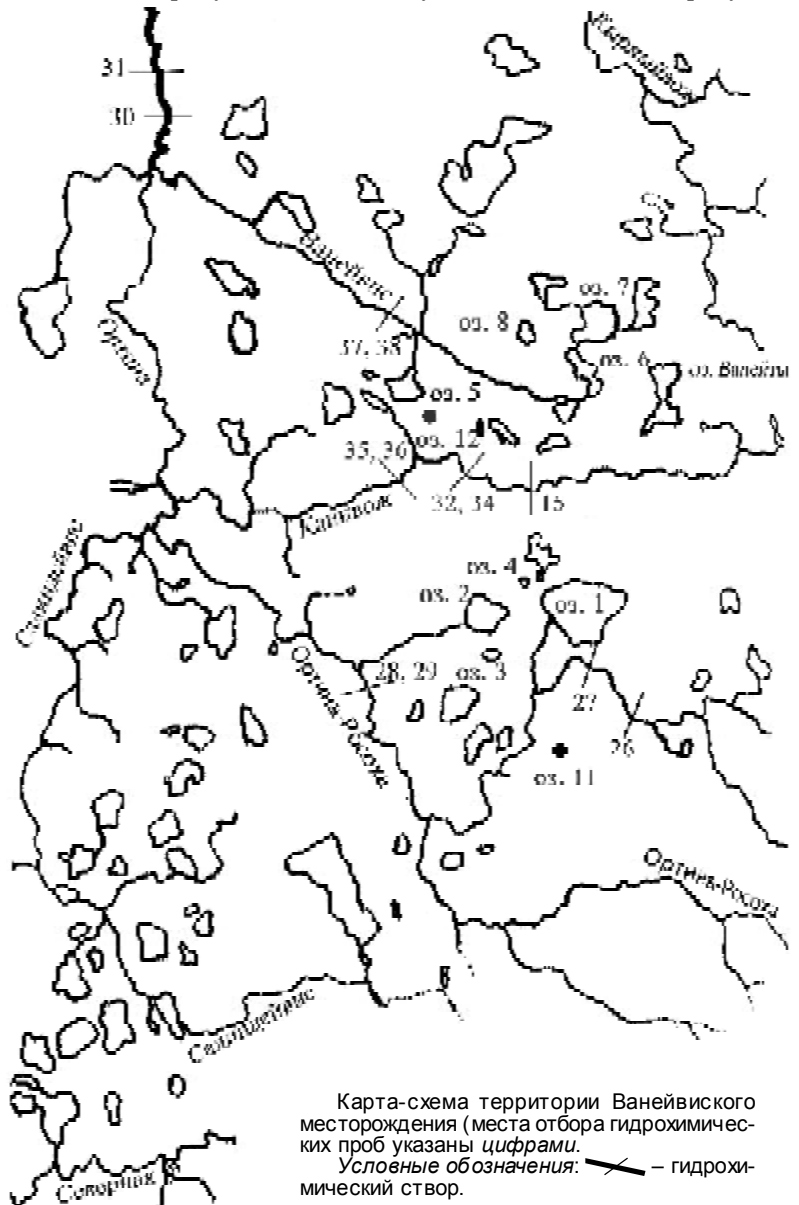
В гидрохимическом отношении нами обследовано девять озер и р. Ортина с притоками Ортина-Росоха, Ванейвис, Каин-Вож (см. рисунок). Характеристика современного состояния водоемов на территории Ванейвиского месторождения представлена по материалам, полученным в летние сезоны 1995 и 1997 гг. Газовый состав, рН и биологическое потребление кислорода (БПК<sub>5</sub>) определялись в полевых условиях. В камеральных условиях анализ воды на содержание в них макро- и микроэлементов, биогенных, органических и загрязняющих веществ проведен сотрудниками лаборатории аналитической химии. Концентрации ионов Ca<sup>2+</sup>, Na<sup>+</sup> и K<sup>+</sup> определялись с применением пламенно-фотометрической спектрометрии, ионов PO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup> – методами фотометрического, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> – потенциометрического, Cl<sup>-</sup> и SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> – ионохроматографического, Mg, Fe, Mn, Zn, Cu – атомно-абсорбционного определений. В основе определения нефтепродуктов был метод ИК-спектрометрии, флуориметрии.

В условиях избыточного увлажнения, слаборастворимых почвообразующих пород, оподзоленных почв, а также очень ограниченного грунтового питания полярных озер формируется поверхностный сток из низкоминерализованных вод. Минерализация воды составила в озерах 8.3-157.4 и водотоках – 29.2-157.1 мг/дм<sup>3</sup>. Главными анионами в химическом составе вод были определяющие щелочность и буферную способность гидрокарбонаты. Концентрация их изменялась от 1.0 до 100.0 мг/дм<sup>3</sup>, на втором месте были ионы хлора (1.3-8.3 мг/дм<sup>3</sup>) и на третьем – сульфатные ионы (0.02-6.10 мг/дм<sup>3</sup>). Максимальные значения минерализации воды были зафиксированы в небольшом озере у буровой и р. Ортина-Росоха. Определение химического состава поверхностных вод по сезонам не проводилось, ввиду отсутствия технических возможностей. Однако анализ образцов воды, отобранных в различные по гидрологическим условиям годы, показал, что в содержании консервативных компонентов существенных различий не наблюдалось. Воды озер преимущественно относятся к гидрокарбонатному классу группы кальция. Однако в отдельных случаях катионы натрия и кальция доминировали над ионами кальция (табл. 1). Реакция воды в озерах и водотоках изменялась от слабокислой до слабощелочной (табл. 1). Кислая реакция среды объясняется наличием комплекса гуминовых кислот. Повышение рН до 7.8 наблюдалось в поверхностном слое центральной части озер 1 и 2, а также до 8.4 – в прибрежье озер 3 и 12. Это обусловлено тем, что в условиях хорошей прогреваемости воды и круглосуточного освещения наблюдалось интенсивное развитие выс-

шей водной растительности (арктофила, осока, рдест, водяная сосенка) и массовое развитие водорослей [2]. Ветровое перемешивание и фотосинтетическая деятельность высших водных растений и водорослей способствовали насыщению поверхностных вод кислородом (86-133 %).

В воде большинства озер отмечено обедненное содержание минерального фосфора (0.001-0.019 мг/дм<sup>3</sup>), железа (0.04-0.35 мг/дм<sup>3</sup>). Лишь в озере 1 со стороны заболоченного торфянистого берега зафиксирована концентрация железа, равная 1.05 мг/дм<sup>3</sup> (табл. 2). Содержание аммонийного азота также преимущественно было невысоким (0.04-0.67 мг/дм<sup>3</sup>). Водотоки, пересекая заболоченные территории, в большей степени обогащаются общим железом, концентрация которого составила пределы 0.27-1.21 мг/дм<sup>3</sup> (табл. 2). Концентрация аммонийного азота в воде водотоков изменялась также в широких пределах от 0.10 до 0.69 мг/дм<sup>3</sup>.

Известно, что общей особенностью северных вод является более или менее заметная окраска вод в желтоватые, желто-коричневые и бурые цвета, вследствие присутствия в водах гуминовых кислот – продуктов



Концентрация растворенных газов, главных ионов и минерализация воды в водоемах и водотоках Ванейвиского месторождения

Место отбора проб	Дата	Тем-пература, °С	pH	CO <sub>2</sub>	Кислород		Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	Na <sup>++</sup> +K <sup>+</sup>	Сумма ионов
					мг/дм <sup>3</sup>	% нас							
Озеро 1													
берег													
восточный	03.07.95	14.0	7.1	2.6	10.8	106	2.0	1.0	11.7	3.3	0.9	3.6	22.6
	24.07.97	8.0	6.7	33.4	12.0	101	3.5	0.2	2.4	2.6	0.8	6.2	15.7
западный	24.07.97	7.4	7.1	1.8	12.0	100	2.9	0.3	16.1	3.1	1.1	6.2	29.7
середина	05.07.95	11.5	7.8	1.3	10.3	94	2.0	1.5	12.7	3.4	0.9	2.7	23.3
	24.07.97	6.2	7.0	1.6	12.5	101	2.5	1.3	13.7	3.0	0.9	6.0	27.4
Озеро 2													
берег													
северный	19.07.97	21.2	7.4	1.8	10.3	111	2.2	1.0	17.8	3.0	1.0	3.9	28.9
южный	05.07.95	16.5	7.4	2.2	10.4	108	2.0	1.7	15.6	3.7	0.9	4.2	28.2
	19.07.97	19.4	7.7	0.9	10.5	115	2.2	1.1	17.8	4.1	0.9	4.3	30.4
середина	05.07.95	11.5	7.7	1.3	11.1	102	1.9	1.7	15.6	3.6	0.9	3.2	26.9
Озеро 3													
середина	04.07.95	14.6	7.1	1.8	10.2	101	1.3	1.9	9.0	2.1	0.7	3.1	18.1
Озеро 3													
берег													
северный	04.07.95	14.5	6.9	5.3	9.9	97	1.4	1.9	7.8	2.8	0.7	3.1	17.7
	19.07.97	17.6	8.2	0.7	11.1	117	2.1	0.6	16.1	2.4	0.7	4.3	26.2
южный	19.07.97	18.2	8.4	отс.	11.1	133	2.3	0.2	16.1	2.9	0.9	3.8	26.2
Озеро 5													
берег													
северный	09.07.95	19.8	6.8	2.6	9.2	102	1.9	1.5	54.7	16.1	1.1	2.9	78.2
	17.07.97	14.2	7.0	2.6	9.9	87	1.7	1.2	19.8	15.3	1.2	5.7	44.9
Озерко 12	09.07.95	20.6	8.2	отс.	9.5	107	1.3	0.6	68.6	17.2	1.1	8.3	97.0
	17.07.97	15.2	8.4	отс.	11.2	112	1.7	1.4	70.8	19.6	2.8	5.7	102.0
Озеро 7													
берег													
северный	11.07.95	14.5	7.1	3.5	10.4	102	6.7	0.6	13.9	4.3	1.2	5.9	32.6
	20.07.97	18.2	7.0	2.2	9.9	119	7.0	0.4	21.5	3.9	1.7	6.7	34.2
южный	20.07.97	20.2	6.9	3.7	9.6	107	8.3	0.4	22.4	6.7	1.6	7.1	46.5
Озеро 8													
берег													
восточный	11.07.95	14.5	7.1	2.6	10.4	102	2.8	0.8	19.3	5.3	1.1	3.1	32.4
западный	20.07.97	17.8	6.9	3.3	10.6	112	3.4	0.2	23.2	2.7	2.1	4.3	35.9
Озеро 11													
берег													
южный	22.07.97	7.8	6.7	5.3	11.2	94	2.4	1.7	2.0	2.2	0.6	1.5	10.4
северный	22.07.97	8.2	5.5	5.1	10.6	90	2.4	1.4	1.0	1.5	0.3	1.7	8.3
Озерко	22.07.97	9.2	7.3	4.9	11.2	97	7.5	2.2	52.7	68.3	14.2	12.5	157.4
р. Ортина-Росоха	22.07.97	7.8	8.1	3.9	11.8	99	1.7	0.3	100.0	42.8	6.7	5.6	157.1
	24.07.97	7.2	7.1	5.5	12.0	99	1.9	0.02	57.6	13.4	3.5	3.6	80.0
	06.07.95	17.5	7.2	5.3	10.0	106	1.4	1.5	38.6	9.8	2.1	4.2	57.6
	27.07.97	7.0	7.1	2.6	11.7	96	2.3	1.5	35.0	10.4	2.3	6.5	58.0
р. Ортина	13.07.95	15.0	7.1	4.4	10.6	105	2.3	0.4	35.4	7.9	1.9	4.6	52.5
	13.07.95	15.5	7.1	4.4	11.2	113	2.0	0.4	35.4	7.9	1.9	4.6	52.1
руч. Каин-Вож	08.07.95	17.5	7.1	7.0	10.0	106	1.4	0.4	50.0	11.5	2.4	4.0	69.7
	08.07.95	17.0	7.1	5.3	9.0	94	2.0	0.6	51.5	11.3	2.4	4.2	72.0
	18.07.97	14.6	7.3	6.2	10.2	101	2.5	3.6	71.0	1.8	4.3	7.0	90.2
	08.07.95	17.0	7.1	6.2	9.2	96	1.7	1.5	50.5	13.4	2.5	4.0	73.6
	17.07.97	12.3	7.4	5.3	9.2	86	2.2	6.1	67.1	39.7	3.7	5.3	124.1
руч. Ваней-Вис	13.07.95	15.0	6.5	6.6	9.5	95	2.8	0.4	18.3	3.3	0.9	3.5	29.2
	20.07.97	16.2	6.5	6.2	9.1	93	3.7	0.1	15.4	5.6	0.8	4.3	29.9

разложения остатков болотной растительности. Цветность воды в озерах была в пределах 8-155°, в водотоках она не превышала 63°. Интенсивность окраски определялась различной степенью заболоченности водосборов. Невысокая цветность воды наблюдалась в озерах с песчаным дном и врезанными задернованными берегами (озера 2 и 5), наибольшая – в озере 11, торфянистые берега которого заметно подмываются и обрушиваются. Перманганатная окисляемость, свидетельствующая о наличии растворенного органического вещества в озерах, составила 8.3-13.1 мг/дм<sup>3</sup>. Общее содержание органического вещества, определяемое по бихроматной окисляемости (ХПК), также из-

менялось в широких пределах, и в ряде озер была достаточно высокой (до 132.2 мг/дм<sup>3</sup>). Повышенные показатели бихроматной окисляемости зафиксированы в теплое лето 1995 г., в летний период 1997 г. с небольшим количеством осадков содержание органического вещества было ниже за счет меньшего поверхностного стока.

Не исключено, что помимо таких факторов, как массовое развитие и последующее разложение водорослей, привнос аллохтонного органического вещества ручьями (табл. 2), на повышении концентрации органического вещества сказало влияние, проведенной здесь 19 лет назад нефтеразведки. По другим показа-

Таблица 2

## Концентрация биогенных и органических веществ в воде водоемов и водотоков Ванейвиского месторождения

Место отбора проб	Дата	Цветность, град.	Окисляемость		БПК <sub>5</sub>	БПК <sub>20</sub>	НП	Фенолы	СПАВ	Fe <sub>общ</sub>	Р <sub>мин.</sub>	NH <sub>4</sub>
			ПО	ХПК								
мг/дм <sup>3</sup>												
Озеро 1												
берег												
восточный	03.07.95	15	9.8	18.4	3.3	4.0	0.38	0.010	0.06	1.05	0.004	0.59
	24.07.97	33	10.6	41.1	1.9	—	0.04	—	0.01	—	0.017	0.14
северный	05.07.95	18	9.6	19.5	2.6	3.3	0.71	0.011	0.11	0.31	—	0.39
	24.07.97	32	9.5	33.8	1.7	—	0.04	—	0.07	—	0.004	0.21
западный	24.07.97	45	11.0	37.7	1.7	—	0.05	—	—	—	0.010	0.43
Озеро 2												
берег												
северный	19.07.97	31	12.1	17.4	1.1	—	0.08	—	0.02	0.17	0.001	0.15
южный	05.07.95	19	9.7	74.6	6.4	4.2	0.49	0.013	0.05	0.22	—	0.18
	19.07.97	31	12.1	21.5	0.7	—	0.06	—	0.02	0.34	0.012	0.09
середина	05.07.95	8	9.3	35.2	4.0	—	0.33	0.016	0.04	0.13	0.004	0.32
Озеро 3												
берег												
северный	04.07.95	17	10.4	17.9	3.1	—	0.55	0.015	0.14	0.04	0.004	0.20
	19.07.97	31	11.1	32.9	1.9	—	0.05	—	0.03	0.30	0.015	0.18
южный	19.07.97	35	12.5	28.6	1.2	—	0.08	—	0.02	0.08	0.012	0.18
середина	04.07.95	15	10.3	94.6	3.4	—	0.62	0.027	0.07	—	—	0.10
Озеро 5												
берег												
северный	09.07.95	8	8.3	69.9	1.2	2.7	0.38	0.019	0.04	0.09	—	0.26
	17.07.97	19	13.1	20.0	0.4	—	0.05	—	0.01	0.09	0.003	0.04
Озерко 12	09.07.95	16	9.2	132.2	2.0	2.1	0.44	0.018	—	0.09	—	0.09
	17.07.97	31	11.4	27.8	3.2	—	0.02	—	0.005	0.12	0.004	0.22
Озеро 7												
берег												
северный	11.07.95	28	9.7	88.7	4.3	4.6	0.19	0.020	0.09	0.35	0.002	0.41
	20.07.97	45	9.6	22.9	3.0	—	0.05	—	0.02	0.11	0.019	0.14
южный	20.07.97	47	11.1	40.1	0.8	—	0.06	—	—	0.10	—	0.18
восточный	11.07.95	36	11.8	125.6	2.8	4.0	0.24	0.007	0.02	0.13	0.009	0.67
западный	20.07.97	44	10.2	53.3	2.1	—	0.02	—	0.003	0.10	0.013	0.11
Озеро 11												
берег												
южный	22.07.97	155	8.4	52.3	0.9	—	0.07	—	0.01	0.08	—	0.43
северный	22.07.97	123	8.8	70.0	0.4	—	0.66	—	0.01	—	0.016	0.34
Озерко (буровая 8)	22.07.97	34	13.1	18.1	1.4	—	0.07	—	0.04	—	0.004	—
р. Ортина-Росоха	22.07.97	29	13.9	20.8	1.1	—	0.11	—	0.04	0.17	0.010	0.18
	24.07.97	28	12.1	55.1	1.0	—	0.06	—	0.04	—	0.012	0.29
	06.07.95	37	10.2	38.1	0.5	2.6	0.40	0.012	0.07	0.44	0.005	0.18
	27.07.97	31	10.0	25.8	2.8	—	0.05	—	0.01	—	0.002	0.25
р. Ортина	13.07.95	34	10.7	27.4	2.8	—	0.19	0.015	—	1.21	0.060	0.52
	13.07.95	39	11.7	37.6	3.1	3.1	0.24	0.015	0.01	0.31	0.027	0.69
руч. Каин-Вож	08.07.95	30	9.9	88.5	2.1	2.8	0.34	0.024	0.05	0.65	0.002	0.50
	08.07.95	31	8.6	71.2	0.3	0.9	0.28	0.017	0.02	0.89	0.021	0.32
	18.07.97	34	11.9	12.0	—	—	0.07	—	0.01	—	0.011	0.05
	08.07.95	32	8.9	52.7	—	1.4	0.48	0.017	0.06	0.76	0.028	0.55
	17.07.97	31	12.9	12.4	—	—	0.07	—	0.03	0.27	0.016	0.10
руч. Ваней-Вис	13.07.95	43	11.6	111.2	2.0	—	0.19	0.014	0.07	0.45	0.023	0.62
	20.07.97	63	11.6	25.2	1.2	—	0.06	—	0.02	—	0.012	0.13

Примечание: НП – нефтепродукты, ПО – перманганатная и ХПК – бихроматная окисляемость. Прочерком обозначено отсутствие данных.

