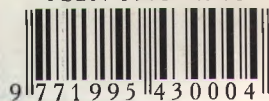


*Теоретическая  
и прикладная*

# ЭКОЛОГИЯ

№1  
МАЙ 2007

ISSN 1995-4301



**ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ  
ПРОБЛЕМЫ  
ЭКОЛОГИИ**

**МЕТОДОЛОГИЯ  
И МЕТОДЫ  
ИССЛЕДОВАНИЙ.  
МОДЕЛИ И  
ПРОГНОЗЫ**

**МОНИТОРИНГ  
ЗАГРЯЗНЁННЫХ  
ТЕРРИТОРИЙ**

**БИОИНДИКАЦИЯ И  
БИОТЕСТИРОВАНИЕ  
КСЕНОБИОТИКОВ**

**ЭКОЛОГИЗАЦИЯ  
ПРОИЗВОДСТВА**

**ЭКОТОКСИКОЛОГИЯ**

**ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ  
РИСК  
И ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ  
БЕЗОПАСНОСТЬ**

**ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ  
ОБРАЗОВАНИЕ**

**ХРОНИКА**

**ИНФОРМАЦИЯ**

**ОБЩЕСТВЕННО-НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ**



## Дорогие друзья!

Процветание государства тесно связано с сохранением его природных богатств, обеспечением благоприятной среды обитания и экологической безопасности населения.

Кировская область — один из достаточно сложных в отношении экологической обстановки регионов. Здесь разместились в непосредственной близости друг от друга объект по уничтожению химического оружия в п. Марадыковский, Кирово-Чепецкий химический комбинат, Кильмезский ядомогильник. Вместе с тем вятский край благодаря высокой концентрации вузовской науки и промышленных предприятий, обладает большим научным и технологическим потенциалом. И в этом его несомненные преимущества, которые можно и нужно активно использовать. В связи с этим у нового научного журнала «Теоретическая и прикладная экология» серьёзная задача: стать связующим информационным звеном между наукой и производством, помочь развитию сотрудничества между конкретными предприятиями, организациями и территориальными образованиями.

Как показывает мировая практика, в конкурентной борьбе сохраняют и расширяют свои позиции только те предприятия и организации, которые рационально и научно обоснованно используют возможности природно-ресурсного потенциала, активно принимают достижения научно-технического прогресса и используют новые модели организационной деятельности.

Уверен, что журнал привлечёт пристальное внимание общественности к проблемам окружающей среды, представит научный и практический интерес для широкого круга исследователей и специалистов как в нашем регионе, так и далеко за его пределами.



Губернатор  
Кировской области  
Н.И. Шаклеин

A handwritten signature in black ink, consisting of a series of stylized, connected loops and lines, representing the name N.I. Shaklein.

# Теоретическая и прикладная ЭКОЛОГИЯ

№ 1, 2007

Учредитель журнала ООО Издательский дом «Камертон»  
Генеральный директор ООО ИД «Камертон»  
профессор Б.И. Кочуров

## РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

*Главный редактор*

**Т.Я. Ашихмина**, д.т.н., профессор, зав. кафедрой химии Вятского государственного гуманитарного университета, зав. лабораторией биомониторинга Института биологии Коми НЦ УрО РАН

*Зам. главного редактора*

**В.В. Гутенев**, д.т.н., профессор Российской академии государственной службы при Президенте РФ, лауреат Государственной премии РФ

*Зам. главного редактора*

**А.И. Таскаев**, к.б.н., зам. председателя Президиума Коми НЦ УрО РАН, директор Института биологии Коми НЦ УрО РАН

*Зам. главного редактора*

**И.Г. Широких**, д.б.н., зав. лабораторией генетики ГУ Зональный научно-исследовательский институт сельского хозяйства Северо-Востока им. Н.В. Рудницкого РАСХН

*Ответственный секретарь*

**Н.В. Сырчина**, к.х.н., начальник отдела Управления инженерной экологии ОАО «Научно-исследовательский проектно-изыскательский институт «Кировпроект»

Журнал издаётся при поддержке

ОАО «Научно-исследовательский проектно-изыскательский институт «Кировпроект» и ФГУ Государственный научно-исследовательский институт промышленной экологии

Издание зарегистрировано Федеральной службой по надзору в сфере массовых коммуникаций, связи и охраны культурного наследия

Свидетельство о регистрации ПФ № ФС 77-29059

Зарубежная подписка оформляется через фирмы-партнёры ЗАО «МК-ПЕРИОДИКА» по адресу: 129110, г. Москва, ул. Гиляровского, 39, ЗАО «МК-Периодика». Тел. (495) 281-91-37; 281-97-63. Факс (495) 281-37-98 E-mail: info@periodicals.ru http://www.periodicals.ru

To effect subscription it is necessary to address to one of the partners of JSC «MK-Periodica» in your country or to JSC «MK-Periodica» directly. Address: Russia, 129110 Moscow, 39, Gilyarovsky St., JSC «MK-Periodica»

Журнал поступает в Государственную думу Федерального собрания, Правительство РФ, аппарат администрации субъектов Федерации, ряд управлений Министерства обороны РФ и в другие государственные службы, министерства и ведомства

Статьи рецензируются. Перепечатка без разрешения редакции запрещена, ссылки на журнал при цитировании обязательны. Редакция не несёт ответственности за достоверность информации, содержащейся в рекламных объявлениях

Подготовлен к печати в издательстве ООО «О-Краткое» 610020, г. Киров, ул. Советская, 51а Тел./факс (8332) 36-61-44. E-mail: okrat@okrat.ru  
Главный редактор издательства «О-Краткое» Евгений Дрогов

Подписано в печать 10.05.2007 Формат 60x84<sup>1</sup>/<sub>8</sub>. Печать офс. Бумага офс. Усл.п.л. 12,5. Тираж 1150 экз. Заказ № 1686.

Отпечатано в полном соответствии с качеством предоставленных материалов в Куменском филиале ОАО «Кировская областная типография» 613400, Кировская обл., п. Кумены, ул. Лесная, 4

## ПРЕДСЕДАТЕЛЬ РЕДАКЦИОННЫХ СОВЕТОВ

**Н.П. Лавёров**

председатель межведомственной комиссии при Совете Безопасности РФ, вице-президент РАН, академик РАН

## ПРЕЗИДИУМ РЕДАКЦИОННОГО СОВЕТА:

**В.А. Грачёв**

д.т.н., профессор, член-корреспондент РАН, председатель комитета Госдумы РФ по экологии д.х.н., заместитель руководителя Федерального агентства по промышленности

**В.А. Холстов**

**В.Н. Чупис**

д.ф.м.н., директор ФГУ Государственный научно-исследовательский институт промэкологии директор ОАО «Научно-исследовательский проектно-изыскательский институт «Кировпроект» руководитель Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору РФ

**В.Г. Ильницкий**

**К.Б. Пуликовский**

## ЧЛЕНЫ РЕДАКЦИОННОГО СОВЕТА:

**В.А. Алексеев**

д.т.н., профессор Ижевского государственного университета

**В.А. Антонов**

к.т.н., заместитель начальника экологической безопасности ВС РФ, член-корреспондент Академии геополитических проблем, профессор Академии военных наук

**С.И. Барановский**

д.т.н., профессор, академик РЭА, зам. председателя общественного совета Росатом, президент РЭК д.э.-х.н., член-корреспондент РАСХН, ГУ Зональный научно-исследовательский институт сельского хозяйства Северо-Востока им. Н.В. Рудницкого

**Г.А. Баталова**

**Л.И. Домрачева**

д.б.н., профессор Вятской государственной сельскохозяйственной академии

**Г.П. Дудин**

д.б.н., профессор, проректор по науке Вятской государственной сельскохозяйственной академии

**И.А. Жуйкова**

к.г.н., доцент Вятского государственного гуманитарного университета

**Л.Л. Журавлёва**

д.т.н., заместитель директора ФГУ Государственный научно-исследовательский институт промэкологии д.б.н., профессор Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова

**Г.М. Зенова**

д.т.н., профессор Военной академии Генштаба РКБЗ

**В.И. Измалков**

**Б.И. Кочуров**

д.г.н., профессор, ведущий научный сотрудник Института географии РАН

**Г.Г. Кузяхметов**

д.б.н., профессор Башкирского государственного университета

**В.И. Курилов**

д.ю.н., профессор, ректор Дальневосточного государственного университета

**В.Н. Летов**

д.м.н., профессор Российской медицинской академии последипломного образования

**Ли Юй**

профессор, директор Института микологии Цилинского аграрного университета, иностранный член РАСХН (КНР)

**А.Г. Назаров**

д.б.н., директор Экологического центра (ИИЕТ РАН), председатель отделения проблем изучения биосферы РАЕН

**В.П. Савиных**

д.т.н., член-корреспондент РАН, профессор Московского государственного университета геодезии и картографии

**В.А. Сысуев**

д.т.н., академик РАСХН, директор ГУ Зональный научно-исследовательский институт сельского хозяйства Северо-Востока им. Н.В. Рудницкого

**В.И. Теличенко**

д.т.н., профессор Академии РААСН, ректор Московского государственного строительного университета

**А.И. Юнак**

к.ф.-м.наук, генерал-лейтенант экологической безопасности Вооружённых сил МО РФ

**В.Т. Юнглеуд**

д.и.н., проректор по научной работе Вятского государственного гуманитарного университета

**О.В. Яковенко**

к.ф.н., заместитель начальника отдела экологии Правительства Российской Федерации

По вопросам размещения рекламы и публикации статей обращаться:

610002, г. Киров, ул. Свободы, 122, тел./факс 8 (8332) 37-02-77

E-mail: ecolab@vshu.kirov.ru

119017, г. Москва, Старомонетный пер., 29

Тел./факс (495) 129-28-31, E-mail: info@ecoregion.ru



# СОДЕРЖАНИЕ

## ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ЭКОЛОГИИ

- Е.М. Панкратова, Л.В. Трефилова* Симбиоз как основа существования цианобактерий в природных условиях и в конструируемых системах ..... 2
- Л.И. Домрачева, Л.В. Кондакова, О.А. Пегушина, А.И. Фокина* Биоплёнки *Nostoc commune* – особая микробная сфера ..... 1
- Т.В. Борзова, Ю.В. Олейников* Экология и экологическое взаимодействие ..... 2

## ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ РИСК И ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

- В.М. Кузнецов, Е.С. Кузнецова* Сравнительная потенциальная опасность предприятий ядерного топливного цикла ..... 3

## МЕТОДОЛОГИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ. МОДЕЛИ И ПРОГНОЗЫ

- Б.И. Кочуров, А.Я. Смирнов, В.А. Лобковский* Оценка эффективности регионального природопользования в системе «население – территория – ресурсы – экономика» ..... 3
- В.Л. Бондаренко, В.В. Гутенев, В.В. Приваленко, Е.С. Поляков* Оценка воздействия на окружающую среду (ОВОС) при проектировании водохозяйственного комплекса Зеленчукской ГЭС ..... 4

## МОНИТОРИНГ ЗАГРЯЗНЁННЫХ ТЕРРИТОРИЙ

- В.Г. Ильницкий, А.Е. Селюков, В.В. Захаров, Н.В. Сырчина* Организация экологического мониторинга на территории нефтепромыслов Республики Коми ..... 5

## БИОИНДИКАЦИЯ И БИОТЕСТИРОВАНИЕ КСЕНОБИОТИКОВ

- Н.А. Киреева, Т.Р. Кабиров, И.Е. Дубовик* Комплексное биотестирование нефтезагрязнённых почв ..... 6
- В.Н. Чупис, Е.А. Луцый, И.Н. Ларин, А.А. Загреков, Е.В. Ильина, Д.Е. Иванов* Чувствительность к арсениту натрия тест-организмов, используемых в многокомпонентной системе биотестирования качества природных сред ..... 6

## ЭКОЛОГИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

- Т.В. Хуришайнен, Н.Н. Скрипова, А.В. Кучин* Высокоэффективная технология комплексной переработки растительного сырья и получение препаратов для сельского хозяйства ..... 7

## ЭКОТОКСИКОЛОГИЯ

- С.Ю. Огородникова, Т.К. Головкин, Т.Я. Ашихмина* Реакции растений на действие метилфосфоновой кислоты ..... 7
- И.Г. Широких* Адаптивные реакции растений на факторы кислотности и токсичности алюминия ..... 8

## ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ОБРАЗОВАНИЕ

- В.В. Лунин, Е.С. Локтева* Учебно-научный центр Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова «Химия в интересах устойчивого развития – зеленая химия» ..... 9

## ХРОНИКА

- Т.Я. Ашихмина* Общественный форум-диалог «Атомная энергия, общество, безопасность» ..... 9
- А.А. Широких* Пятый Всероссийский конгресс по медицинской микологии ..... 9

## ИНФОРМАЦИЯ

- XVIII Менделеевский съезд. Международный симпозиум «Зелёная химия, устойчивое развитие и социальная ответственность химиков» ..... 10

- ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ ..... 10



# CONTENTS

## THEORETICAL PROBLEMS of ECOLOGY

- E.M. Pankratova, L.V. Trefilova* Symbiosis as Basis  
for Existence of Cyanobacteria in Nature and In Vitro ..... 4
- L.I. Domracheva, L.V. Kondakova, O.A. Pegushina, A.I. Fokina*  
Biofilms Nostoc commune as Special Microbiota Sphere ..... 15
- T.V. Borzova, Yu.V. Oleynikov*  
Ecology and Ecological Interactions ..... 20

## ECOLOGICAL RISK And ECOLOGICAL SAFETY

- V.M. Kuznetsov, E.E. Kuznetsova* Comparative Potential  
Danger of Nuclear Fuel Cycle Enterprises ..... 30

## METHODOLOGY And METHODS of RESEARCH. MODELS And FORECASTS

- B.I. Kochurov, A.Ya. Smirnov, V.A. Lobkovskiy*  
Efficiency Estimations of the Regional Nature Management in  
the «Population - Territory - Resources - Economy» System ..... 37
- V.L. Bondarenko, V.V. Gutenev, V.V. Privalenko, T.S. Polyakov*  
Environmental Influence Estimations at the Zelenchuk  
Hydroelectric Power Plant Reservoir Designing ..... 46

## MONITORING of the CONTAMINATED TERRI- TORIES

- V.G. Initskiy, A.E. Selukov, V.V. Zakharov, N.V. Syrchina*  
Organization of the Republic of Komi Oil  
Fields Ecological Monitoring ..... 56

## BIOINDICATION And BIOTESTING of XENOBIOTICS

- N.A. Kireeva, T.R. Kabirov, I.E. Dubovik* Oil-Polluted  
Soils Complex Biotesting ..... 65
- V.N. Chupis, E.A. Luschay, I.N. Larin, A.A. Zagrekov,  
E.V. Il'ina, D.E. Ivanov* Test Organisms Sodium Arsenit  
Sensitivity in the Environment Quality Multicomponent  
Biotesting System ..... 69

## ECOLOGIZATION of INDUSTRY

- T.V. Khurshkaynen, N.N. Skripova, A.V. Kuchin* Highly  
Effective Technology of the Vegetative Raw Material Complex  
Processing and the Manufacturing of Preparations  
for Agriculture ..... 74

## ECOTOXICOLOGY

- S.Y. Ogorodnikova, N.K. Golovko, T.Y. Ashikhmina* Plants  
Reaction to the Methylphosphonic Acid Influence ..... 78
- I.G. Shirokikh* Plants Adaptive Reactions to the Aluminium  
Acidity and Toxicity Factors ..... 84

## ECOLOGICAL EDUCATION

- V.V. Lunin, E.S. Lokteva* The Moscow Michailo Lomonosov State  
University «Chemistry for Sustainable Development - Green  
Chemistry» Educational-Researching Center ..... 90

## NEWS

- T.Y. Ashikhmina* «Atomic Energy, Society and Security» - Public  
Forum Dialogue ..... 94
- A.A. Shirokikh* The Fifth All-Russian Medical Mycology  
Congress ..... 97