телям существенных изменений в химическом составе воды озер не наблюдалось, но следы антропогенного воздействия в виде бурых пятен — последствия старых разливов нефти, сохранились на берегах озер 2 и 7, а также в виде захламленности и загрязненности химреактивами — на территориях буровых. Дно водоемов, расположенных вблизи буровых, сильно заилено, при взмучивании подымается мелкодисперсная серая взвесь, а также появляется пленка с запахом нефти.

Одним из наиболее часто встречающихся компонентов, загрязняющих тундровые водоемы и водотоки, являются нефтепродукты, концентрация которых в 1995 г. составила 0.19-0.71 мг/дм<sup>3</sup>. В 1997 г. превышение предельно допустимых норм по нефтепродук-

там наблюдалась только в воде озера 11 — 0.66 мг/дм<sup>3</sup>, что составило 13.2 ПДК для рыбохозяйственных водоемов и 2.2 ПДК для санитарно-бытового водопользования. Здесь не исключено вымывание нефтепродуктов из загрязненных ранее почв и поступление их в поверхностные воды. Известно, что аккумуляция нефти и ее производных в суровых арктических условиях может сохраняться в почвах длительное время. При этом максимальной нефтеемкостью обладают торфяные почвы, а пески занимают в этом отношении второе место. Концентрация фенолов во всех исследуемых пробах превышала предельно допустимые пределы для рыбохозяйственных водоемов в 7-27 раз. Зависимость концентрации фенолов от содержания органического вещества не прослеживалась ни в озерах,

ни в реках. Превышение ПДК (в 3-7 раз) по синтетическим поверхностно-активным веществам наблюдается в озерах 1, 3 и 7.

Исследования показали что нефтеразведка, проведенная на территории Ванейвиского месторождения, не повлекла за собой серьезных изменений в химическом составе воды поверхностных вод. Однако в озерах, испытывающих непосредственную нагрузку от буровых скважин, наблюдалось повышение содержания органических веществ, в том числе нефтепродуктов и фенолов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гидрологическая изученность (Северный край). Т. 3. Л.: Гидрометеиздат, 1965. 610 с.

2. Стенина А.С., Хохлова Л.Г. Экологические последствия влияния нефтеразведки на водные экосистемы тундры // Антропогенное воздействие на природу Севера и его экологические последствия: Матер. науч. совещ. и выездной науч. сессии отд-ния океанологии, физики биосферы и географии РАН. Апатиты, 1998. С. 35-36.

3. Хохлова Л.Г. Гидрохимическая характеристика водных объектов побережья Баренцева моря // Некоторые подходы к организации экологического мониторинга в районах разведки, добычи и транспортировки нефти и газа. Сыктывкар, 1996. С. 98-111.

4. Хохлова Л.Г. Химический состав поверхностных вод // Структурно-функциональная организация фитоценозов на Крайнем Севере. Сыктывкар, 1994. С. 12-24. ❖



СООБЩЕНИЯ



КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА АЛЬГО-МИКОЛОГИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ ЛУГОВЫХ И ЛЕСНЫХ ПОЧВ



к.б.н. **Е. Даба**  
с.н.с. лаборатории  
биомониторинга

E-mail: ecolab@ib.komisc.ru,  
тел.: (8332) 37 02 77

Научные интересы:  
почвоведение, химия  
и минералогия почв



д.б.н. **Л. Домрачева**  
с.н.с. этой же лаборатории

Научные интересы:  
«цветение» почв,  
биоиндикация



к.б.н. **Г. Кантор**  
н.с. этой же лаборатории

Научные интересы:  
информационные системы  
в экологии, ГИС



д.т.н. **Т. Ашихмина**  
зав. этой же лабораторией

Научные интересы:  
экологический мониторинг,  
химическое загрязнение  
окружающей среды

В рамках фонового обследования территории в окрестностях объекта по хранению химического оружия (ОХХО) и строящегося объекта по уничтожению химического оружия (ОУХО) в Кировской области в 2004 г. изучалось состояние почв. В смешанных образцах, отобранных из верхних горизонтов почв на пробных площадках мониторинга (ППМ) согласно ГОСТ 28168-89 [2], определяли свойства почв и содержание подвижных форм тяжелых металлов по стандартным методикам [7], а также состав микробиоты. ППМ закладывали по концентрационным окружностям вокруг объекта (рис. 1). Территория, примыкающая к объекту, сильно нарушена. Почвы кислые и слабокислые. Содержание тяжелых металлов варьирует в широких пределах (см. таблицу). Наиболее «грязные» точки расположены вблизи ЛЭП (ППМ 15 и 17) и рядом с железной дорогой (ППМ 46). В них превышены средние фоновые концентрации цинка и свинца [9]. Но ни в одном из анализируемых образцов не обнаружено превыше-

ние ПДК по содержанию других тяжелых металлов.

Известно, что соотношение различных групп микроорганизмов в почве зависит от характера растительности и свойств почв. ППМ сгруппировали по типам растительности и почв. Березово-сосновые ассоциации представлены на ППМ 4, 46, 47, 49, присутствие ели в составе березово-сосновых древостоев отмечено на ППМ 8, 11, 12, 17, березняки распространены на ППМ 7 и 36. В составе луговой растительности преобладает полевица тонкая (ППМ 3), полевица гигантская и лютик едкий (ППМ 35), тимopheева луговая и ежа сборная (ППМ 37 и 54), на переувлажненной ППМ 15 – лабазник, вербейник и осоки. На лесных участках распространены подзолистые песчаные и супесчаные почвы, на луговых – дерново-подзолистые супесчаные, суглинистые и аллювиальные дерновые среднесуглинистые почвы, на участках с избыточным увлажнением – болотно-подзолистые и дерновые огленные почвы (см. таблицу). Постоянными компонентами всех типов почв являются водоросли и микромицеты. Опре-

деление численности и биомассы водорослей проводили прямым микроскопическим методом на мазках [4]. Одновременно на этих же мазках определяли длину грибного мицелия и его биомассу [8].

Альгофлора во всех типах почв в период исследования (июль 2004 г.) была представлена одноклеточными зелеными и диатомовыми водорослями. Доминантами, выявляемыми при прямом количественном микроскопическом учете, были представители тривиальных родов: *Chlorella*, *Chlorococcum*, *Chlamydomonas*, *Coccomyxa* (отдел *Chlorophyta*), а также *Pinnularia*, *Navicula*, *Hantzschia*, *Stauroneis* (отдел *Bacillariophyta*). Представители данных родов водорослей являются наиболее обычными и характерными для почв лесных биогеоценозов [1].

В болотно-подзолистых почвах, помимо перечисленных выше родов водорослей, встречается *Tetraedron sp.*, а клетки диатомей имеют размеры, характерные для водных форм. Например, пиннулария достигает в длину до 130 мкм, а в ширину до 30 мкм, что при-



водит к накоплению значительной биомассы диатомовых водорослей в данной почве (рис. 2А). Численность водорослей колебалась в широких пределах (рис. 2Б). При этом максимальный размах колебаний численности зеленых водорослей отмечен для подзолистых песчаных и супесчаных почв – от 27 до 820 тыс. клеток/г, т.е. в 30 раз. Значителен этот показатель (24 раза) в болотной и дерново-глеевой почве, и очень мал в дерново-подзолистой суглинистой и аллювиальной дерновой почве (2.6 раза). В последней почве отмечены минимальные показатели численности и биомассы зеленых водорослей (рис. 2А, Б). В целом биомасса зеленых водорослей незначительна, не превышает 50 кг/га, но при этом может играть существенную роль в питании почвенных беспозвоночных вследствие высокой скорости обновления [3].

Гораздо весомее вклад в биомассу фототрофов диатомовых водорослей. При численности 2.6 млн. клеток/г почвы их биомасса достигает 1.8 т/га. Максимальный размах амплитуды колебаний численности диатомей так же, как и у зеленых водорослей, наблюдается в подзолистых песчаных и супесчаных почвах (25 раз), значителен в дерново-подзоли-

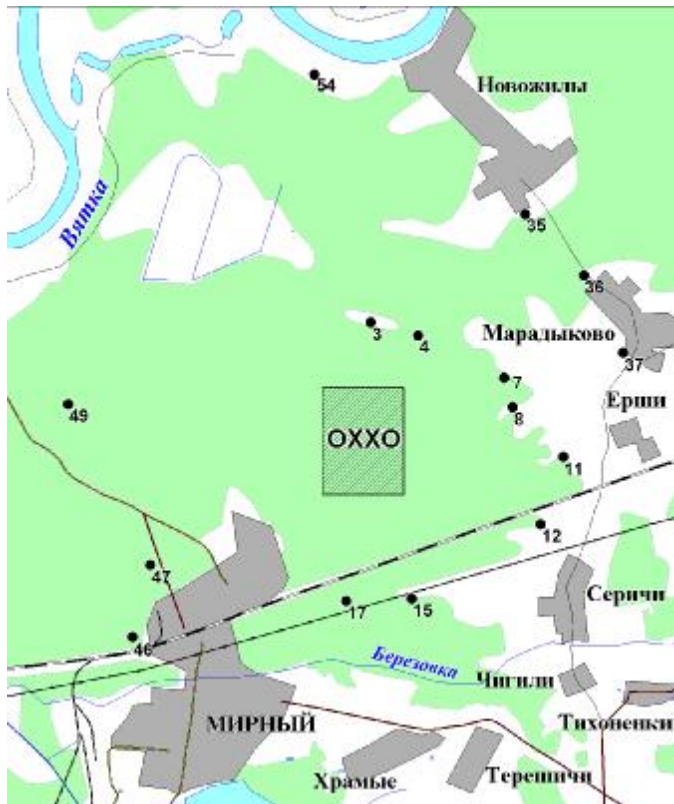


Рис. 1. Схема расположения точек отбора проб почв в окрестностях объекта по хранению химического оружия (здесь и далее – ОХХО).

стой супесчаной (21 раз) и невелик для дерново-подзолистой суглинистой и дерново-глеевой почвы – 3.3 и 5.3 соответственно. Именно за счет диатомей суммарные запасы водорослевой биомассы сопоставимы с грибными и даже могут превосходить их (рис. 2А, В).

В луговых фитоценозах на дерново-подзолистых почвах легкого гранулометрического состава характер разложения растительного опада существенно отличается. Доминантами гидролитических процессов являются миксобактерии и актиномицеты. Поэтому длина грибного

Однако трудно представить, насколько массовое развитие диатомовых водорослей стимулирует размножение микромицетов, так как отсутствуют данные о скорости их деструкции грибами. Скорей всего, минерализацию протопласта диатомей после гибели клеток, в первую очередь, производят не грибы, а бактерии. При этом сохраняется не разрушенным кремнеземный панцирь. О степени активности грибов можно судить по длине мицелия. Максимальной величины (до 930 м/г) этот показатель достигает в подзолистых почвах под лесными фитоценозами, грибная биомасса достигает 2.5 т/га (рис. 2В). Грибы, как ацидотолерантные микроорганизмы, легко размножаются при кислой реакции среды. За счет выделения экзоферментов микромицеты активно гидролизуют трудно разлагаемые компоненты опада хвойных пород (лигнин, ксиланы, целлюлозу).

**Содержание тяжелых металлов и мышьяка в почвах в районе размещения ОУХО (объекта по уничтожению химического оружия) в Кировской области**

Номер точки	Растительная ассоциация	Почва	Гранулометрический состав	рН	Zn	Pb	Cd	As вал., мг/кг	
					подвижные, мг/кг				
Лес									
8	Елово-сосновый березняк редкотравный	П <sub>2</sub> пВ	Песчаный	4.19	1.24	0.39	0.06	0.94	
11	Березово-елово-сосновый	То же	То же	5.47	0.56	0.75	0.03	0.81	
12	Березово-сосново-ельник черничник	» »	» »	5.25	0.49	0.62	0.02	1.57	
17	Березово-сосново-ельник черничник	» »	» »	4.36	5.86	3.25	0.08	1.09	
4	Березово-сосновый вейниково-зеленомошный	» »	» »	5.74	0.58	0.42	0.07	1.60	
46	Березово-сосновый брусничник	П <sub>1</sub> пВ	» »	4.20	5.71	1.21	0.08	3.78	
47	Березово-сосновый бруснично-плауновый	П <sub>2</sub> уВ	Супесчаный	4.85	0.82	1.12	0.05	1.58	
49	Сосново-березовый марьянниковый	То же	Песчаный	4.44	0.01	0.46	0.03	1.26	
7	Елово-сероольхово-березняк кисличник	П <sub>1</sub> пВ	То же	4.52	1.71	0.88	0.04	1.44	
36	Березняк мертвopoкpoвный	То же	» »	4.31	1.10	1.55	0.06	1.25	
Луг									
15	Лабазник+вербейник+осока лисья	Пб	Торф	5.90	3.06	0.88	0.35	0.87	
3	Полевица тонкая	П <sub>1</sub> дуВ	Супесчаный	5.62	2.59	0.66	0.04	1.61	
35	Лютик едкий+полевица гигантская	То же	То же	4.33	2.45	0.51	0.02	1.33	
37	Тимофеевка луговая+ежа сборная	П <sub>1</sub> уВ	» »	4.52	0.98	0.32	0.04	1.12	
54	Тимофеевка луговая+ежа сборная	АдсА	Среднесуглинистый	5.67	0.49	0.06	0.04	1.88	
ПДК						23.0	6.0	0.5	2.0

Примечание. П<sub>2</sub>пВ – среднеподзолистая песчаная на водноледниковых песках, П<sub>2</sub>уВ – среднеподзолистая супесчаная на водноледниковых песках, П<sub>1</sub>пВ – слабоподзолистая песчаная на водноледниковых песках, Пб – болотно-подзолистая, П<sub>1</sub>дуВ – дерново-слабоподзолистая супесчаная на водноледниковых песках, П<sub>1</sub>уВ – слабоподзолистая супесчаная на водноледниковых песках, АдсА – аллювиальная дерновая среднесуглинистая на аллювии [5].

Содержание подвижных форм Си и Сг составляет соответственно менее 0.09 и 0.1 мг/кг (ПДК 3.0 и 6.0).

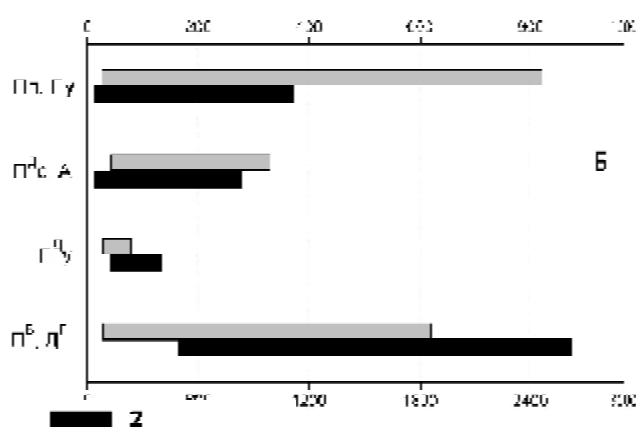
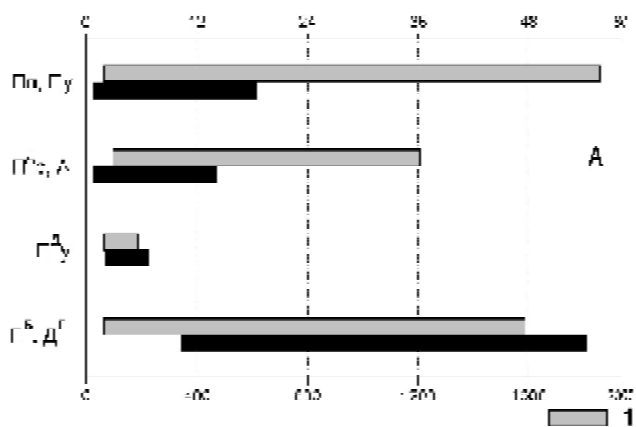


Рис. 2. Пределы колебаний биомассы (А; кг/га) и численности (Б; тыс. клеток/г) зеленых (1; *верхняя горизонталь*) и диатомовых (2; *нижняя горизонталь*) водорослей и грибной биомассы (3; т/га; *верхняя горизонталь*) и длины (4; м/г; *нижняя горизонталь*) мицелия (В) в подзолистых песчаных (Пп), подзолистых супесчаных (Пу), дерново-подзолистых среднесуглинистых (ППс), аллювиальных (А), дерново-подзолистых супесчаных (ППу), болотно-подзолистых (ПБ) и дерновых оглеенных (ДГ) почвах (по вертикали) в окрестностях ОХХО.

мицелия значительно короче. В болотно-подзолистой и дерново-глеевой почвах также наблюдается замедленное развитие грибов. В данных почвах длина грибного мицелия не превышает 300 м/г, а минимальные показатели – 29-53 м/г почвы (рис. 2В). Различия в запасах грибной биомассы были существенны по типам почвы, но в пределах одного типа амплитуда колебаний значений биомассы была не столь велика, как у водорослей, и лежала в пределах 5.2-6.8 раз, тогда как для водорослей этот показатель был 25-30 раз.