## INFORMATION

- The 18th Mendeleev Congress. International Symposium -  
«Green Chemistry, Sustainable Development and the  
Chemists' Social Responsibility» ..... 99

- THE RULES FOR THE AUTHORS ..... 100



## Симбиоз как основа существования цианобактерий в естественных условиях и в конструируемых системах

Е.М. Панкратова, Л.В. Трефилова

Вятская государственная сельскохозяйственная академия

Цианобактерии как древнейшие организмы первородно существовали в виде симбиозов, прежде всего с бактериальной гетеротрофной микрофлорой, выполняющей роль редуцентов и стабилизирующей существование первичного ценоза. В настоящее время данная гипотеза подтверждена работами по бактериальной палеонтологии, опытами по моделированию строматолитов и многочисленными наблюдениями за существованием цианобактерий в природных условиях. Способность цианобактерий входить в симбиотические отношения с разнообразными представителями флоры и фауны развилась в процессе эволюции жизни на Земле и послужила основой для их сохранения, широкого распространения и, более того, процветания в определенных экотопах. Это свойство цианобактерий использовано при создании синцианозов.

Cyanobacteria as the oldest organisms have primarily existed in the form of symbioses, most symbioses being formed with heterotrophic bacterial microflora which plays the role decomposers thus stabilizing initial coenosis. This hypothesis has been verified by papers on bacterial paleontology, simulation models for investigation of stromatolites, and numerous cyanobacteria observations in natural environment. Cyanobacteria evolved their ability to form symbiotic relationships with various floral and faunal forms during the evolution of life on Earth. This ability has enabled them to ensure their own survival, widespread occurrence and, moreover, prosperity in certain ecotopes. This property of cyanobacteria was used in creating syncyanoses.

### Введение

Симбиоз как совместное существование неродственных организмов – это функциональное явление адаптации каждого партнёра и системы в целом к меняющимся условиям среды обитания. Наиболее общий результат симбиотических отношений состоит в увели-

чении экологических возможностей организмов, что является движущей силой возникновения симбиоза. Как правило, они возникают в среде, обеднённой жизненными ресурсами, а симбиотические взаимоотношения партнёров увеличивают возможности их выживания [1]. Ни одна другая группа микроорганизмов не использовала в таком объёме симбиотические

Таблица 1

Симбиотические ассоциации цианобактерий с прокариотными и низшими эукариотными организмами

В ассоциации с:	Симбионт	Примечание
Суанобактерия гетероцистные и негетероцистные формы	Различные нефотосинтезирующие бактерии (helper-bacteria)	Находятся в слизистых чехлах и околочелочной слизи в течение всей жизни ЦБ. Видовой состав изменяется в зависимости от среды.
Algae Морские и пресноводные Vaccillariophyta Морские Chlorophyta: <i>Codium fragile</i> , <i>C. adhoerous</i> , <i>C. decorticantia</i>	ЦБС: <i>Richelia</i> , <i>Calothrix</i> , одноклеточные ЦБ ЦБС: <i>Microcoleus</i> , <i>Calothrix</i> , <i>Scytonema</i>	ЦБС находится в периплазматическом пространстве. Эндосимбиоз. ЦБ сначала представлены эпифитами, потом ЦБС локализуется в утриколах, т.е. является эндосимбиотом.
Fungi (цианолишайники) Фикомицет <i>Geosiphon puriforme</i>	ЦБС: <i>Nostoc</i> , <i>Scytonema</i> , <i>Stigonema</i> , <i>Fischerella</i> , <i>Calothrix</i> , <i>Microcoleus</i> , Одноклеточные ЦБ <i>Nostoc sphaericum</i>	Межклеточный симбиоз. Двухкомпонентный симбиоз только с ЦБС. Трёхкомпонентный – включает и зелёные водоросли. Гриб развивается внутри клеток ностока (сбалансированный паразитизм?).

Примечание. Условные обозначения: ЦБ – цианобактерии; ЦБС – цианобактериальный симбионт.  
Ссылки на источник в тексте.



Симбиотические ассоциации цианобактерий с высшими растениями

Ассоциации с:	Цианобактериальный симбионт (ЦБС)	Примечание
<i>Bryophytes</i> <i>Antoceros punctatus</i> <i>Blasia pusilla</i> <i>Cavicularia densa</i> <i>Sphagnum spp.</i> <i>Polytrichum commune</i> <i>Mnium spp.</i> <i>Brium argenteum</i>	<i>Nostoc punctiforme</i> <i>N. sphaericum</i> <i>N. sphaericum</i> <i>N. sphaericum</i> <i>Nostoc</i> <i>Nostoc</i> <i>Nostoc, Anabaena</i>	ЦБС находится в слизистых камерах на внутренней стороне гаметофита. Межклеточный симбиоз.  ЦБС в гиалиновых клетках на зелёных верхушках мха.
<i>Pteridophytes</i> <i>Azolla</i> (7 видов)	<i>Nostoc azollae</i> (ранее идентифицировался <i>A. azollae</i> )	ЦБС в камерах на ваях около стебля спорофита.
<i>Lemna</i> <i>L. minuscula</i> <i>L. gibba</i> <i>L. trisulca</i> <i>L. spirodella</i>	<i>Nostoc, Gloeotrichia,</i> <i>Anabaena, Calothrix,</i> <i>Cylindrospermum</i>	ЦБС на поверхности листьев и в эпидермисе на корнях; нитрогеназная активность в десятки раз ниже, чем на листьях.
<i>Gymnosperms</i> <i>Cycads</i> (9 родов и 90 видов)	<i>N. cycadae</i>	ЦБС в апогеотропных корнях и кортикальной зоне корневых клубеньков; в бугорках около основания листа. Много гетероцист. Способен к фотосинтезу.
<i>Angiosperms</i> <i>Gunnera kaalesis</i> <i>G. manigata</i> <i>G. seabra</i> <i>G. magilanica</i>	<i>Nostoc</i> <i>N. punctiforme</i> <i>N. punctiforme</i> <i>N. punctiforme</i>	ЦБС вокруг клеток хозяина, около железок стебля. Теряет фикоцианин.
<i>Orhids</i> <i>Calanthe vestita</i> <i>Dendrobium moshatum</i> <i>Acampe papillosa</i>	<i>Nostoc, Oscillatoria</i> <i>Nostoc</i> <i>Nostoc</i>	ЦБС в слое клеток воламена

отношения, как цианобактерии (ЦБ). Назрела необходимость инвентаризации этих систем. Появился материал, позволяющий использовать эволюционные подходы к объяснению их возникновения. Требуется обсуждения возможность использования естественных и искусственных симбиозов в биотехнологии и, в частности, в агробиотехнологии.

**Распространение симбиозов.** Эволюционно первородными местообитаниями для ЦБ были океанические воды, поэтому первоначально им дали название растений, растущих в воде, – водорослей. Естественны ожидания и поиски ассоциативных связей с обитателями этих биомов. Они были найдены среди морских диатомей и морских зелёных водорослей (табл. 1), водного папоротника (табл. 2), губок (табл. 3) и даже видов водных насекомых. Самые тесные, по существу эволюционно «первородные», ассоциации у ЦБ возникли с различными нефотосинтезирующими бактериями. В большинстве случаев уже в качестве этого цианобактериального симбиоза они являются партнёрами более сложных построений с другими организмами. ЦБ создали единые организмы с океаническими и пресноводными диатомовыми водорослями (*Bacillariophyta*), имеющими хромато-

фор [2]. К примеру, *Richelia intracellularis* (*Cyanobacteria*) обнаружена в клетках нескольких видов *Rhizosolenia* и *Hemiaulus*: *H. haukii*, *H. membranaceus*. Морские зелёные водоросли (*Chlorophyta*) (табл. 1), в частности, виды *Codium* (*C. fragile*, *C. adhaerous*, *C. decorticatum*) имеют эндофитом также цианеи [3]. Хозяевами в симбиозе могут быть также водорослевые клетки, лишённые пластид, имеющие неопределённое таксономическое положение [4].

К одним из самых известных и распространённых симбиозов относится лишайниковый. Около 8 – 10% от приблизительно 18000 видов являются цианолишайниками [5]. Необычный симбиоз отмечен между фикомицетом *Geosiphon pyriforme* и *Nostoc sphaericum*. Клетки ЦБ имеют нередуцированную, типичную для *Cyanobacteria* клеточную стенку. Гифы оплетают ЦБ и проникают в гормонии, где способны переживать неблагоприятные условия. Номенклатура такого симбиоза устанавливается. Формально его относят к *Glaucophyta* [6]. Не менее широко симбиозы, в которые входят ЦБ, распространены среди более сложных организмов (табл. 2).

Хорошо известны симбиозы печёночников *Blasia* и *Cavicularia* [7] с 7 видами вод-



Симбиотические ассоциации цианобактерий с протистами и животными

Ассоциации с:	Цианобактериальный симбионт (ЦБ)	Примечание
<i>Protists</i> <i>Amoeba</i> <i>Paulinella chromatophora</i> <i>Glaucophyta (Cyanophora)</i>	Цианеллы	Внутриклеточное включение ЦБ, напоминающее одноклеточные формы. Сильный метаморфоз ЦБС.
<i>Sponges</i> <i>Calearea</i> <i>Desmospongia</i>	<i>Aphanocapsa</i> <i>Phormidium</i>	Губки в фотической зоне моря. ЦБС находится между клетками в поверхностных тканях.
<i>Diptera</i> <i>Chironomidae</i> <i>Cricotopus nosticola</i> <i>C. fuscata</i>	<i>Nostoc</i>	Симбиоз с личинками двукрылых насекомых, живущих в небольших открытых водоемах. ЦБС сильно морфологически изменен.

ного папоротника *Azolla* [8], имеющими симбионтом *Anabaena (Nostoc)*.

Виды *Nostoc* и *Hapalosiphon*, наряду с сопутствующими им видами гетеротрофных бактерий, оказываются захваченными гиалиновыми клетками мхов, например *Sphagnum*, *Polytrichum*, *Mnium*, *Brium* [9]. Широко распространённое водное растение ряска (*Lemna*) покрывает часть азотного дефицита за счет симбиоза с ЦБ. Её виды – *L. minuscule*, *L. alba*, *L. gibba*, *L. trisulca*, *L. spirodella* образуют симбиотические ассоциации с разнообразными гетероцистными формами ЦБ. ЦБ находятся в симбиозе с 9 родами и 90 видами *Cycads* [10] и 8 видами *Gunnera* [11], найдены и в группе

орхидных растений [12]. Есть единичные сообщения о нахождении in situ ЦБ в клубеньках *Trifolium alexandrinum* [13, 14].