Вероятно, грибная флора является более стабильным и консервативным компонентом почвенной микробиоты, чем альгофлора. Ответные реакции грибной биомассы на изменение экологических условий более замедленные, чем у водорослей. Так, временной интервал резкого изменения биомассы водорослей в несколько раз при изменении погодных условий или под влиянием антропогенных факторов может составлять всего сутки [3]. В то же время значительные изменения грибной биомассы в сто-

рону нарастания мицелия или его уменьшения за счет лизиса и перехода к спорообразованию наблюдаются лишь через несколько месяцев после воздействия [6].

Таким образом, выявление в исследованных почвах значительных запасов микробной биомассы (до нескольких тонн на 1 га) позволяет считать, что альго-микологические комплексы играют существенную роль в процессах биотической саморегуляции почв.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алексахина Т.И., Штина Э.А. Почвенные водоросли лесных биогеоценозов. М.: Наука, 1984. 149 с.
2. ГОСТ 28168-89. Почвы. Отбор проб.
3. Домрачева Л.И. «Цветение» почвы в агроэкосистемах и закономерности его развития: Автореф. дис. ... докт. биол. наук. М., 1998. 46 с.
4. Домрачева Л.И., Лебедева О.Н., Кожевин П.А. Особенности альго-бакте-

риальных комплексов при «цветении» почвы // Вестн. МГУ. Сер. Почвоведение, 1986. № 3. С. 38-45.

5. Классификация почв СССР. М., 1977.

6. Марфенина О.Е. Микологический мониторинг почв: возможности и перспективы // Почвоведение, 1994. № 1. С. 75-80.

7. ПНД Ф 16.1.9-98. Методы выполнения измерений массовых концентраций кислоторастворимых, водорастворимых и подвижных форм металлов (хром, ртуть, марганец, кобальт, никель, медь, свинец, цинк) в пробах почвы.

8. Полянская Л.М. Микробная сукцессия в почве: Автореф. дис. ... докт. биол. наук. М., 1996. 96 с.

9. Шихова Л.Н., Егюшина Т.Л. Тяжелые металлы в почвах и растениях таежной зоны северо-востока европейской России. Киров, 2004. 264 с.

К ФАУНЕ ВОДНЫХ КЛОПОВ (НЕТЕРОПТЕРА) РЕСПУБЛИКИ КОМИ



асп. А. Зиновьева  
лаборатории беспозвоночных животных.  
E-mail: zinovjeva@ib.komisc.ru, тел.: (8212) 43 19 69

Научные интересы: энтомология

Водные полужесткокрылые имеют важное значение как в жизни человека, так и для природы в целом. Хищные виды клопов при массовом размножении могут наносить значительный ущерб рыбному хозяйству, истребляя икру и рыбную молодь, а также поедая корм многих промысловых рыб. В то же время нельзя забывать о том, что полужесткокрылые играют большую роль в продуктивности пресноводных водоемов, служа пищей

многим его обитателям, так или иначе, становясь звеном в цепи питания. Целенаправленных исследований гемиптерофауны водных полужесткокрылых на территории Республики Коми не проводилось. Первое упоминание о нахождении восьми водных видов клопов на территории Коми приводится в сводке [3]. В 1970 г. И.М. Кержнер и К.Ф. Седых опубликовали материал о фауне полужесткокрылых (Heteroptera) Южного Тимана, где было отмечено 14 водных видов

[1]. В последней обобщающей работе К. Ф. Седых [4] для Республики Коми указывает 17 видов клопов, обитающих в реках и водоемах. В 1987 г. сотрудниками кафедры зоологии Сыктывкарского государственного университета в методическом указании к учебной практике по зоологии студентов-биологов I курса приводятся списки беспозвоночных животных окрестностей биостанции СыктГУ, расположенной на правом берегу реки Вычегды, где обнаружено восемь видов клопов из четырех семейств [5].

Целью работы является изучение фауны и экологии водных клопов Республики Коми. Перед нами были поставлены следующие задачи: определить видовой состав водных полужесткокрылых; проследить распространение видов по территории республики; установить пищевую специализацию клопов.

Материалом для данной работы послужили полевые сборы на биостанции СыктГУ (2001 г.), в горной части Печоро-Илычского государственного биосферного заповедника, хребет Яныпупунер (2002 г.), в окрестностях пос. Кажим (р. Кажим) Койгородского района (2004 г.) и сел Объячево (р. Луза) и Гурьевка (р. Летка) Прилузского района (2005 г.) Республики Коми, а также анализ имеющихся данных литературы. Для сбора клопов применялся водный сачок, которым проводили по дну водоема, захватывая с него верхний слой ила, зачерпывая водные растения и воду на различном уровне. Также использовались ловушки Барбера [6], для этого брали стаканчики одинакового размера и вкапывали таким образом, чтобы их края находились вровень с поверхностью почвы. В стаканчики наливали воду с небольшим количеством соли. Ловушки устанавливали по берегам рек и водоемов. Определение и классификация видов дана по определителю насекомых европейской части СССР [2].

В результате проведенных нами исследований на территории Республики Коми обнаружено 26 видов водных клопов из 11 родов, относящихся к семи семействам. Основную долю гемиптерофауны водных полужесткокрылых составляют гребляки (Corixidae) и водомерки (Gerridae), включающие 11 и 7 видов соответственно, гладыши (Notonectidae), палочковидные водомерки (Hydrometridae) и велии (Veliidae) – по два вида, плавты (Naucoridae) и водяные скорпионы (Nepidae) – по одному виду.

**Семейство Corixidae – гребляки** предпочитают хорошо прогреваемые водоемы со стоячей водой, являются придонными обитателями, активно поднимающиеся к поверхности воды. Зимуют в водоемах. Большинство видов хорошо летают. Представителям этого семейства характерен смешанный тип питания. Наряду с водорослями они могут употреблять в пищу мелких беспозвоночных животных, истреблять личинок комаров, в то же время кориксиды являются кормом для рыб. В мировой фауне известно 600 видов. В Коми обычны и многочисленны.

Род *Corixa* Geoffr.

исключительно голарктический род, включающий 40 видов, на территории бывшего СССР 10 видов.

Подрод *Hesperocorixa* Kirk

*Corixa sahlbergi* Fieb.

Сборы: Печоро-Илычский заповедник (Зиновьева, 2002), озеро Донты (Седых, 1974).

Распространение: в Сибири, Европе, на юге реже.

Корикса зубчатоногая – *Corixa dentipes* Thoms.

Сборы: озеро Пезмогты, малые озера поймы р. Вычегда (Список видов ..., 1987).

Распространение: лесная зона, реже на юге, Крым, северный Кавказ, Сибирь, северная и средняя Европа, Турция.

## ЮБИЛЕЙ

**Евдокия Изосимовна Пономарева** родилась в селе Дон Усть-Куломского района в семье крестьянина. В 1960 г. окончила Коми государственный педагогический институт и в течение двух лет преподавала в сельской школе биологию и химию. На работу в Институт биологии была принята в год его создания, в 1962 г.

В Институте биологии Евдокия Изосимовна проработала 30 лет в лаборатории химии и физики почв. За этот период ею выполнены тысячи химических анализов почвенных и растительных образцов. От лаборанта она выросла в высококвалифицированного инженера аналитической химии. Совместно с сотрудниками лаборатории участвовала в исследовательской работе по совершенствованию ряда методических руководств, что, несомненно, укрепляло аналитическую базу института. Результаты этих поисковых работ были опубликованы.

Евдокия Изосимовна постоянно вела общественную работу, неоднократно избиралась в институтский профсоюзный комитет. Ей, спортивной по натуре, особенно удавалась организация спортивных форм коллективного отдыха в лаборатории.

Евдокию Изосимовну знают как очень доброго заботливого человека, чутко реагирующего на возникающие те или иные жизненные трудности в коллективе, всегда готового помочь. Это прекрасное качество у нее с годами все более возрастает!

*Дорогая Евдокия Изосимовна!*

*Мы благодарны Вам за Ваш самоотверженный труд, за доброту Вашу!*

*Коллектив Института биологии, родной отдел почвоведения сердечно поздравляют Вас со знаменательной датой в Вашей жизни – 70-летием!*

*Горячо желаем Вам, Вашим детям и внукам здоровья, счастья, добра, благополучия.*





## ЮБИЛЕЙ

Думаю, что все, кто хоть немного знает Анну Викторовну Ластовку — замечательного, чуткого и внимательного человека — поздравили ее со знаменательной датой — 85-летием со дня рождения.

Нет, она не крупный ученый и не сделала в своей жизни научных открытий. Анна Викторовна работала в Институте биологии в течение пяти лет дежурной бюро пропусков. Но вся ее трудовая биография заставляет относиться к ней с уважением и большим почтением.

Детство в коми селе, учеба в школе, а затем в Коми государственном пединституте и многолетняя работа учителем — ступени ее биографии. Сколько же детей вырастила, выучила, воспитала Анна Викторовна за свою жизнь? Тяжелый, но благодарный учительский труд ее отмечен многочисленными почетными грамотами, в том числе и ЦК ВЛКСМ. Анна Викторовна награждена медалью «За доблестный труд в Великой Отечественной войне 1941-1945 гг.».

В Институте биологии Анна Викторовна работала в таком возрасте, когда большинство людей выбирает личный покой. Однако беспокойный характер не позволил ей вести пассивную жизнь. И сейчас, в возрасте 85 лет, ее можно встретить зимой — на лыжне, летом — в бассейне. Это ли не пример долголетия для всех нас, пожилых и молодых!

За свою жизнь она научилась бороться и преодолевать личные невзгоды и приходить на помощь тем, кто нуждается в поддержке и добром слове. Я преклоняюсь перед этой по-матерински заботливой, доброй, ласковой женщиной, гостеприимной хозяйкой, от всей души желаю крепкого здоровья, любви родных и близких, побольше радости и долгих лет жизни!

Председатель Совета ветеранов Коми НЦ УрО РАН **В.В. Юхнин**

Род *Sigara* F.

Известно около 25 видов

Подрод *Arctocorisa* Wall.

*Sigara carinata* C. Sahlb.

Сборы: Полярный Урал (Седых, 1974)

Распространение: бореально-альпийский вид, северная Сибирь, северная Европа, горы средней и южной Европы, Монголия.

Подрод *Callicorixa* V. White.

*Sigara praeusta* Fieb.

Сборы: озеро Донты и озера нижней Сысолы (Зверева, Остроумов, 1953); Вильгорт, Ухтинский и Троицко-Печорский районы, г. Печора, Полярный Урал (Седых, 1974); биостанция СыктГУ (Зиновьева, 2001).

Распространение: на юге встречается реже, Сибирь, северная и средняя Европа.

Подрод *Retrocorixa* Walt.

*Sigara semistriata* Fieb.

Сборы: Ухта (Седых, 1974).

Распространение: лесная и лесостепная зоны, Сибирь; почти вся Европа, Алжир.

*Sigara limitata* Fieb.

Сборы: старица в пойме р. Луза (Зиновьева, 2005)

Распространение: всюду, кроме севера, Сибирь; Европа, Малая Азия.

Подрод *Sigara* F.

*Sigara striata* L.

Сборы: озеро Донты и озера Нижней Сысолы (Зверева, Остроумов, 1957); Ухта (Седых, 1974).

Распространение: Сибирь, Европа, Алжир, Малая Азия.

*Sigara distincta* Fieb.

Сборы: Ухта (Седых, 1974)

Распространение: почти всюду, Сибирь; вся Европа.

Корикса длиннопалая — *Sigara longipalis* J. Sahlb.

Сборы: курьи, малые озера поймы р. Вычегда, озеро Пезмогты (Список видов..., 1987).

Распространение: северо-западная, восточная и юго-восточная Сибирь; северная и средняя Европа.

Род *Cumatia* Fl.

Известно менее 10 видов, на территории бывшего СССР 3 вида.

*Cumatia bonsdorffi* C. Sahlb.

Сборы: Ухта, Косью (Седых, 1974).

Распространение: лесная зона, Сибирь; Западная Европа.

Циматия жукообразная — *Cumatia coleoprata* F.

Сборы: озеро Пезмогты (Список видов..., 1987); озеро в пойме р. Луза (Зиновьева, 2005).

Распространение: Сибирь; вся Европа, Алжир

**Семейство Naucoridae** — **плавты** округлые, зеленовато-желтые, 12-15 мм, средние и задние ноги веслообразные, снабжены плавательными волосками. Известно около 200 видов, главным образом тропических, для территории бывшего СССР указан 1 вид.

Род *Ilyocoris* Stel

Плавт — *Ilyocoris cimicoides* L.

Сборы: озеро Донты и озера Нижней Сысолы (Зверева, Остроумов, 1953).

Распространение: значительная часть Палеарктики, отсутствует на крайнем севере.

Экология: Лимнофильный плавт встречается в стоячих, заросших растительностью водоемах, однако на зимовку выбирается на сушу. Хищник, питается мальками рыб и крупными беспозвоночными.

**Семейство Notonectidae** — **гладыши** довольно крупные виды, обитающие и зимующие в водоемах. Около 200 видов, большинство которых тропические, на территории бывшего СССР 7 видов.

Подсемейство Notonectinae.

Род Notonecta L.

Гладыш обыкновенный – *Notonecta glauca* L.

Сборы: озеро Донты и озера нижней Сысолы (Зверева, Остроумов, 1953); Ухта, бассейн Вычегды (Седых, 1974); малые озера поймы р. Вычегда (Список видов..., 1987; Зиновьева, 2001); карьер в окрестностях пос. Кажим (Зиновьева, 2004); старица в пойме р. Летка (Зиновьева, 2005).

Распространение: всюду, кроме крайнего севера, значительная часть Палеарктики.

Экология: гладыши заселяют стоячие или медленно текущие воды. Хищники, нападают на мальков рыб, тем самым, нанося вред рыбному хозяйству. Случайный укол человеку очень болезнен, за что клоп получил название «водяная оса». Встречаются по всей республике.

Гладыш желтый – *Notonecta lutea* Müll.

Сборы: курьи, малые озера поймы р. Вычегда, озеро Пезмогты (Список видов..., 1987; Зиновьева, 2001); карьер в окрестностях пос. Кажим (Зиновьева, 2004).

Распространение: лесная зона, на востоке доходит до Прибайкалья; северная и средняя Европа.

**Семейство Nepidae – водяные скорпионы** около 150 видов, в большинстве тропических, в европейской части территории бывшего СССР 2 вида.

Подсемейство Nepinae

Род Nera L.

Водяной скорпион – *Nepa cinerea* L.

Сборы: озеро Донты и озера нижней Сысолы (Зверева, Остроумов, 1953); озера Сысолы и Донты (Седых, 1974); курьи, малые озера поймы р. Вычегда, озеро Пезмогты (Список видов..., 1987); р. Кажим (Зиновьева, 2004); р. Летка (Зиновьева, 2005).

Распространение: всюду, Сибирь; Европа.

Экология: придонный обитатель водоемов и рек с небыстрым течением. Плохо плавающая, насекомое, зачастую передвигается по дну или цепляется за водоросли и другие водные растения. Хищник. Для человека укол хоботка чувствителен.

**Семейство Hydrometridae – палочковидные водомерки**

На территории бывшего СССР 2 вида.

Род Hydrometra Latr.

*Hydrometra stagnorum* L.

Сборы: временный водоем, озеро в пойме р. Луза (Зиновьева, 2005).

Распространение: запад, юг, Кавказ, Сибирь, средняя Азия; Европа, на севере реже, Средиземноморье.

*Hydrometra gracilentata* Notv.

Сборы: временный водоем, озеро в пойме р. Луза (Зиновьева, 2005).

Распространение: всюду, кроме Крайнего Севера, Сибирь; Европа.

**Семейство Veliidae – велии**

Около 200 видов, главным образом тропических, в европейской части территории бывшего СССР 7 видов.

Род Microvelia Westw.

*Microvelia reticulata* Burm.

Сборы: окрестности пос. Кажим (Зиновьева, 2004); старица в пойме р. Луза (Зиновьева, 2005).

Распространение: европейская часть, Закавказье, очень редок в Сибири. Дальний Восток; почти вся Европа.

Экология: живут на поверхности спокойных рек, озер и луж, или по их берегам на влажной почве, камнях. Встречаются также на плавающих листьях водных растений, нами был обнаружен в неглубокой луже заросшей ряской. Несмотря на свои небольшие размеры тела (1.4-1.8 мм) этот клоп по характеру питания – хищник. Встречается в южных районах республики.

*Microvelia umbricola* Wrobl.

Сборы: временный водоем в пойме р. Луза (Зиновьева, 2005).

Распространение: Ленинградская и Горьковская области, юго-запад, редок в Казахстане, обычен в Сибири и на Дальнем Востоке; западная и средняя Европа.

**Семейство Gerridae – водомерки**

Реофильные водомерки обитатели поверхности самых разнообразных водоемов, начиная временными лужами и ручейками, и заканчивая крупными озерами и реками с быстрым течением. Скользят по поверхности воды на средних и задних ногах, передние ноги используют для удержания добычи. Хищники, приносят своеобразную пользу человеку, истребляя комаров в момент их вылета из куколок. Встречаются повсеместно. Около 300 видов, большая часть которых тропические, есть океанические виды, в европейской части территории бывшего СССР 11 видов.

Род Limnporus Stel 1868

Рыжая водомерка – *Limnporus rufoscutellatus* Latr.

Сборы: Ухта (Седых, 1974); озеро Пезмогты, биостанция СыктГУ (Список видов ..., 1987; Зиновьева, 2001); Печоро-Ильчский заповедник (Зиновьева, 2002); окрестности пос. Кажим (Зиновьева, 2004), озеро в пойме р. Лузы (Зиновьева, 2005)

Распространение: почти всюду, значительная часть Палеарктической области.

Род Gerris F.

Подрод Aquarius Schell.

Болотная водомерка – *Gerris paludum* F.

Сборы: озера бассейна р. Уса (Попова, Соловкина, 1957), озеро Кузьты (Седых, 1974); окрестности пос. Кажим (Зиновьева, 2004).

Распространение: почти всюду, значительная часть Палеарктики.