ЦБ образовали симбиозы с животным (табл. 3). Эти организмы, фактически находясь «на грани двух миров» (растений/животных), – протисты. В них фотобионт превращается во внутриклеточное включение, напоминающее одноклеточные формы цианей, получившие название цианеллы [4], под которым они вошли в учебники микробиологии. Не являются протисты наглядным примером из возможной истории возникновения эукариотной клетки. Тем более что на основании молекулярных исследований 16S РНК в настоящее время получены доказательства происхождения пластид растений от общего предка, подобного ЦБ [15].

В большинстве случаев идентификация цианобактериального симбионта затруднена. В настоящее время в таксономических определителях не приводится различий между родами *Nostoc* и *Anabaena* (принадлежащих одному порядку *Nostocales*) в процессе их нефиксации. Помимо этого, при симбиотическом существовании ЦБ модифицируются метаболизм (вплоть до утери фотосинтеза у цианобактериального симбионта *Gunnera*), морфология и структура клетки, часто отмирают вегетативные клетки и увеличивается (не по диагнозу вида) количество гетероцист [16]. Это отражает адаптацию ЦБ в процессе пространственной и метаболической интеграции партнеров в единую симбиотическую систему. Очень часто в симбиозе принимают участие несколько видов, следовательно, популяций ЦБ, что также осложняет идентификацию цианобактериального симбионта. В этом случае авторы часто ограничиваются лишь родовым названием (табл. 1, 2, 3).

Приведённый довольно эклектичный обзор (вопрос требует монографического из

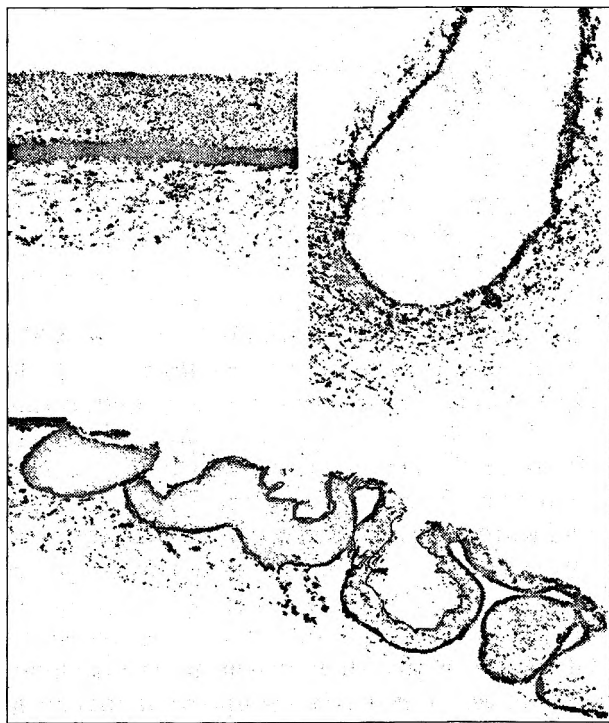


Рис. 1. Структурные модификации внешних покровов *Nostoc commune* Vauch. (По: [19])

жения) всё же позволяет сделать два заключения: во-первых, отметить, что симбиотические связи ЦБ очень обширны (по-видимому, эти организмы использовали все пути для выживания) и, во-вторых, что исследователи цианобактериальных симбиозов находятся только в начале инвентаризации их форм.

**Цианобактериальный симбионт.** В настоящее время формируется мнение, что сами ЦБ изначально, т. е. в процессе возникновения жизни на нашей планете, образовали тесные ассоциативные связи с гетеротрофными нефотосинтезирующими бактериями, т. е. представляют собой типичный сложный коэволюционно возникший организм. Согласно современной парадигме, основа которой была заложена в трудах В.И. Вернадского [17], многие организмы появились на Земле сразу в виде экосистем со структурой первичных продуцентов, консументов и редуцентов. Существование ЦБ датировано бактериальной палеонтологией [18] эпохой докембрия в составе сложно организованных сообществ (биоплёнок, цианобактериальных матов, древних и современных строматолитов). ЦБ являлись эдификаторами таких систем, как фототрофы, выполняющих основную функцию «кормильца» (снабженца). Этот симбиоз сохранился до нашего времени. Определение «свободноживущие» ЦБ не соответствует реалиям. Доказательства того, что ЦБ нельзя рассматривать как дискретные целостные организмы сводятся к следующим соображениям. В природе ЦБ всегда находятся в биологической системе с гетеротрофными бактериями, заселяющими структурированную слизь, окружающую одиночные клетки и чехлы нитей. Слизистые обёртки на поверхности у некоторых видов переходят в кожистые плёнки, называемые перидермом. Исследование слизи у *N. commune* (рис. 1) показало в ней радиально ориентированные фибриллы, внешние слои её трансформируются в

видимые инвагинации, которые могут быть для бактерий «ловчими мешками».

Наряду с многочисленными функциями (физико-химические способы сорбции, участие в хелатинизации, облегчение движения гормогониев, защита от высыхания и избыточной инсоляции, роли запасного вещества, уменьшения парциального давления кислорода, защиты от фагоцитоза, механического повреждения и др.) слизь играет роль инкубационной камеры для бактериальных спутников, сферы их обитания, которая существует, вероятнее всего, миллионы лет.

Итак, целесообразно признать, что слизистые обёртки и чехлы ЦБ – это элементы структуры цианобактериальной особи, отличные от капсул эубактерий тем, что в них находятся бактериальные вселенцы – спутники ЦБ, составляющие вместе цианобактериальное сообщество. Ещё классик альгологии А.А. Еленкин писал: «Культуры синезелёных благодаря обилию выделяемой ими слизи чрезвычайно трудно освободить от бактерий, так как эти последние, живущие в симбиозе с синезелёными водорослями, не только ютятся на поверхности их тела, но и глубоко проникают в слизь колоний и влагалища нитей» [20].

Для ряда физиолого-биохимических работ необходимо иметь аксеничные (pure culture) культуры ЦБ. По нашим данным, они не могут долго жить в этом состоянии: сначала организм отстаёт в росте и в проявлении определённых функций (табл. 4), а затем гибнет или «заражается» новыми спутниками (возможно, сохранившимися в слизи в персистентном состоянии во время очистки).

Сохранить в коллекции аксеничные штаммы ЦБ очень трудно. Многие ЦБ до сих пор не удаётся получить в аксеничном состоянии, например, *Gloeothrichia natans* и *Microcoleus chthonoplastes*. У последней была обнаружена облигатная зависимость от *Pseudomonas*

Таблица 4

Сравнительный рост и азотфиксация цианобактериальных и чистых культур Cyanobacteria

Цианобактерия, штамм	Состояние культуры	Накоплено мг/100 мл среды	
		Сухое вещество	Азот
<i>Anabaena cylindrica</i> , 527*	Цианобактериальная	80.0±1.01	4.91±0.12
Та же	Аксеничная	38.5±0.28	3.72±0.08
<i>Nostoc muscorum</i> , 137	Цианобактериальная	91.2±0.99	5.60±0.17
Та же	Аксеничная	87.3±1.03	3.20±0.22
<i>A. variabilis</i> , 305*	Цианобактериальная	22.4±0.22	1.59±0.15
Та же	Аксеничная	15.3±0.25	1.30±0.11
<i>N. paludosum</i> , 18	Цианобактериальная	60.2±0.28	5.01±0.08
Та же	Аксеничная	30.1±1.02	2.95±0.09

Примечание. Отмечены культуры коллекции CALU (Collection Algal in Leningrad University, Громов). Экспозиция в люминестате на безазотистой среде Громова №6 [21] в течение месяца.



*nautica*; её отсутствие приводило к ингибированию цианей продуктами фотосинтеза, такими как перекись водорода и кислород, т. к. она не имеет каталазной активности [22].

Мировые коллекции ЦБ скромно умалчивают о количестве бактериально-чистых культур (исключение *Pasteur collection*. Париж. [23]). В то же время, находясь в коллекциях в виде одновидовых популяций в присутствии бактерий-спутников, они при регулярном пересеве на свежую среду сохраняются активными десятилетия. Образование стабильных ассоциаций между ЦБ и нефотосинтезирующими бактериями невозможно без взаимной регуляции партнёров, что является ключевым механизмом взаимодействия. Так, численность бактериальных клеток в культуральной среде (жидкая культура ЦБ) всегда больше, чем в околочеточной слизи. С возрастом численность бактерий в околочеточной слизи в условиях замкнутых жидких культур уменьшается, что свидетельствует об установлении гомеостаза. Биомасса бактерий составляет только 2% от массы азотфиксирующих ЦБ [24].

Бактерии-спутники представлены всеми физиологическими группами: аммонификаторами, олигонитрофилами, денитрификаторами, актиномицетами [24]. Принципиальное значение имеет вопрос об уровнях близости бактерий-спутников к цианобактериальной клетке. Как отличить вселенцев в слизистые обёртки от обычных спутников этих организмов в любой среде обитания? Каковы основы упорядоченного взаимодействия и взаимозависимости партнёров, образующих единую систему?

Исследования начались с изучения видового состава *helper-bacteria*. Он оказался непостоянен как по численности клеток, так и по видовому разнообразию, что определялось экологическими условиями биотопа. Наиболее постоянны (так называемые «сквозные виды») только некоторые слизевые олигонитрофильные бактерии: беспоровые грамтрицательные палочки, относящиеся к родам *Chromobacterium* и *Pseudomonas*. Значительно меньше, но постоянно встречаются бактерии из родов *Mycobacterium*, *Micrococcus*, *Sarcina*, *Bacillus* [25]. Видовой состав и численность клеток меняются без строгой пролиферации к клеткам ЦБ в зависимости от изменяющихся условий. Создаётся впечатление, что клетки фототрофа «рекрутируют» в сообщество бактерии, помогающие ему выжить в конкретных условиях, ограничивая доступ другим, т. е. регулируют их состав. Среди них могут обнаружиться и совершенно случайные

виды бактерий – холерный вибрион [26], легионелла [27]. Партнёры цианобактериальных комплексов (ЦБК) взаимосвязаны так, что конечные продукты жизнедеятельности одного вида служат ресурсом (энергии либо вещества) для другого, а изъятие этих ресурсов есть необходимое условие поддержания разности концентраций субстрата и продукта. ЦБК, в отличие от многих других симбиозов, очень динамичен.