Экология: предпочитает водоемы озерного типа.

Темная водомерка – *Gerris najas* Deg.

Сборы: на реках Ухта, Седью (Седых, 1974).

Распространение: почти вся Европа, Средиземноморье.

Подрод Gerris F.

*Gerris lateralis* Schumm.

Сборы: Корткерос, Ухтинский район, Сейда, Полярный Урал (Седых, 1974).

Распространение: северная и лесная зона; северная и средняя Европа.

*Gerris odontogaster* Zett.

Сборы: Ухтинский район, Полярный Урал (Седых, 1974); русло р. Вычегда, курьи, малые озера поймы, озеро Пезмогты (Список видов..., 1987); Печоро-Ильчский заповедник (Зиновьева, 2002); окрестности пос. Кажим (Зиновьева, 2004); старица в пойме р. Летки, озеро в пойме р. Луза, р. Большая Визинга (Зиновьева, 2005).

Распространение: почти всюду, но на юге реже, Сибирь; северная и средняя Европа

Прудовая водомерка – *Gerris lacustris* L.

Сборы: Вильгорт, Ухта (Седых, 1974); Печоро-Ильчский заповедник (Зиновьева, 2002); окрестности пос. Кажим (Зиновьева, 2004); р. Нюршор, р. Большая Визинга, старица в пойме р. Луза (Зиновьева, 2005).

Распространение: почти всюду, Сибирь; почти вся Европа, Средиземноморье.

Серебристая водомерка – *Gerris argentatus* Schumm.

Сборы: Вильгорт, Усть-Кулом, Озелты, Ухта, Полярный Урал (Седых, 1974); окрестности пос. Кажим (Зиновьева, 2004).

Распространение: почти всюду, Сибирь; почти вся Европа, Средиземноморье, Монголия.

В заключение следует сказать, что список водных полужесткокрылых в процессе дальнейших исследований, несомненно, будет пополняться.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Кержнер И.М., Седых К.Ф. К фауне полужесткокрылых (Heteroptera) Южного Тимана // Энтомологическое обозрение, 1970. Т. 2, вып. 3. С. 95-100.
2. Кержнер И.М., Ячевский Т.Л. Определитель насекомых европейской части СССР. М., 1964. Т. 1. 659 с.
3. Производительные силы Коми АССР. М., 1953. Т. 3. 243 с.
4. Седых К.Ф. Животный мир Коми АССР. Беспозвоночные. Сыктывкар. 1974. 188 с.
5. Список видов беспозвоночных животных биостанции СыктГУ и ее окрестностей / О.В. Петров, Э.И. Попова, Е.А. Новикова и др. Сыктывкар, 1987. 24 с.
6. Barber H. Traps for cave-inhabiting insect // Elisha Mitchel Sci. Soc., 1931. P. 256-259.



### ИСПОЛЬЗОВАНИЕ *PLEUROZIUM SCHREBERI* (BRID.) MITT. В КАЧЕСТВЕ БИОИНДИКАТОРА ПРИ МОНИТОРИНГОВЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ

д.б.н. Г. Железнова

в.н.с. лаборатории геоботаники и сравнительной флористики  
E-mail: zheleznova@ib.komisc.ru  
тел.: (8212) 24 50 12

Научные интересы: бриология, включая экологию, географию, систематику; редкие и охраняемые виды

к.б.н. Т. Шубина

с.н.с. лаборатории геоботаники и сравнительной флористики  
E-mail: tshubina@ib.komisc.ru  
тел.: (8212) 24 50 12

Научные интересы: флора листоватых мхов, редкие и охраняемые виды



Характерной особенностью таежных лесов Республики Коми является наличие хорошо развитого мощного мохового яруса. Большинство видов мхов являются многолетними растениями с почти круглогодичным циклом развития. Мхи, аккумулируя минеральные вещества из окружающей среды, в том числе и тяжелые металлы, способны расти на загрязненных субстратах, выдерживая при этом токсическое влияние поллютантов. Эти свойства позволяют успешно использовать многие виды мхов для оценки степени загрязнения экосистем. При проведении мониторинговых исследований следует использовать те виды мохообразных, которые являются доминантами напочвенного покрова и легко диагностируются в полевых условиях. В северотаежных лесных сообществах к таким широко распространенным видам листоватых мхов относятся *Pleurozium schreberi*

В настоящем сообщении приводятся данные о содержании меди, свинца, цинка, марганца, кадмия, никеля, железа и алюминия в образцах *Pleurozium schreberi*, собранных на постоянных мониторинговых площадках (ПМП) в районах добычи нефти (12 ПМП) и бокситовой руды (14 ПМП) на территории Республики Коми. ПМП были заложены в 2000 г. вдоль профиля по розе ветров на разном удалении от источников загрязнения в лесных сообществах, характерных для подзоны северной тайги: сосновых кустарничково-сфагновых, а также в еловых и березово-еловых кустарничко-

во-зеленомошных лесах. Количественный химический анализ выполнен инженерной группой экоаналитической лаборатории «Экоаналит» Института биологии Коми НЦ УрО РАН.

Содержание меди в образцах *Pleurozium schreberi*, собранных на ПМП, расположенных вблизи объектов нефтедобычи и разработок бокситов, колеблется от 2.5 до 7.2 мг/кг, что превышает в 1.5-4.3 раза средние значения этого показателя для горного региона Татр [3], в 1.5 раза – подзоны средней тайги европейского северо-востока России, но находится в тех же пределах, что и в районах северной тайги Архангельской области, подверженных аэротехногенному загрязнению [2]. Приведенные величины соответствуют показателям нормальной концентрации меди в растительных образцах, которые составляют 3-40 мг/кг [2].

Накопление свинца в образцах более интенсивно происходит на ПМП района нефтедобычи (до 9.3 мг/кг). На ПМП бокситового рудника концентрация свинца доходит до 8.6 мг/кг. Полученные нами значения содержания свинца не выходят за пределы его максимальных (10 мг/кг) концентраций [1]. Фоновая концентрация свинца в образцах *Pleurozium schreberi* для северной тайги ниже и составляет 0.56-2.0 мг/кг.

Наибольшие концентрации цинка (83 мг/кг) обнаружены на ПМП, заложенных в районе добычи бокситовой руды. Колебания содержания цинка в образцах

*Pleurozium schreberi* на ПМП нефтеразработок составляют 23-62 мг/кг. Все полученные показатели вполне согласуются с данными по нормальному содержанию цинка в растениях (по С. Мэлстэду [1] это составляет 15-150 мг/кг).

Содержание марганца в образцах *Pleurozium schreberi*, собранных на ПМП, прилегающих к северному (1300 мг/кг) и южному (990 мг/кг) концам шихтовального склада бокситового рудника, в целом выше, чем в пробах с ПМП, расположенных рядом с нефтяными скважинами (от 250-870 мг/кг). Почти на всех площадках концентрация марганца в напочвенных мхах выше его предположительного максимального значения (по исследованию С. Мэлстэда оно составляет 300 мг/кг) для растений.

Полученные максимальные значения концентрации никеля (от 8.2 на ПМП бокситового рудника до 10.2 мг/кг на ПМП нефтедобычи) оказались выше максимального показателя содержания никеля в растениях (согласно С. Мэлстэду – 3 мг/кг).

Содержание железа в *Pleurozium schreberi* на исследованных площадках варьирует незначительно: на ПМП, расположенных в непосредственной близости от бокситовых разработок, отмечено 190-4300 мг/кг; на ПМП нефтяных разработок – 170-4000 мг/кг. Наивысшие показатели содержания железа во мхах превышают предположительно максимальное содержание железа в растениях в среднем более чем в 5 раз.

Концентрация алюминия в *Pleurozium schreberi* определялась только в пробах, отобранных на бокситовом руднике. Наиболее интенсивно накопление алюминия происходит на ПМП, заложенных рядом с шихтовальным складом (от 1150 до 4780 мг/кг), а также вблизи железнодорожной станции (3784 мг/кг), где производится погрузка бокситовой руды в вагоны.

На ПМП нефтяных разработок было выявлено содержание кадмия в *Pleurozium schreberi*, значения которого составляют 0.026 до 0.19 мг/кг, что не превышает его нормальной концентрации (0.05-0.2 мг/кг) в растениях.

Сравнение полученных данных химического анализа показывает, что наибольшие концентрации большинства металлов отмечены в образцах *Pleurozium schreberi*, собранных на площадках, расположенных рядом с промышленными объектами. На перечисленных ПМП наблюдается загрязнение напочвенного покрова алюминием, железом, марганцем, никелем, свинцом. Однако за три года наблюдений не выявлено заметного токсического влияния поллютантов на общее проективное покрытие мхов, а также на их видовой состав. Приведенные значения содержания металлов послужат отправной точкой для последующих мониторинговых исследований.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Ильин В.Б. Тяжелые металлы в системе почва-растение. Новосибирск, 1991. 151 с.
2. Надеин А.Ф., Тарханов С.Н., Лобанова О.А. Сравнительная характеристика эпифитных лишайников и мхов как биоиндикаторов аэротехногенного загрязнения // Экология северных территорий России. Проблемы, прогноз ситуации, пути развития, решения: Матер. междунар. конф. Архангельск, 2002. С. 699-703.
3. Soltes R. Heavy metal concentrations in the mosses of the Tatra Mountains (Czecho-Slovakia): Multivariate analysis // Oecologia Montana, 1992. № 1. P. 31-36.



### МЕХАНИЗМ ОБРАЗОВАНИЯ ХЛОРИРОВАННЫХ ФЕНОЛОВ В ПИТЬЕВОЙ ВОДЕ

к.х.н. **И. Груздев**  
с.н.с. экоаналитической лаборатории  
Института биологии  
e-mail: [gruzdev@ib.komisc.ru](mailto:gruzdev@ib.komisc.ru)  
Тел.: (8212) 24 50 12

**Д. Ладанов**  
студент IV курса химико-биологического  
факультета СГУ

Научные интересы: *аналитическая химия органических соединений, хроматографические методы анализа объектов окружающей среды*

Соединения фенольного ряда – одни из наиболее распространенных органических веществ загрязняющих различные объекты гидросферы. Присутствие в воде фенольных соединений существенно ухудшает вкусовые качества и запах воды. Фенол по вкусу и запаху обнаруживается в питьевой воде при концентрациях 50-100 мкг/дм<sup>3</sup>. При обеззараживании воды активным хлором этот эффект значительно усиливается, поэтому хлорфенолы по органолептическим требованиям, предъявляемым к качеству питьевой воды, не должны присутствовать в концентрациях выше 0.1-1.0 мкг/дм<sup>3</sup> [1]. Особая опасность состоит в том, что хлорфенолы являются прямыми предшественниками диоксинов, которые могут образовываться в реальных условиях водопроводной сети, а также на последующих стадиях использования воды [2]. В питьевую воду фенол и хлорфенолы могут попадать со сточными водами предприятий нефтехимической промышленности, органического синтеза и других отраслей, где их получают либо используют в качестве основных или промежуточных продуктов [3].

Однако задача обеспечения качественной питьевой водой населения актуальна не только для промышленно развитых регионов, но и для районов, где антропогенное влияние на водоисточники практически отсутствует. Так, речные воды северного региона, применяемые для водоподготовки, имеют высокую цветность, значение которой по платиново-кобальтовой шкале варьирует в диапазоне 50-400 градусов. Высокая цветность вод обусловлена гумусовыми веществами, поступающими в водные экосистемы из торфяников и болот. Одними из конечных продуктов биохимической и гидролитической трансформации гумусовых веществ являются фенольные соединения, поэтому природные воды всегда содержат фенол и его производные (рис. 1). Обладая высоким средством к гало-

генам фенолы легко хлорируются молекулярным хлором в обычных условиях, образуя различные хлорпроизводные [4]. Так, основным источником поступления хлорфенолов в питьевую воду считается прямое хлорирование фенола, происходящее на стадии дезинфекции питьевой воды активным хлором [5]. Цель данной работы состояла в выявлении механизма образования хлорфенолов в питьевой воде и оценке качественного и количественного состава образующихся хлорпроизводных фенола.

По нашим данным, исходная речная вода (р. Вычегда), как правило, содержит фенол в концентрации от 5 до 15 мкг/дм<sup>3</sup>. Необходимая доза хлора для дезинфекции определяется экспериментально по кривой хлоропоглощаемости воды и обычно не превышает 3 мг/дм<sup>3</sup> при времени контакта воды и хлора 30 мин [6]. Нами было проведено хлорирование фенола в модельных растворах, приготовленных на основе дистиллированной воды в сходных условиях – концентрация фенола составляла 10 мкг/дм<sup>3</sup>, молекулярного хлора 3 мг/дм<sup>3</sup>, время контакта 30 мин. Показано, что в данных условиях хлорфенолы не образуются или содержатся в концентрациях не превышающих предела обнаружения методики (< 0.05 мкг/дм<sup>3</sup>) [7]. Получить хлорпроизводные фенола на уровне 1-5 мкг/дм<sup>3</sup> удается только при увеличении концентрации фенола до 100 мкг/дм<sup>3</sup> и хлора до 30 мг/дм<sup>3</sup>, т.е. в 10 раз (рис. 2А и 3А). Хроматограммы модельных растворов фенола имеют две важные особенности:

- концентрация монохлорфенолов выше, чем дихлорфенолов и 2,4,6-трихлорфенола;
- изомеры (2,4-дихлорфенол и 2,6-дихлорфенол, 2-хлорфенол и 4-хлорфенол) образуются в одинаковых количествах.

Такое соотношение концентраций хлорированных фенолов может быть объяснено исходя из основных

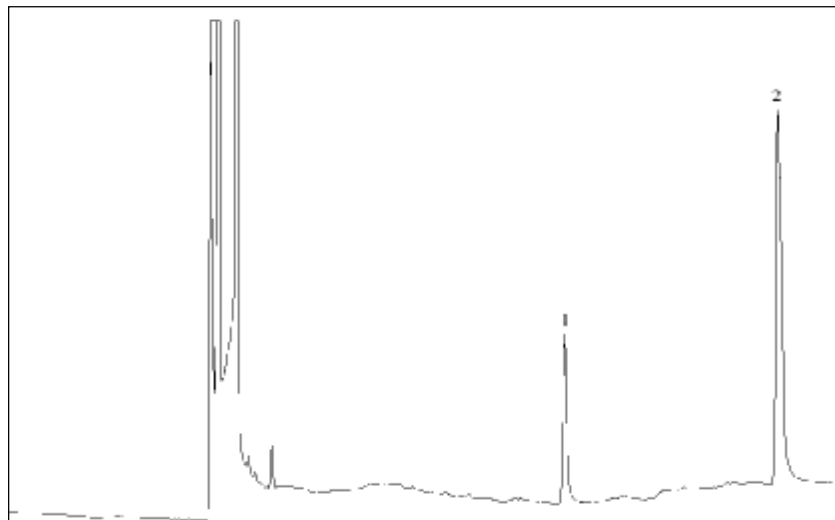


Рис. 1. Хроматограмма речной воды (р. Вычегда): внутренний стандарт 2,6-дибром-4-метилфенол (1), фенол (2).

кинетических закономерностей протекания реакции хлорирования. Больше всего и в одинаковых количествах образуется монохлорфенолов (до 80 % от общего количества хлорфенолов), поскольку в ароматическом кольце на хлор замещается только один атом водорода. В меньших количествах образуются дизамещенные хлорфенолы (15-20 %) и 2.4.6-трихлорфенол (до 5 %).

На основании этих данных можно сделать следующий вывод: скорость реакции хлорирования фенола очень мала вследствие низкой исходной концентрации, как фенола, так и хлора и хлорфенолы при прямом хлорировании фенола практически не образуются. Данный вывод косвенно подтверждается и тем, что соотношение кон-

центраций хлорфенолов в питьевой воде централизованного водоснабжения г. Сыктывкар не согласуется с приведенными выше кинетическими

закономерностями (рис. 2Б и 3Б). Отметим два отличия хроматограмм для питьевой воды, по сравнению с модельными растворами:

- концентрации моно- и дихлорфенолов имеют близкие значения, а 2.4.6-трихлорфенол практически не образуется;
- концентрации изомеров значительно различаются: 2,4-дихлорфенола образуется в 5-6 раз меньше, чем 2,6-дихлорфенола, а 4-хлорфенола в 3-4 раза меньше, чем 2-хлорфенола.

Основным источником хлорфенолов в питьевой воде, на наш взгляд, являются гумусовые кислоты, которые не полностью удаляются из воды при водоподготовке. При дезинфекции питьевой воды активным хлором происходит их хлорирование, а последующая деструкция хлорзамещенных гумусовых кислот сопровождается образованием различных низкомолекулярных хлорорганических соединений, в том числе и хлорфенолов [8]. Существенные различия в концентрациях изомерных хлорфенолов (рис. 3Б) можно объяснить, предположив, что хлорфе-

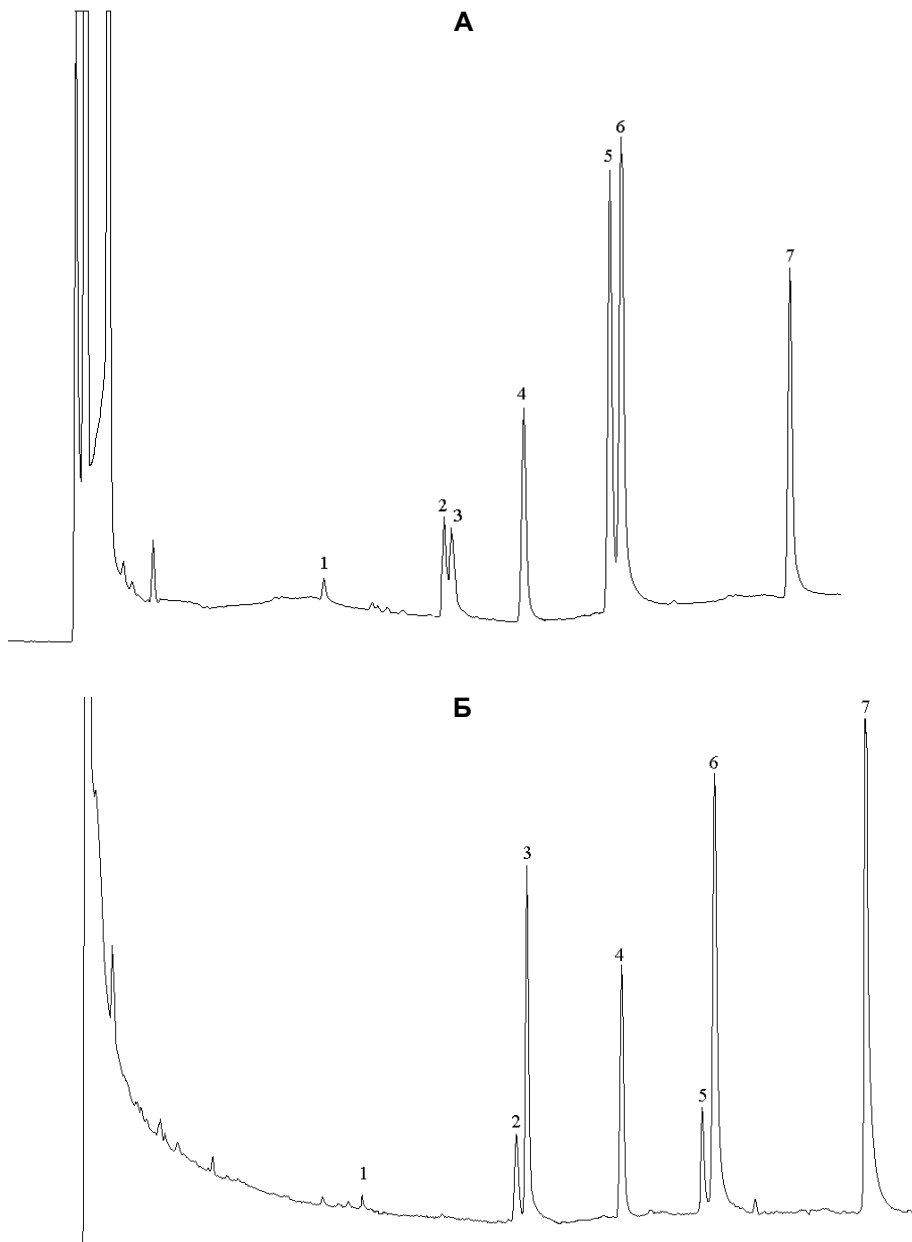


Рис. 2. Хроматограмма (А), полученная при хлорировании модельного раствора фенола (концентрация фенола 100 мкг/дм<sup>3</sup>, концентрация хлора 30 мг/дм<sup>3</sup>, время взаимодействия 30 мин), и хроматограмма (Б) питьевой воды централизованного водоснабжения г. Сыктывкар: 2,4,6-трихлорфенол (1), 2,4-дихлорфенол (2), 2,6-дихлорфенол (3), внутренний стандарт: 2,6-дибром-4-метилфенол (4), 4-хлорфенол (5), 2-хлорфенол (6), фенол (7).



нолы образуются при деструкции концевых хлорированных фрагментов гумусовых кислот (рис. 4). При деструкции хлорированных гумусовых кислот в наибольшем количестве образуются фенол, и те хлорфенолы, атомы хлора которых находятся в ближайших положениях к гидроксильной группе – это 2-хлорфенол и 2,6-дихлорфенол. Концентрация остальных хлорпроизводных – 4-хлорфенола, 2,4-дихлорфенола и 2,4,6-трихлорфенола будет намного ниже, поскольку для их образования необходимо наличие в *para*-положении к гидроксильной группе атома хлора, что резко снижает вероятность существования таких фрагментов в составе хлорированных гумусовых кислот (рис. 4).

Итак, как показали наши исследования, хлорфенолы в питьевой воде образуются преимущественно при деструкции хлорзамещенных гумусовых кислот, а не при прямом хлорировании фенола, как традиционно считается. Следовательно, для того чтобы исключить присутствие хлорфенолов в питьевой воде необходимо полностью удалять высокомолекулярные органические примеси при водоподготовке или применять для этого артезианские воды, характеризующиеся низким содержанием высокомолекулярных органических примесей.

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Фомин Г.С. Вода. Контроль химической, бактериальной и радиационной безопасности по международным стандартам. М., 1995. 624 с.
2. Федоров Л.А., Мясоедов Б.Ф. Диоксины: химико-аналитические аспекты проблемы // Усп. химии, 1990. Т. 59, № 11. С. 1818-1866.
3. Елин Е.С. Фенольные соединения в биосфере. Новосибирск, 2001. 392 с.
4. Агрономов А.Е. Избранные главы органической химии. М.: Химия, 1990. 560 с.
5. Козубова Л.И., Морозов С.В. Органические загрязнители питьевой воды: аналитический обзор. Новосибирск, 1993. Вып. 26. 167 с.
6. Николадзе Г.И., Минц Д.Е., Кастальский А.М. Подготовка воды для питьевого и промышленного водоснабжения. М.: Мир, 1989. 373 с.
7. Груздев И.В. Определение хлорфенолов в водных средах методом реакционной газовой хроматографии.

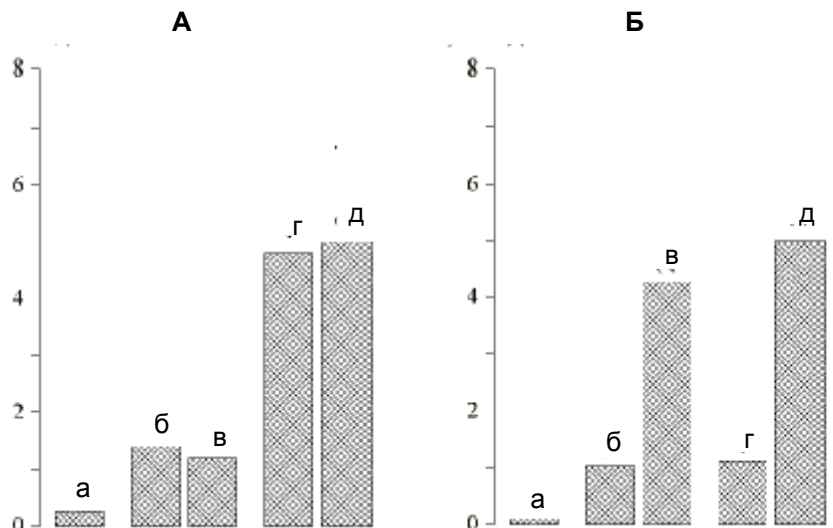


Рис. 3. Соотношение концентраций (мкг/дм<sup>3</sup>; по вертикали) 2,4,6-трихлорфенол (а), 2,4-дихлорфенол (б), 2,6-дихлорфенол (в), 4-хлорфенол (г), 2-хлорфенол (д) в модельном растворе фенола (А) и в питьевой воде централизованного водоснабжения г. Сыктывкар (Б).

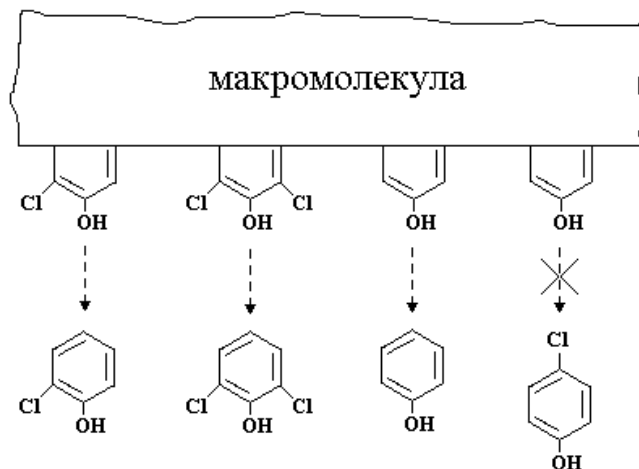


Рис. 4. Образование хлорфенолов в питьевой воде при деструкции хлорзамещенных гумусовых кислот.

Сыктывкар, 2000. 20 с. – (Сер. Новые науч. методики / Коми НЦ УрО РАН; Вып. 61).

8. Груздев И.В., Сталюгин В.В., Косолапов М.В. Гумусовые вещества – источники фенольных соединений в природных и питьевых водах // Вестн. ИБ, 2003. № 7. С. 17.



**РАЗНООБРАЗИЕ И СТРУКТУРА ПОЧВЕННЫХ ВОДОРОСЛЕЙ ЕЛОВЫХ ЛЕСОВ СРЕДНЕТАЕЖНОЙ ПОДЗОНЫ (на примере комплексного заказника «Былина»)**

асп. **И. Рудакова**  
 м.н.с. отдела экосистемного анализа и ГИС-технологий  
 E-mail: rudakova@ib.komisc.ru, тел.: (8212) 21 6752

Научные интересы: *альгология*

Одним из компонентов любого фитоценоза, в том числе и хвойного леса, являются почвенные водоросли. Альгогруппировки выделяют в окружающую среду немало биологически активных веществ, препятствуют

эрозионному процессу, способствуют удержанию воды в почве, участвуют в обогащении почвы азотом, стимулируют активность некоторых азотофиксирующих бактерий. Органическое вещество водорослей оказывает большое влияние

как на почвенную микрофлору и фауну, так и на физико-химические свойства почвы; значительная часть органического вещества водорослей становится пищей различных почвенных животных [2, 8, 10].

Общее количество обнаруженных в почве водорослей приближается к 2000 видов. В почвах России к настоящему времени [6, 7] обнаружено около 1079 видов: синезеленые – 341, эвгленовые – 3, хризофитовые – 1, диатомовые – 147, желтозеленые – 148, зеленые – 439. В лесных почвах [1] выявлено 383 вида (35 % общего числа) из четырех отделов: Cyanophyta – 96, Bacillariophyta – 36, Xanthophyta – 94, Chlorophyta – 157. Преобладающими во всех типах лесов являются зеленые водоросли, иногда массового развития достигают желтозеленые. Синезеленые водоросли, как и диатомовые, представлены небольшим числом видов и значительной роли в альгосинузиях не играют. Разнообразие и структура сообществ почвенных водорослей зависит от типа леса, характера почвы, сезона года, горизонта почвенного профиля [1, 5, 8]. Альгосинузии хвойных и лиственных лесов сильно различаются. В смешанных и лиственных лесах численность и разнообразие водорослей выше, чем в хвойных. В лесах с преобладанием лиственных пород в составе древостоя увеличивается количество видов синезеленых и диатомовых [1, 5].

С переходом от северных почв к южным возрастает численность водорослей, разнообразие видов и их интенсивность развития. Наблюдается более глубокое проникновение в почвенном профиле синезеленых водорослей, увеличивается значение колониальных зеленых и желтозеленых водорослей, уменьшается разнообразие хламидомонад, возрастает обилие диатомовых водорослей (наибольшее количество в щелочных почвах) [1]. Еще одним фактором, который влияет на состав и количество водорослей в почве является сезонная динамика, в ходе которой происходит изменение температурного режима, влажности и освещенности [8]. Численность почвенных водорослей возрастает от весны к осени [1, 9]. Установлено, что развитие синезеленых из порядка Chroococcales приурочено к теплому и влажному периоду, Nostocales разнообразны летом и осенью, Oscillatoriales – весной и осенью, развитие зеленых нитчаток приурочено к весне и лету, к осени во всех типах леса увеличивается разнообразие хламидомонад [1, 5].

Таким образом, группировки почвенных водорослей

разных типов хвойных лесов отличаются видовым составом, количеством, доминирующими видами. Преобладают одноклеточные зеленые и желтозеленые, содержание синезеленых и диатомовых незначительно. Ведущими семействами в почвах хвойных фитоценозах являются: *Chlamydomonadaceae*, *Chlorococcaceae*, *Chlorellaceae*. Количественный диапазон составляет от 15 тыс. до 5 млн. клеток/см<sup>2</sup> поверхности. В доминирующем комплексе чаще других отмечают *Chlamydomonas atactogama* Korsch., *Ch. gloeogama* Korsch. in Pasch., *Chlorella vulgaris* Beijer., *Chlorococcum humicola* (Näg.) Rabenh., *Ch. infusum* (Schrank) Menegh., *Botrydiopsis arhiza* Borzi, *Characiopsis minuta* Lemm., *Bracteacoccus minor* (Chod.) Petrova, *Klebsormidium flaccidum* (Kütz.) Silva, Mattox & Blackwell, *Stichococcus minor* Näg. [1].

В настоящее время данные о альгогруппировках почв северотаежной и среднетаежной подзон центральной таежно-лесной области немногочисленны и ограничиваются исследованиями Л.М. Зауера [3], Э.А. Штиной и М.Б. Ройзина [9]. Целью работы являлось изучение видового разнообразия, структуры и особенностей распределения альгогруппировок почвенных водорослей в разных типах почв, образующихся под хвойными фитоценозами.

В сентябре 2003 г., в мае и августе 2004 г. на территории государственного комплексного заказника «Былина» (Подосиновский и Опаринский районы Кировской области) в пяти мониторинговых кварталах проведены почвенно-альгологические сборы. Всего проанализирова-

но 28 смешанных проб из разных типов хвойных фитоценозов (подзона средней тайги): ельника-черничника с примесью березы, ельника-черничника с примесью березы и сосны, ельника-хвошцово-черничного с примесью березы и сосны, ельник-кисличник с примесью березы и сосны. Выявление видового состава проведено методом чашечных культур, а также на жидких и агаризованных средах Болда и Бристоль. В местах сбора альгологических проб проведены сборы верхних горизонтов почвы (на глубину до 10 см) для проведения химического анализа. В почвах определено содержание ряда микроэлементов (мг/г), нефтепродуктов (мг/г), углерода и азота (%). Рассчитан коэффициент корреляции между содержанием в почвах изученных элементов и видовым разнообразием почвенных водорослей. Количественный учет водорослей проводили методом последовательных разведений почвенных суспензий и определяли по таблице Мак-Креди. Для выявления сходства видового состава альгогруппировок разных типов хвойных фитоценозов использован коэффициент Сьеренсена-Чекановского, рассчитанный с помощью программного модуля «Graphs» [4].

В результате исследований выявлено 73 вида водорослей из отделов Euglenophyta – 2, Cyanophyta – 4, Xanthophyta – 5, Bacillariophyta – 22, Chlorophyta – 40. Доминируют водоросли из отдела Chlorophyta и Bacillariophyta. Выявлено 20 новых видов для Кировской области. Кроме того, выявлено семь новых видов диатомовых водорослей для почв России: *Amphora pediculus* Kütz., *Diatoma tenuis* Agardh., *Eunotia trinacria* Krasske, *Fragilaria capucina* Desm., *Hannaea arcus* (Kütz.) Patrick, *Navicula gregaria* Donk., *Stephanodiscus medius* Hakansson.

Экологический анализ показал преобладание в исследованных почвах эдафотрофных видов, обитающих только в почве. Доля гидрофильных видов, встречающихся в переувлажненных почвах, а также амфибиальных, предпочитающих временно переувлажненные почвы, незначительна.

Были выявлены разнообразные спектры жизненных форм водорослей. Преобладающее значение имеет Ch-жизненная форма. Это одноклеточные и колониальные зеленые и частично желтозеленые водоросли, обитающие в толще почвы, при благоприятных влажных условиях дают разрастания на поверх-

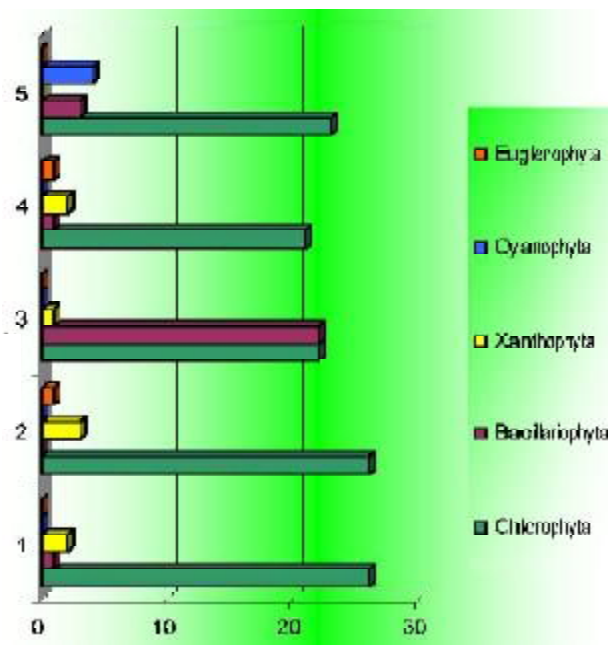


Рис. 1. Распределение отделов водорослей, обнаруженных в почвах ключевых участков (1-5; по вертикали). По горизонтали указано число видов.

ности почвы. Выступают как виды убиквисты, отличающиеся исключительной выносливостью к различным экстремальным условиям. Достаточно много выявлено видов относящихся к С-жизненной форме. Она включает одноклеточные, колониальные или нитчатые формы, которые могут образовывать обильную слизь. Такие виды обитают как в толще почвы, так и на ее поверхности, формируя тонкие слизистые пленки или хлопья. Сюда относятся виды наиболее требовательные к воде и способные переносить длительное высушивание в виде спор, зигот, реже в вегетативном состоянии. Высокий процент занимают виды с Х-жизненной формой. Это одноклеточные желтозеленые и многие зеленые, предпочитающие условия жизни среди почвенных частиц, теневыносливые, но неустойчивые к засухе и экстремальным температурам.

На исследованных площадках отмечено не высокое видовое разнообразие почвенных водорослей от 26 до 45 видов (рис. 1). Наибольшее число видов выявлено на третьем участке (ельнике-черничнике с примесью березы), наименьшее в первом и в четвертом. В альгогруппировке на третьем участке (ельник-черничник) наряду с зелеными преобладают водоросли из отдела *Vacillariophyta*, значительное количество выявленных видов диатомовых не относится к часто встречающимся в почве. Почвы исследованных ценозов отличаются низкой кислотностью, что определяет невысокое разнообразие водорослей. Низкое содержание нефтепродуктов свидетельствует об отсутствии заметного влияния промышленного загрязнения на экосистемы заказника. Отмечено, что при более высоких концентрациях нефтепродуктов в почве наблюдается снижение видового разнообразия водорослей.

Содержание тяжелых металлов в почвах всех исследованных площадок, на несколько порядков ниже предельно допустимых концентраций для почв и растений. Наибольшие концентрации всех исследованных микроэлементов наблюдаются на первом-третьем участках (рис. 2), здесь же отмечено максимальное видовое разнообразие почвенных водорослей. Важным показателем, который отражает содержание в почве органических веществ, является соотношение углерод/азот. Чем ниже этот показатель, тем выше скорость обновления органического вещества. В подзолистых почвах, формирующихся под хвойными лесами, соотношение углерод/азот находится в пределах 20. В почвах исследованных участков были зарегистрированы такие же величины этого показателя, что сви-

детельствует о низкой скорости обновления органического вещества. Этот показатель является одним из определяющих факторов формирования бедного видового состава почвенных водорослей еловых фитоценозов. Для оценки силы связи между числом видов почвенных водорослей и агрохимическими показателями был подсчитан коэффициент корреляции. По результатам проведенного исследования дос-

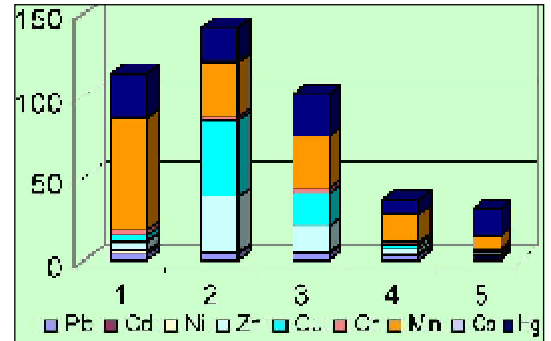


Рис. 2. Содержание металлов ( $10^6$  мг/кг; по вертикали) в почве исследуемых участков (1-5; по горизонтали).

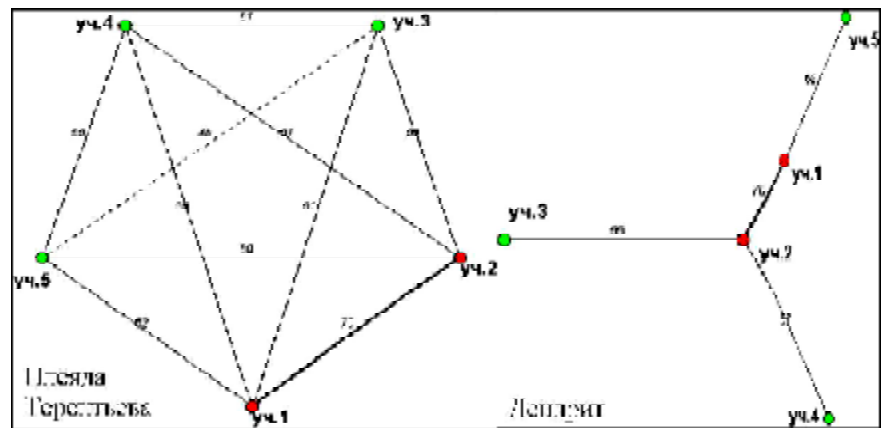


Рис. 3. Сходство видового состава водорослей на ключевых участках по коэффициенту Сьеренсена-Чекановского.

товерная прямая связь установлена только между числом видов и содержанием в почве К ( $r = 0.79$ ), а так же соотношением углерод/азот ( $r = 0.66$ ).

Показано высокое сходство систематического состава почвенных водорослей разных типов исследованных фитоценозов (рис. 3). Коэффициент Сьеренсена-Чекановского был выше 50 % для всех сообществ. Наиболее четко обособляется одна группа альгогруппировок с более сходным видовым составом. Она включает водорослевые сообщества следующих фитоценозов: ельник-черничник и ельник-хвощово-черничный с примесью березы. Выделение этих групп определяется сходными экологическими условиями: типом ценозов, освещенностью, влажностью, физико-химическими параметрами почв. Высокую частоту встречаемости в исследованных фитоценозах имели виды: *Chlamydomonas elliptica* Korsch. in Pasch., *Ch. gloeogama*, *Ch. reinhardtii* Dang., *Chlorella vulgaris*, *Tetracystis dissociata* Brown et Bold (рис. 4). Количественный учет водорослей методом предельных разведений на жидких питательных средах показал, что в 1 г воздушно-сухой почвы содержится до 14 тыс. клеток.

Таким образом, полученные данные



Рис. 4. Виды с высокой частотой встречаемости.

свидетельствуют о не высоком видовом разнообразии почвенных водорослей хвойных фитоценозов. На видовой состав и структуру альгогруппировок влияние оказывают физико-химические свойства почвы. Полученные данные будут использованы в качестве фоновых показателей для раскрытия закономерностей формирования группировок почвенных водорослей хвойных фитоценозов среднетаежной подзоны на территориях с разной степенью интенсивности техногенного воздействия.

Автор выражает благодарность сотрудникам Института биологии к.б.н. Е.Н. Патовой за руководство работой, с.н.с. А.С. Стениной за помощь в определении диатомовых водорослей, к.б.н.

Л.В. Кондаковой, доценту Вятского государственного гуманитарного университета (ВГГУ), и сотрудникам лаборатории биомониторинга Института биологии и ВГГУ за помощь в организации полевых исследований, а также сотрудникам экоаналитической лаборатории Института биологии за проведение химического анализа почв.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Алексахина Т.И., Штина Э.А.* Почвенные водоросли лесных биогеоценозов. М.: Наука, 1984. 149 с.

2. *Голлербах М.М., Штина Э.А.* Почвенные водоросли. Л., 1969. 228 с.

3. *Зауер Л.М.* К познанию водорослей растительных ассоциаций Ленинградской области // Труды Ботанического института им. В.Л. Комарова АН СССР, 1956. Сер. 2. Вып. 10. С. 33-174.

4. *Новаковский А.Б.* Возможности и принципы работы программного модуля «Graphs». Сыктывкар, 2004. 31 с. – (Сер. Автоматизация науч. исследований / Коми НЦ УрО РАН; Вып. 27).

5. *Носкова Т.С.* Сообщества водорослей некоторых почв Кировской области: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Горький, 1968. 19 с.

6. *Перминова Г.Н.* Почвенные водоросли некоторых районов севера Евразии и Дальнего Востока. Киров, 1990. С. 27-37.

7. Список водорослей, обнаруженных в почвах на территории бывшего СССР / Э.А. Штина, Р.Р. Кабиров, Л.С. Хайбуллина и др. Уфа, 1998. С. 3-33.

8. *Штина Э.А., Голлербах М.М.* Экология почвенных водорослей. М.: Наука, 1976. 144 с.

9. *Штина Э.А., Ройзин М.Б.* Водоросли подзолистых почв Хибин // Бот. журн., 1966. Т. 5, № 4. С. 509-519.

10. *Hoffmann L.* Algae of terrestrial habitats // Bot. Rev., 1989. Vol. 55, № 2. P. 77-105.



РЕФЕРАТ



**РОЛЬ МЕТАЛЛСВЯЗЫВАЮЩИХ БЕЛКОВ И ПЕПТИДОВ В ДЕТОКСИКАЦИИ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ РАСТЕНИЯМИ**

**С. Скугорева**

асп. лаборатории экологической физиологии растений  
E-mail: skugoreva@ib.komisc.ru, тел.: (8212) 24 52 02

Научные интересы: *влияние тяжелых металлов на рост и развитие растений*

В связи с нарастающим антропогенным воздействием возрастает загрязнение окружающей среды тяжелыми металлами (ТМ), в число которых входят ртуть, кадмий, свинец, цинк, медь и некоторые другие [5]. Растительные организмы очень чувствительны к состоянию среды обитания и активно реагируют на ее изменение. Повышенное содержание ТМ может приводить к аккумуляции их растениями, вызывать токсический эффект. Из растений ТМ поступают в организм человека и животных, оказывая негативное влияние на их жизнедеятельность, что обуславливает необходимость защиты растений от токсического действия ТМ. В связи с этим актуальной становится проблема металлоустойчивости растительных организмов и путей ее повышения [6]. В формировании устойчивости растений к ТМ могут принимать участие одновременно несколько типов механизмов, имеющих адаптивный характер [7]. Эти механизмы действуют соответственно двум стратегиям выживания организмов при стрессовых воздействиях: или не достигнуть действия фактора, или обезвредить его. В случае эффективной работы данных механизмов растение может расти и развиваться на почвах с высоким уровнем загрязнения металлами. Один из путей состоит в предотвращении поступления металлов в клетку. При его неэффективной работе включаются внутриклеточные способы формирования металлоустойчивости [1]. Одним из внутриклеточных механизмов толерантности растений к ТМ является их детоксикация, или активное выведение, благодаря комплексообразованию со специфически индуцируемыми веществами, прежде всего, металлсвязывающими белками и пептидами.

Гипотеза об участии этих металлсвязывающих пептидов и белков в детоксикации ТМ в организме была выдвинута почти одновременно с их открытием и сейчас этой проблеме уделяется большое внимание.

Предполагается, что внутриклеточный токсический эффект ТМ связан с их способностью замещать микроэлементы (меди и цинка) в структуре металлоферментов. Это приводит к изменению третичной и четвертичной структуры белка, что в свою очередь может вызвать нарушение функций фермента. Если накопление металла (например, ртути) происходит очень медленно (даже до значительных концентраций), то его токсическое действие не проявляется. Это объясняется тем, что скорость синтеза металлсвязывающих соединений соответствует скорости поступления металла в клетку, т.е. металл связывается с имеющимся и вновь синтезированным металлсвязывающим белком. Однако при некоторой высокой концентрации металла наступает насыщение этих белков, и тогда металл начинает связываться с высокомолекулярными ферментными белками, что свидетельствует о поражении организма [2].

Цель данной статьи дать обзор литературы о специфической системе защиты растений от токсического действия ТМ, ведущую роль в которой играют металлсвязывающие белки и пептиды.

**МеталлотIONEIN** был открыт в 1957 г. М. Маргоше и В. Валли и выделен из коры надпочечников лошади при изучении механизмов накопления Cd [6]. Кэги и Валли предложили называть связывающие металлы белки металлотIONEINами (MT), а их апоформы, не содержащие металлов, – тIONEINами [2]. MT – низкомолекулярные белки, обычно 6-10 кДа, с высоким содержанием цистеина (до 33 %), в них отсутствуют гистидин и ароматические аминокислоты; они термостойчивы [6]. В MT имеется относительно большое число основных аминокислот и сериновых остатков. Цистеиновые остатки расположены внутри белковой цепи в определенной последовательности: -цис-X-цис-, где X – не цистеин, а другая аминокислота (рис. 1).

Ион металла комплексируется с ними с образованием тримеркаптидного комплекса (рис. 2) [2].

МТ до последнего времени были известны только для животных тканей. В растениях металлсвязывающие белки, близкие по своим свойствам к МТ животных, были открыты Раузером в 1980 г. Белок был выделен из особой устойчивого к Cu экотипа полевницы гигантской *Agrostis gigantea*, произрастающей в районе естественного обогащения почв Cu [6]. Несмотря на сходство, МТ растений не имеют столь консервативного положения остатков цистеина, как МТ позвоночных животных, вследствие чего металлсвязывающие белки растений отнесены ко второму классу металлотионеинов [5]. *In vivo* МТ содержат только Cd, Zn, Cu, Hg, *in vitro* тионеины связывают многие ТМ [6]. Большинство проведенных работ посвящено связыванию низкомолекулярными белками растений ионов  $Cu^{2+}$  или  $Cd^{2+}$ , которые в определенных концентрациях (12-40 мкМ  $Cu^{2+}$ ; 1.5-150 мкМ  $Cd^{2+}$ ) способны индуцировать синтез указанных белков [2]. Ближе всего к МТ животных оказались связывающие Cd-тионеины растений [6]. Были выделены Cd-тионеины из растений капусты *Brassica capitata* L. и табака (гибрид *Nicotiana glauca* и *N. langsdorffii*), растений риса *Oryza sativa* L.; из корней томата *Lycopersicon esculentum* Mill., соевых бобов *Glycine max* L. и кукурузы *Zea mays* L. [2].

В нормальных условиях МТ синтезируются в незначительных количествах. Если в их состав входят медь и цинк, они выполняют регуляторную функцию в метаболизме этих элементов. Содержание МТ в клетке резко возрастает при действии ТМ и снижается в случае уменьшения концентрации ТМ в питательном субстрате. Причем повышенные концентрации ТМ в среде стимулируют не только синтез металлотионеинов, но и связывание этими белками большей части поступивших в клетку ионов металлов. Установлено, что в корнях растений МТ образовывалось больше, чем в листьях [6].

**Глутатион (GSH)** – это низкомолекулярный пептид с высоким содержанием серы, представленный в растительных организмах в значительном количестве [3]. GSH – трипептид, состоящий из остатков трех аминокислот – глицина, цистеина и глутаминовой кислоты, таким образом, первичная структура этого пептида имеет вид:  $\gamma$ -Гли-Цис-Глу [4]. Механизм детоксицирующего действия GSH основан на его способности связывать свободные ионы  $Hg^{2+}$ ,  $Ag^+$  и  $Cd^{2+}$  [1]. Высокая стабильность комплекса  $Hg^{2+}$  и  $Ag^+$  с GSH при физиологическом значении pH свидетельствует, что *in vivo* он может функционировать как сильный детоксикатор ионов этих ТМ. Известно, что комплексы Cd с GSH гораздо менее стабильны, чем комплексы с Hg и Ag [7]. GSH – первая молекула, включающаяся в детоксикацию ионов Cd внутри клеток. Начальная детоксикация Cd в клетках происходит через взаимодействие металла с GSH. Однако, поскольку GSH участвует также в других клеточных процессах, таких как поддержание окислительно-восстановительного потенциала и связывание метаболитов, этот пептид может только временно связывать ионы металлов до тех пор, пока в ответ на присутствие металла в клетках не син-

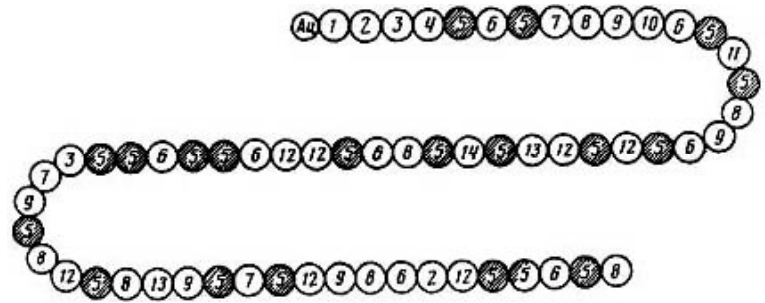


Рис. 1. Полипептидная цепь металлотионеина млекопитающих: ацетил (Ac), метионин (1), аспаргиновая кислота (2), пролин (3), аспаргин (4), цистеин (5), серин (6), валин (7), аланин (8), глицин (9), глутаминовая кислота (10), треонин (11), лизин (12), глутамин (13), аргенин (14).

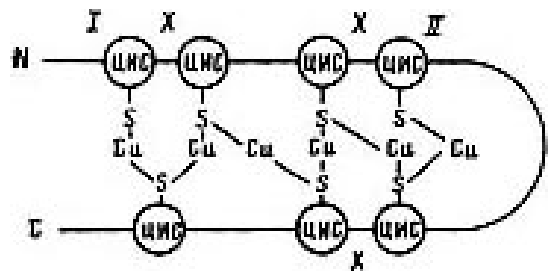


Рис. 2. Модель металлотионеина дрожжей *Neurospora crassa*, где I и II – остатки цистеина, скоординированные с одним атомом меди.

тезируются другие связывающие металлы пептиды или белки, которым GSH передает ионы металлов [4].

**Фитохелатины (ФХ)** впервые были обнаружены у дрожжей *Schizosaccharomyces pombe* и в культуре клеток раувольфии змеиной *Rauvolfia serpentina* Benth. ex Kurz при повышенном уровне Cd в среде. Такие пептиды были названы кадистинами А и Б или фитохелатинами. Название «кадистины» является приоритетным, а «фитохелатины» стало более распространенным применительно к пептидам, выделенным из водорослей и высших растений [5]. ФХ представляют собой небольшие, богатые цистеином пептиды, способные связывать ионы тяжелых металлов через SH-группы. ФХ по своей структуре относятся к глутатиону [4]. Основными чертами первичной структуры ФХ являются: остаток глутаминовой кислоты, расположенный на N-конце полипептида; связанный пептидной связью с  $\gamma$ -карбоксилем Глу остаток цистеина; пары  $\gamma$ -Глу-Цис, повторяющиеся два или большее число раз. Таким образом, основная структура этих пептидов следующая:  $[\gamma\text{-Глу}(\text{Цис})]_n\text{-Гли}$ , где  $n = 2-11$  (обычно не более 6) [5, 8].

Эти маленькие, богатые цистеином пептиды участвуют в связывании, обезвреживании ионов Cd, Zn, Cu, Pb, Hg [3, 6, 7]. Самым высоким сродством ФХ обладают к ионам Cd ( $K_{\text{уст.}} = 10^{19}$ ), что определяет их важную роль в его детоксикации [5]. Известно, что свыше 90% ионов Cd, которые проникли в растительную клетку, связывается с ФХ [7]. В листьях ФХ образуются в очень незначительных количествах [6]. Известно, что концентрация ФХ в апексе корня кукурузы примерно в 2.5 раза выше, чем в зрелых тканях, что согласуется с данными по распределению GSH [5]. Некоторые исследователи считают, что ФХ – это третий класс МТ [3, 7]. Однако фитохелатины отличаются от МТ по структуре и ферментативным способом синтеза [4]. Существует мнение, что МТ-подобные бел-

ки в ряде высших растений содержат загрязнение и являются в действительности фитохелатинами [6].

Структурное сходство между GSH и ФХ дает основание предполагать, что они связаны как предшественник-продукт. Экспериментально было установлено, что одновременно с синтезом фитохелатинов происходит уменьшение пула клеточного глутатиона, из чего был сделан вывод об участии GSH в синтезе ФХ [4]. Сначала из глутамата, цистеина и глицина образуется глутатион. Это двухстадийный процесс: 1) образование  $\gamma$ -Глу-Цис из глутамата и цистеина катализируется  $\gamma$ -глутамилцистеинсинтетазой (лимитирующей стадия), 2) синтез GSH из  $\gamma$ -Глу-Цис и Гли катализируется глутатионсинтетазой. Затем происходит синтез из GSH фитохелатинов при действии фермента фитохелатинсинтазы. По мнению ряда авторов, ионы ТМ необходимы для проявления энзиматической активности фитохелатинсинтазы. Причем, наивысшая активность фермента наблюдалась с ионом Cd [5].

ФХ связывают  $Cd^{2+}$  в цитоплазме в виде комплексов, различающихся по молекулярной массе: низко-, средне- и высокомолекулярных. В цитоплазме Cd образует низко-(средне-)молекулярный комплекс, который с помощью мембранного переносчика – белка НМТ 1 (*heavy metal tolerance 1*) – транспортируется в вакуоль. В вакуоли образуется высокомолекулярный комплекс, обладающий более высоким сродством к Cd и большей стабильностью в кислой среде вакуолярного сока [5]. Впоследствии данный комплекс ФХ и Cd диссоциирует, образуя свободные  $Cd^{2+}$  и восстановленные ФХ. Затем ионы  $Cd^{2+}$  инактивируются путем образования соединений с органическими кислотами или аминокислотами, присутствующими в вакуолярном соке, и в таком виде накапливаются в клетке (рис. 3) [7]. Активный транспорт Cd в вакуоль и его изоляция в виде физиологически неактивных комплексов играет важную роль в поддержании гомеостаза. Имеющиеся данные свидетельствуют о возможности существования двух альтернативных путей транспорта Cd в вакуоль:  $Cd^{2+}/H^+$  антипорта и транспорта в комплексе с глутатионом. Однако, их участие у высших растений полностью не доказано. Остается также неизвестным, происходит ли вторичное использование фитохелатинов, поступивших в вакуоль и если происходит, то они поступают обратно в цитоплазму [5].

**Ферритины (Ф)** – железосодержащие белки животных и растений [7]. Впервые Ф был обнаружен чехо-

словацким учёным Лауфбергером (1934) в печени животных, в растениях Ф открыт Хьюге и др. (1962) [8]. В растениях Ф практически весь находится в хлоропластах. Он состоит из белковой оболочкой, апоферритина, содержащего различное количество железа в его ядре в виде комплекса гидроокиси и фосфата железа. Свободные ионы железа могут быть очень токсичны, катализируя образование свободных радикалов, которые приводят к повреждениям клетки. Ф депонируют свободное железо, предотвращая клеточные повреждения от токсического действия свободных радикалов. Некоторые исследователи считают, что толерантность к Fe обеспечивается повышенным количеством Ф в клетке, однако этот вопрос нуждается в дополнительных исследованиях [7]. Кроме депонирования железа, Ф играет важную роль в хелатировании других двухвалентных катионов таких, как  $Cd^{2+}$ ,  $Zn^{2+}$ ,  $Co^{2+}$ ,  $Cu^{2+}$  и т.д. [8]. Существует предположение, что Ф служат инициаторами хелатирования ионов металлов, проникших в растительную клетку, а МТ при высоких концентрациях синтезируются во вторую очередь [7].

Итак, металлсвязывающие белки и пептиды (металлотионеины, глутатион, фитохелатины, фитоферритины) играют существенную роль в детоксикации таких ТМ, как Cd, Hg, Ag, Fe, Zn и Cu. Механизм детоксикации обусловлен связыванием свободных ионов ТМ с тиолсодержащими белками и пептидами, главным образом в корнях растений. Однако, в настоящее время неизвестно, как происходит детоксикация МТ фитоферритинами. Имеющиеся экспериментальные данные не достаточны, чтобы доказать, что данные соединения играют основную роль в детоксикации металлов в растениях. Этот механизм устойчивости заслуживает самого внимательного изучения.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Битюцкий Н.П.* Микроэлементы и растения. СПб.: Изд-во СПбГУ, 1999. 232 с.
2. *Бурдин К.С., Полякова Е.Е.* Металлотионеины, их строение и функции // Усп. совр. биол., 1987. Т. 103. С. 390-400.
3. *Гуральчук Ж.З.* Механизмы устойчивости растений к тяжелым металлам // Физиология и биохимия культурных растений, 1994. Т. 26. С. 107-117
4. *В.В. Никандров* Неорганические полупроводники в биологических системах: биосинтез, свойства и фотохимическая активность // Усп. биол. химии, 2000. Т. 40. С. 357-396.
5. *И.В. Серегин* Фитохелатины и их роль в детоксикации кадмия у высших растений // Там же, 2001. Т. 41. С. 283-300.
6. Устойчивость к тяжелым металлам дикорастущих видов / Под ред. Н.В. Алексеевой-Поповой. Л., 1991. 214 с.
7. *Феник С.И., Трофимьяк Т.Б., Блюм Я.Б.* Механизмы формирования устойчивости растений к тяжелым металлам // Усп. совр. биол., 1995. Т. 115. С. 261-275.
8. *Prasad M.N.V.* Metallothioneins and metal binding complexes in plants // Heavy metal stress in plants: from molecules to ecosystems. Berlin: Springer, 1999. P. 51-72.

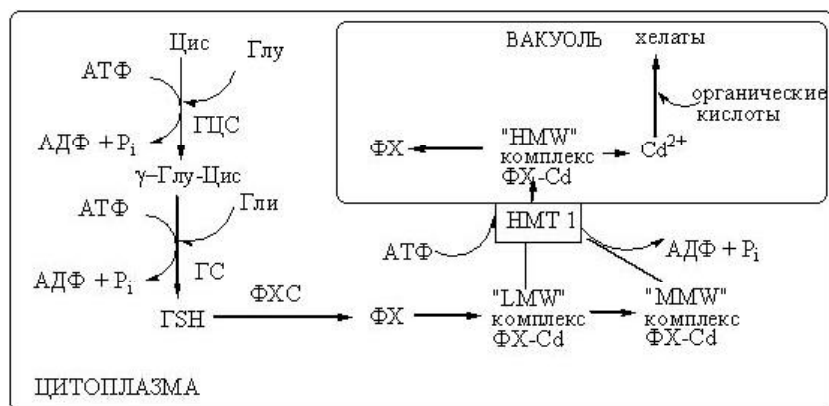


Рис. 3. Схема синтеза фитохелатинов в растительной клетке, где ГЦС –  $\gamma$ -глутамилцистеинсинтетазы; ГС – глутатионсинтетазы; GSH – глутатион; ФХС – фитохелатинсинтаза; ФХ – фитохелатины; LMW, MMW и HMW – низко-, средне- и высокомолекулярные комплексы, НМТ 1 – белок-переносчик.



## КОНФЕРЕНЦИИ



### ДЕСЯТЫЙ СКАНДИНАВСКИЙ СИМПОЗИУМ МЕЖДУНАРОДНОГО ОБЩЕСТВА ПО ИЗУЧЕНИЮ ГУМУСОВЫХ ВЕЩЕСТВ (30 мая–4 июня 2005 г., Рига, Латвия)

к.б.н. Е. Шамрикова, к.б.н. Е. Лодыгин

К настоящему времени накоплены обширные материалы об изучении гумусовых веществ, обнаруживаемых в различных компонентах биосферы. В них характеризуются запасы, природа, состав и свойства данных соединений, закономерности их образования в различных почвенно-климатических зонах. Вместе с тем далеко не все положения выяснены с достаточной полнотой и не во всем достигнуто единство мнений исследователей. Все это обусловило необходимость проведения очередного, десятого, Скандинавского симпозиума Международного общества по изучению гумусовых веществ (IHSS). Конференцию провело Скандинаво-балтийское отделение IHSS при содействии Латвийского государственного университета. Собрание подвело итог периоду изучения гумусовых веществ в мире, прошедшему со времени проведения предыдущей конференции (2001 г., Сундсвалль, Швеция). На симпозиуме были рассмотрены следующие проблемы:

- структурные аспекты природных органических веществ;
- место и роль природного органического материала в земных и водных системах;
- возможность практического применения гумусовых веществ;
- взаимодействие природных органических веществ с питательными веществами и ксенобиотиками.

С приветственным словом выступил председатель оргкомитета, профессор Латвийского университета Maris Klavins (фото 1, в центре). Он отметил, что на данном этапе изучения гумусовых веществ важное значение имеет многосторонний подход, включающий исследования не только почвоведов и агрономов, но и представителей смежных дисциплин – биологов различного профиля, химиков, геологов, геохимиков, гидрологов, исследователей в области изучения горючих ископаемых. В этом особая ценность проведения такого рода конференций. Всего симпозиум включал около 40 лекций и устных представлений, а также более 30 постерных докладов ведущих ученых Европы, большинство из которых являются активными участниками IHSS (фото 2).

Чрезвычайно важным в области изучения природных органических веществ, подчеркнул проф. Egil Gjessing (Норвегия), является разработка и применение новых методов исследования (различных методов спектроскопии, хроматографии и микроскопии, ЭПР, стабильных изотопов, разнообразных приемов фракционирования и др.). Это позволяет расширить и углубить представления о строении, происхождении и механизме образования компонентов органического вещества, о многообразных функциях в почвообразовании и в питании растений, а также способствует изучению наиболее активной составной части почв – растворов и лизиметрических вод.

Данное направление стало развиваться с новой силой в связи с возрастающими масштабами и интенсивностью поступления различных загрязняющих веществ на поверхность почвенного покрова. Включение аэротехногенных поллютантов в состав водорастворимых органических соединений – основной, если не единственный, способ снижения нагрузки приповерхностных горизонтов за счет перераспределения вредных соединений в большом объеме почвы и

частичного выноса за пределы почвенного профиля. Серия докладов была посвящена механизмам органоминеральных взаимодействий, в том числе с медью (V. Umairu и др., Бельгия), ртутью (E. Tipping, Великобритания), кадмием, свинцом, никелем, цинком (A. Karaka, O. Turgay, Турция), алюминием (T. Shell, C. Dorfler, Германия).

Многие ученые (проф. F. Frimmel, проф. T. Reentisma, C. Fiebigler, W. Schmidt и др.) отметили, что в данный период чрезвычайно важным становится изучение гумусовых веществ грунтовых вод, водоемов, рек, озер в связи с использованием вод для питья. Данные, представленные проф. F. Frimmel (Германия), о составе и природе гумусовых веществ водоемов свидетельствуют о близком их генезисе веществами почвенных растворов. Был рассказан такой интересный факт – вода в антропогенно закисленных озерах юга Швеции характеризуется необычайной чистотой и прозрачностью. По мнению шведских ученых причиной тому является осаждение водорастворимых органических соединений в виде органоминеральных комплексов.

Следующую конференцию под эгидой Скандинаво-балтийского отделения IHSS было решено организовать в г. Карлсруе (Германия) в 2006 г.

Финансирование участия в работе симпозиума обеспечено из средств бюджета Института биологии Коми НЦ УрО РАН и трэвел-грантов РФФИ (05-04-58613з и 05-04-58607з). Сама конференция и размещение участников проходили на базе Латвийского государственного университета.



## ВВЕРХ ПО ПЕЧОРЕ

д.б.н. Г. Железнова

Для решения ряда экологических проблем мне довелось участвовать в социально-культурной экспедиции, организованной региональным общественным движением «Коренные женщины Республики Коми» при поддержке Главы Республики Коми и министерства культуры и национальной политики Республики Коми, проходившей с 30 мая по 13 июня 2005 г. Руководила экспедицией Мария Вячеславовна Кузьбожева, заместитель председателя движения.

Социальный блок обеспечивали медики Т.П. Захарова, В.Н. Морозкий, Г.В. Окулова и Г.А. Халабурская, юрист А.П. Тарабукин, зам. директора Коми книжного издательства О.В. Первушина. В культурный блок входили известные в республике поэты А.К. Журавлев, Ю.А. Ионов и Н.А. Щукин, прозаик И.И. Белых, драматург Л.Б. Терентьева, теле- и радиожурналисты Е.Б. Шумилова, М.Н. Пименова, М.В. Щербина, оператор В.А. Бобырь, фотокорреспондент Г.Е. Лисецкий, народный мастер Л.М. Агеев, художник Т.В. Васильева. С большим уважением жители сел приветствовали любимую певицу – народную артистку Республики Коми Л.П. Логинову с баянистом П.В. Юркиным. Охранял наш покой ответственный за безопасность С.А. Кузьбожев

Выделенное в распоряжение экспедиции речное учебное судно «Курсант» уверенно вела команда из девяти членов во главе с капитаном Н.А. Гордеевым. Малая вода широкой, но уже не глубокой р. Печора в этом году не позволила доплыть слишком большому судну до намеченного последнего пункта нашего маршрута – пос. Якша, где расположена главная контора Печоро-Илычского государственного заповедника.

Первой остановкой оказался пос. Лемтыбож в Вуктыльском районе. Низкие облака с дождем и снегом, сопровождающие нас от Сыктывкара до г. Печора отступили. К вечеру 1 июня выглянуло солнце и стало веселее от яркой зелени и белоснежных черемух по берегам нашей красавицы Печоры. Расселение членов разновозрастного состава экспедиции по каютам произошло по желанию. Температура и обстановка на корабле при знакомстве и во время всей поездки была теплая и дружественная. Погода также нас не подвела. Но 3 июня случилось непредвиденное для всех несчастье. Рано утром умер Георгий Евгеньевич Лисецкий. Он с большим энтузиазмом включился в работу экспедиции, чтобы продолжить съемки природы Коми края и организовать новую выставку снимков. Проходившая в это время в Финно-угорском культурном центре Республики Коми демонстрация его фоторабот «Тундра глазами фотохудожника» радовала зрителей видами осенней тундры. Более 300 снимков, сделанных им в первые дни экспедиции, надеемся, появятся на памятных выставках.

Цель моей работы – экологический мониторинг окружающей среды, проводился для оценки состояния растительного покрова, животного мира, а также пропаганды знаний об особо охраняемых природных территориях. Посетив окрестности населенных пунктов, общаясь с учителями биологии, лесниками, местными жителями можно сделать определенный вывод о жизни деревни или села, расположенного далеко от столицы и районного центра.

В ранее оживленном поселке речников и лесозаготовителей Лемтыбож сейчас проживает 400 жителей.



Лесника нет, учительница биологии в прошлом году приезжала из Вуктыла, а в этом и вовсе не было. В курье и на берегу ржавеют речные суда и пристани. Одно «отдыхающее» судно среди кустов цветущей черемухи запечатлела на своей картине Т.В. Васильева. Пустые дома и остатки каменных строений в старинном коми селе Подчерье было скрашено теплым приемом концерта с участием Л.П. Логиновой, съемками красот заповедной р. Подчерье нашей телегруппой, а также благоприятным впечатлением от работы библиотеки и существующего при ней музея.

Замирает жизнь в когда-то рабочем пос. Кырта. В Усть-Щугоре функционирует только федеральная метеостанция с двумя служащими, остальные жители – безработные. Нет больницы, клуба. Развалилось лесопромышленное производство в пос. Усть-Соплеск. Деревня Усть-Воя живет только за счет вахтовых работ на газопроводе. Отсутствие постоянных дорог, связывающих села с центром района, не делает лучше «натуральную, экологически чистую» жизнь. Только в летние месяцы приезжающие из городов родственники с детьми на отдых пополняют население деревень и сел. Налаживанию жизни в селах Вуктыльского района помогут прокладка дорог до районного центра, организация приемных пунктов в деревнях и селах для населения по сдаче ягод, грибов, молочных и овощных продуктов.

В селах Приуральское, Аранец, Концебор, Кедровый Шор, Бызовая, Медвежская и Соколово, относящихся к Печорскому району, существует надежда на выживание, хотя и там стоят заколоченные дома без хозяина. Существующие постоянные дороги и связи с г. Печора помогают сельскому населению вести личное хозяйство, устраиваться на вахтовые работы, реализовывать продукцию своего труда.

Рекогносцировочные обследования русла и берегов р. Печора в пределах верхнего и среднего течения от пос. Лемтыбож до пос. Соколово позволяет сделать следующие выводы:

1. В настоящее время присутствует минимальная нагрузка транспортных и грузовых судов в акватории реки. Местное население из-за отсутствия или дороговизны бензина личными моторными лодками пользуются мало.

2. Генетический фонд видов растений по берегам реки остается без заметных изменений. Кустарниковые заросли из черемухи, ив, ольхи по берегам реки не замазучены. Кедр – охраняемый вид в Республики



Коми присутствует постоянно в виде примеси от Лемтыбожа до Кедрового Шора. Зафиксирована новая флористическая находка редкого охраняемого вида анемоны лютичной у пос. Бызовая.

3. Самовосстановление лесных культур на вырубках, проводившихся ранее без применения тяжелой техники (по словам лесников) проходит успешно. Только в некоторых населенных пунктах на местах пожаров (Усть-Соплеск, Кедровый Шор, Соколово) производятся посадки саженцев ели, сосны, выращенных в лесопитомниках.

4. По свидетельству жителей и лесников, животные и птицы в лесах, на болотах встречаются. Поголовье лосей и рыбные запасы, особенно охраняемого вида семги, почти полностью истребленные, восстанавливаются медленно. Расселение оленей происходит более быстрыми темпами.

5. Ликвидация лесхозов и совхозов лишила большую часть сельского населения средств к полноценному существованию. Усилился отток трудоспособного населения из сел. Увеличилась естественная смертность, число самоубийств. Рождаемость резко снизилась. Центры культуры, школы во многих селах влачат жалкое существование, требуется капитальный

ремонт зданий. Число школьников уменьшается, в некоторых поселках закрываются школы. В библиотеках после прекращения централизованного снабжения, пополнение фондов новой литературой почти полностью отсутствует, какое существовало ранее. Местная администрация не может выделять средства для библиотек в нужном размере.

Большую помощь наша экспедиция получила в г. Печора. Встретили нас доброжелательные, приветливые сотрудники администрации. Они организовали перевозку многочисленного груза от железнодорожного вокзала до речного порта, обеды, приобретение билетов и даже сауны. Подарком ко дню города были поэтические и концертные выступления членов экспедиции в библиотеке, детских учреждениях и на открытой площадке перед отъездом в г. Сыктывкар. Знакомство с работой информационно-просветительского экологического центра «Природа и человек» г. Печора свидетельствует о том, что неравнодушные люди, которые любят и берегут свой край, найдут здесь понимание и поддержку.

Встречи участников экспедиции с Главой Республики Коми В.А. Торлоповым накануне выезда и по возвращении дают надежды в то, что не останутся без ответа письма и просьбы жителей припечорских деревень и сел.



## ПРОБЛЕМЫ ДНЯ



### ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 4: ДЕЙСТВИЯ НАСЕЛЕНИЯ ПРИ ПРИРОДНЫХ СТИХИЙНЫХ БЕДСТВИЯХ

**В. Юхнин**

главный специалист по вопросам ГО и ЧС Коми НЦ УрО РАН

Стихийные бедствия – это опасные природные явления или процессы геофизического, геологического, гидрологического, атмосферного и другого происхождения таких масштабов, которые вызывают катастрофические ситуации, внезапное нарушение жизнедеятельности населения, разрушения и уничтожения материальных ценностей, поражение и гибель людей.

Землетрясения, наводнения, массовые лесные и торфяные пожары, селевые потоки и оползни, бури, ураганы, смерчи, снежные заносы, обледенения только за последние 20 лет вызвали гибель более 3 млн. человек.

Стихийные бедствия – весьма частые явления и в нашей стране. Каждый год в том или ином регионе происходят сильные разливы рек, прорывы дамб и плотин, землетрясения, бури и ураганы, лесные и торфяные пожары, снежные заносы.

Знание причин возникновения, характера стихийных бедствий, умение действовать в условиях чрезвычайной ситуации позволяет заблаговременно принять меры защиты, в значительной степени снизить все виды потерь. Все население должно быть готово к действиям в экстремальных ситуациях, к участию в спасательных работах, уметь оказать первую медицинскую помощь пострадавшим.

Что же представляют собой стихийные бедствия, каковы их особенности, правила поведения и действия людей в чрезвычайных ситуациях?

**Землетрясения** – это подземные удары и колебания поверхности земли, вызванные естественными процессами, происходящими в земной коре. Землетрясениям принадлежит первое место по причиняемому экономическому ущербу и числу человеческих жертв. Возникают они неожиданно, и, хотя продолжительность главного толчка не превышает нескольких секунд, его последствия бывают трагическими. Когда землетрясение происходит под водой, возникают огромные волны – цунами, высотой до 60 м, которые вызывают огромные разрушения на суше.

Как следует поступать при землетрясении? Если вы дома, то у вас есть 15-20 секунд, чтобы взять детей и выбежать на улицу. Тем, кто оказался на втором и последующем этажах, необходимо встать в дверных и балконных проемах, распахнув двери и прижав к себе ребенка. Чтобы не пораниться кусками стекла, посуды, картин, светильников, спрячьтесь под стол, кровать, шкаф, закрыв лицо руками. Можно воспользоваться углами между капитальными стенами, узкими коридорами, встать возле колонн.

Нельзя прыгать из окон и с балконов!

Нельзя пользоваться лифтом!

Нельзя прикасаться к проводам, они могут оказаться под током!

Если вы на улице, отойдите подальше от зданий, сооружений, заборов. В момент разрушения представляют опасность разлетающиеся кирпичи, стекла, карнизы, украшения, вывески, столбы, дорожные знаки. Сохраняйте порядок, дисциплину, самообладание, соблюдайте меры предосторожности.



**Наводнения** – это временное затопление части суши водой в результате действия сил природы. Основные причины: обильные осадки или интенсивное таяние снега; сильные нагонные ветры на морских побережьях; подводные землетрясения.

При угрозе наводнения для снижения ущерба проводят предупредительные мероприятия: население информируется о возникновении угрозы, усиливается наблюдение за уровнем воды, проверяется состояние дамб, плотин, мостов,



шлюзов, приводятся в готовность спасательные силы и средства.

При нарастании угрозы наводнения продовольствие, ценные вещи, одежду, обувь переносят на верхние этажи зданий, чердаки, а по мере подъема воды – и на крыши. Скот перегоняют на возвышенные места.

Один из способов сохранения жизни людей при наводнении – эвакуация. Для этого используют катера, баржи, лодки, плоты. Войти в лодку, катер следует по одному. Во время движения нельзя меняться местами, садиться на борта, толкаться. При отсутствии плавсредств необходимо использовать подручные материалы – бочки, бревна, щиты, двери, обломки заборов, автошины и другие предметы, способные удерживать человека на воде. Очень важно – не растеряться, поддерживать друг друга и оказывать помощь.

**Лесные пожары.** До 80 % лесных пожаров возникает по вине человека при нарушении мер пожарной безопасности и применении неисправной техники. По характеру пожары могут быть низовые, подземные и верховые.

Низовые – огонь распространяется по нижним частям деревьев, почвенному покрову, траве.

Верховые – огонь скачками продвигается по кронам деревьев со скоростью 15-20 км/час.

Способы тушения лесного пожара:

1. Захлестывание кромки пожара пучками веток длиной 1-2 м или небольшими деревьями лиственных пород.
2. Забрасывание кромки пожара рыхлым грунтом вручную или с помощью техники.
3. Устройство земляных полос и широких канав.



Если лесной пожар близко подошел к населенному пункту, необходимо эвакуировать основную часть населения, детей, женщин и стариков. Эвакуацию производят в направлении, перпендикулярном распространению огня. Двигаться следует по дорогам, а также вдоль ручьев или по самой воде. Рот и нос необходимо

прикрыть мокрой ватно-марлевой повязкой, платком, полотенцем. С собой должны быть документы, деньги и крайне необходимые вещи.



#### Селевые потоки и оползни

Сель – внезапно формирующийся в руслах горных рек временный поток воды с большим содержанием камней, песка, других твердых материалов. Причина его возникновения – интенсивные и продолжительные ливни, быстрое таяние снега или ледников.

Обладая большой массой (камни размером 3-4 м) и высокой скоростью передвижения (до 15 км/ч), сели разрушают здания, дороги, плотины, мосты, линии связи и электропередач. Продолжительность селевого потока – до трех часов.

Главное в данной ситуации – немедленно уйти из вероятной зоны затопления в более возвышенные места.

Оползень – скользящее смещение земляных масс под воздействием собственного веса. Происходит по берегам рек, на горных склонах. Основная причина их возникновения – избыточное насыщение грунта подземными водами. Оползень может быть вызван и землетрясением. Он не является внезапным и его можно предсказать. Вначале появляются трещины в грунте, разрывы дорог и береговых укреплений, смещаются здания, разрушаются подземные коммуникации. В данной ситуации важно вовремя эвакуировать людей, животных, вывезти имущество в безопасные районы.

**Ураганы, бури, смерчи** – это чрезвычайно быстро и сильное движение

воздуха большой разрушительной силы и значительной продолжительности. Скорость достигает 30 м/с и более. Ветер разрушает прочные и сносит легкие строения, опустошает поля, обрывает провода, валит столбы, выворачивает с корнями деревья, топчет суда, повреждает транспортные магистрали.

Огромной разрушительной силой обладают смерчи – восходящие вихри быстро вращающегося воздуха, имеющие вид темного столба диаметром от нескольких десятков до сотен метров. Это гигантская воронка, внутри которой создается пониженное давление, поэтому туда затягиваются любые предметы.

Получив штормовое предупреждение, следует закрыть двери, чердачные помещения. Стекла следует заклеить полосками бумаги. С балконов, подоконников убрать вещи, которые при падении могут нанести травмы людям. Подготовить фонари, свечи, создать запас воды и продуктов на двое-трое суток. Приготовить медикаменты и перевязочные материалы. Держать включенными радио и телевизоры. Всем перейти из легких построек в прочные здания. На открытой местности лучше всего укрыться в канаве, яме, овраге – лечь на дно и плотно прижаться к земле.



#### Лавины называют «белой смертью».

Сход лавин в горах – частое явление. Лавины могут быть вызваны сильным снегопадом, резким изменением температуры, сильным ветром, громкими звуками. Снег, сходящий с гор, движется с большой скоростью и сметает все на своем пути.

Во время возможных сходов лавин лучше держаться подальше от опасных склонов. Защитой от лавин могут служить пещеры и скалы.

**Снежные заносы** – частое явление в северных регионах. Получив предупреждение, создайте запас воды, продуктов, топлива. Держите включенными приемник, телевизор. Приготовьте аварийное освещение – фонари, свечи, керосиновые лампы.

Если вы едете на автомашине и буря застал вас в дороге, подайте сигнал о помощи – повесьте на антенну яркую ткань, периодически прогревайте машину. После бурана необходимо принять участие в расчистке дорог и улиц от заносов, оказать помощь пострадавшим.



## НАБЛЮДЕНИЕ КАК МЕТОД ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ: ОПЫТ РАБОТЫ Е.В. КНЯЗЕВОЙ, ВОСПИТАТЕЛЯ ДЕТСКОГО САДА № 108

В своей работе я уделяю большое внимание экологическому воспитанию детей, начиная уже с младшего дошкольного возраста. Почему экологическое воспитание я считаю одним из основных направлений в работе с детьми?

У людей, живущих в современном обществе множество проблем. Но, пожалуй, одной из самых острых и насущных является проблема сохранения окружающей среды. Погруженные в повседневные дела и заботы, мы, к сожалению, забываем, что мир живой и неживой природы не вечен, он не может бесконечно сопротивляться пагубному влиянию человека. Меня волнует прогрессирующее ухудшение здоровья детей, связанное с загрязнением почвы, воды, воздуха. Также я часто становлюсь свидетелем того, как дети безжалостно ломают деревья, обрывают цветы, обижают животных, насекомых, загрязняют лес, водоемы. Дети моей группы иногда это тоже наблюдают. Еще тревожнее, когда дети видят такое поведение взрослых людей. И я считаю, что обретение детьми экологической культуры, экологического сознания, мышления – это единственный выход из сложившейся ситуации.

А так как ребенок большую часть времени проводит в детском саду, кто как не воспитатель должен решить эту задачу.

Ребенок внимательно наблюдает за поведением педагога, его реакциями, подражает ему. Только через мое общение с природой, отношения к ней, интерес и восхищение, дети лучше начинают входить в ее мир, замечать и понимать, любить и беречь. Если ребенок любит воспитателя, то хочет быть во всем похожим на него, смотреть на мир «его глазами», говорить «его словами».

Всем известно, что влияние природы на ребенка огромно. Дети ежедневно соприкасаются с объектами и явлениями природы: не пройдут мимо червячка, птички, их привлекают падающие снежинки, ручейки, дома, а в детском саду слушают рассказы, стихи о природе. Объекты природы притягивают детей красотой, разнообразием, являются источником первых знаний и радостных переживаний. Такое общение с природой обогащает чувственный опыт ребенка, будит его фантазию и способствует возникновению различных вопросов, ответы на которые он далеко не всегда может найти самостоятельно.

Значение общения с живыми объектами в природе (в лесу, во дворе, у воды) огромно, но оно кратковременно, не всегда ребенок может объект взять в руки, почувствовать его, позаботиться о нем. Поэтому я считаю необходимым создание условий для наблюдений в группе детского сада – это оборудование живого уголка с живыми объектами. Только в этом случае мы научим детей замечать «настроение» животного или растения, услышать его «жалобы» и «просьбы», получить удовольствие от общения с ним.

Рядом с моими детьми живут рыбы, птицы, хомячки, морские свинки и, конечно же, комнатные растения (красиво цветущие – гипсатрум) и быстрорастущие, не требующие сложного ухода (бальзамин, бегония, фиалка), и с крупными кожистыми листьями (асpidистра, амазонская лилия, сансевиера), и ампель-

ные (традесканция), и с красной окраской листьев (маранта, колеус), и небольшое деревце (роза).

Чтоб дети могли принимать активное участие, трудиться; в достаточном количестве имеется инвентарь: лейки, ведерки, совочки, фартуки, тряпочки, тапки, палочки для рыбления, распылитель – все в доступном для детей месте. Тут же корм для обитателей живого уголка, каждый в своей баночке.

При кормлении животных большую помощь оказывают родители: ежедневно приносят свежие овощи, фрукты (морковь, свеклу, капусту, яблоки, салат).

Не забываем мы зимой о наших пернатых друзьях. На нашей кормушке постоянные гости воробьи и синички, даже иногда заглядывают снегири, чечетки. И тут выручают родители – пшено, семечки, сало всегда в достаточном количестве.

Хочется сказать, что родители во всем нас поддерживают – их тоже не оставляют равнодушными проблемы экологии.

Но и одних условий недостаточно. Бывает так, что объектов в группе много, но дети к ним не подходят, не замечают их. Вот тут неопределима роль воспитателя. Мое отношение к природе, понимание и любовь. Какую работу я провожу в уголке природы, чтобы помочь моим детям разобраться в таком таинственном, загадочном и в тоже время привлекательном мире?

Важное место в работе с детьми по экологическому воспитанию я отвожу наблюдениям. Это наблюдения и в группе, и в природе. Оно обеспечивает непосредственный контакт с природой, с живыми объектами, с окружающей средой через различные формы восприятия – зрительное, слуховое, обонятельное и другое. Правильная организация наблюдения обеспечивает развитие у детей отчетливых представлений о животных и растениях, сезонных явлениях природы, дает возможность научить дошкольников выделять различные признаки объектов природы, обнаруживать через них взаимосвязь растений, животных с явлениями неживой природы. Наблюдения я провожу с явлениями живой и неживой природы, кратковременные и длительные. Особенно хорошие результаты дали циклы наблюдений. Они хороши тем, что к одному и тому же объекту мы возвращаемся несколько раз, т.е. весь объем знаний делится как бы на «порции», что обеспечивает постепенное и более надежное их усвоение, у детей формируется устойчивый познавательный интерес к этому объекту. Циклы наблюдений провожу за рыбками, попугаями, хомячком, комнатными растениями. Отмечаю интерес детей к наблюдениям за ростом и развитием растений.

Здесь я использую разнообразный материал. Если у меня младшая группа, мы выращиваем лук на зелень (и в земле, и в стаканчике с водой – видим появление корешков). Рассматриваем луковичку, обследуем её, тут и рассказ о пользе лука для здоровья, обследуем землю для посадки (мягкая, рыхлая, теплая, рассыпчатая), учимся правильно сажать. Самое интересное, когда проклевываются зеленые росточки. Тут и радость (у меня появились!), и огорчение (а почему у меня нет росточка?), и надежда (буду ухаживать и скоро появятся). В течение четырех недель дети наблюда-



ют за ростом лука, и их интерес не угасает. Утром приходят и сразу к своему стаканчику на окошке: сравнивают с другими, измеряют длину, считают, сколько перышек, гладят, нюхают. С детьми постарше наблюдаем за ростом ботвы моркови, свеклы, листиков петрушки, салата. Пробуем вырастить бобы, горох, помидор, перец. И постоянно у нас растет овес. Он хорош и для наблюдения, и для подкормки животных из уголка природы. С посадкой овса дети справляются самостоятельно.

Каждому ведь хочется угостить попугайчика зелеными «витаминами», а кормить свинку зелеными ростками одно удовольствие (она встает на задние лапки, берет травинку зубками и быстро-быстро ее жует, а потом посвистывает в знак благодарности, может просить добавки).

В общем к весне наш подоконник превращается в настоящий огород. Только в том случае, когда живой объект рядом, ребенок может позаботиться о нем, в любое время подойти к клеточке, взять в руки, почувствовать, что он живой, дышит, пугается. Только в живом уголке дети смогли увидеть чудо – рождение



новой жизни, появление маленьких, слепых хомячков, а потом постепенное превращение их в пушистых симпатичных зверьков. В своем живом уголке дети увидели как скалярии мечут икру, охраняют икринки, по очереди обмахивая их плавниками. Только здесь дети удивлялись появлению красивого крупного цветка гипеаструма из простой ничем не приметной луковички.

В разные сезоны наш уголок пополнялся новыми объектами. Зимой это веточки ели и сосны, шишки (дети наблюдают, как шишка в тепле раскрывается и из-под чешуек высыпаются семена). Весной особенно богат уголок природы. Это и веточки ольхи (ее цветение и сережки приводят детей в восторг) и других де-

ревьев, и первый наш «подснежник» – мать-и-мачеха (дети наблюдают раскрытие бутончиков). А осенью в группе появляются цветы с клумбы – астры, бархатцы, львиный зев, которые до самых заморозков радуют разнообразием своих окрасок. И сколько ежедневно эмоций, восхищения и радости!

Моя работа с детьми в уголке природы дала им много знаний о природе, ее живых объектах. Если раньше дети воспринимали живой объект как игрушку, с которой можно поиграть, то уже к четырем годам они понимают, что хомячок, птичка, рыбка – живые, которые могут радоваться, грустить, болеть и чувствовать так же, как и люди.



А главное, дети усваивают, что жизнь растений и животных, их состояние в детском саду зависит от человека, от них самих. Кроме того, что дети стали чувствительны к природе, у них появился интерес, желание, любознательность, дети стали более наблюдательны, стали больше задавать вопросов.

Стали замечать раскрывшийся бутончик растения, появление нового листочка, состояние растений и животных: свинку надо покормить, у птичек съедены все зернышки, у хомячка нужно убрать. Меня радует то, что дети сразу начинают действовать – берут лейку и поливают, меняют водичку у птиц, угощают животных.

Полюбили труд в природе: с желанием берутся за любую работу (посадка семян, пересадка комнатных растений, уборка клеток). Работу дежурных выполняют самостоятельно, договариваются, распределяют между собой обязанности, доводят до конца начатое дело, все выполняют быстро и аккуратно.

Моя работа, проведенная с детьми, научила их любить и понимать природу, бережно к ней относиться.