Есть ещё одно неоспоримое доказательство, что ЦБ образуют единый комплекс с нефотосинтезирующими бактериями. ЦБК тиражирует себя в условиях симбиозов с различными организмами. Так, *Azolla pinnata* фактически представляет трехкомпонентный симбиоз: папоротник + носток + гетеротрофные бактерии-спутники. Последние как минорный компонент обеспечивают устойчивость симбиотической ассоциации [28]. У орхидных в слизи, где находятся ЦБ, присутствует большое число кокко- и палочковидных бактериальных клеток [12]. Утверждается участие именно ЦБК в развитии симбиоза с саговниками [29].

Таким образом, можно заключить, что пока неизвестна специфичность сопутствующей цианобактериальной микрофлоры, границы изменчивости ЦБК в разных условиях, однако изучение последнего позволяет считать, если не генетическую определенность состава *helper-bacteria*, то, по крайней мере, генетическую предрешённость их вселения.

Становится очевидной неисчерпаемость объекта понятием *Cyanobacteria*, если принять эталоном только их клетки. Парадокс, но сложившееся совершенно по другим принципам определение, подчеркивающее сходство этих организмов с бактериями, оказалось удачным с точки зрения симбиоза их с бактериями, и термин должен писаться через дефис циано-бактерии (*Cyano-bacteria*). Только консервативность научного мышления отвергает мысль, что циано-бактериальные клетки – это изначально природный симбиоз.

**Взаимоотношения цианосимбионта с партнёрами симбиоза.** Даже при поверхностном обзоре цианобактериальных симбиозов загадочным остаётся факт почти одностороннего участия в них ЦБ, относящихся к порядку *Nostocales*, преимущественно к роду *Nostoc*. Представители этого рода обладают гетероцистами и связанной с ними азотфиксацией. Остаётся невыясненным до конца вопрос: кто ког и как выбирает – ЦБ хозяина или наоборот.

Чаще всего наличие гетероцистных форм ЦБ в синцианозах связывают с улучшением азотного статуса хозяина за счёт азотфиксации партнёра. Этим и объясняют комплектацию различных организмов в бедных по питательным свойствам местообитаниях. Вместе с тем довлеющая парадигма, что усваивать молекулярный азот могут лишь гетероцистные формы ЦБ (оказавшаяся, кстати, в своё время очень плодотворной), оставляет без внимания многие виды этой группы организмов, хотя фактический материал заставляет часто признать их участниками симбиоза (табл. 1 и 2). В последние годы фиксация азота обнаружена у ЦБ, не образующих гетероцисты. У большинства из них найден нитрогеназный белок. Его активность сравнима с белком гетероцистных форм ЦБ, но он не всегда функционирует по пути восстановления  $N_2$  [2].

Наши исследования показали на примере безгетероцистной ЦБ *Phormidium inundatum* Kutz наличие в её внешне недифференцированных нитях зон с повышенной нитрогеназной активностью, функционально сходных с гетероцистами. Блокирование этих зон кристаллами формазана резко уменьшало усвоение  $^{15}N_2$ . Наличие азотфиксации у безгетероцистных форм ЦБ обычно происходит в микроаэрофильных и в микроаэробных условиях или при пониженной интенсивности света [30, 31].

Значительный объем исследований посвящён изучению взаимоотношений партнёров в естественных синцианозах (Inter. Symp. of Cyanobacterial biotechnology, September 18-21, 1996, New Delhi Calcutta). Наиболее общая картина высвечивается в том случае, когда цианобактериальный симбионт (ЦБС) является азотфиксатором, а партнёр этим свойством не обладает: ЦБС усваивает молекулярный азот, транспортирует его в виде аммиака к нефиксирующему азот партнёру, что увеличивает резервы его роста.

Фиксация  $CO_2$  и обмен её продуктами между партнёрами отличаются в различных симбиозах. У диатомовых оба симбионта фиксируют углекислый газ. У цианолишайников процесс фотосинтеза сосредоточен в ЦБС, но его продукт в виде глюкозы передвигается к грибам только в бисистемных лишайниках.

Оба партнёра мохообразных фиксируют  $CO_2$  и продукты фотосинтеза и того, и другого направляются в русло азотфиксации и роста. Оба партнёра азоллового симбиоза обладают фотосинтезом, часть продуктов которого направляется к азотфиксирующему ЦБС. У зелёной морской водоросли *Codium fragile subsp.*

*tomentosoides* Silva, где ЦБ составляют до 20% от её общей биомассы, фиксированный азот достигает только 15% от азота, ассимилированного хозяином (источники литературы приведены ранее). По-видимому, ЦБ находят преимущества обитания в микроразонах угрикол, но не во взаимозависимой метаболической активности [3].

Некоторые симбиозы, например цианолишайники, концентрируют многие элементы питания. Уровень N, P, K, Fe и Mg в них значительно выше, чем в окружающей среде, что положительно сказывается на растениях, растущих рядом с ними [32].

На характер взаимоотношений влияют рН среды обитания, гидротермический режим, освещённость, доступность элементов питания, газовый режим и состояние доминантного партнёра.

Таким образом, в какой-то мере сложилось представление об аутоэкологии ЦБ и синэкологии их в синцианозах, прежде всего, в плане приспособления к физической среде. Но эти симбиозы в совместной деятельности партнёров оказывают в свою очередь влияние на среду обитания.

**Экологическое влияние цианобактериальных симбиозов.** Цианобактериальные симбиозы могут оказывать влияние на уровне микроразона в почвенных микроразонах [33]. Особенно ощутимо их действие в аридных и полуаридных территориях в Северной Америке, Южной Африке и Австралии. Хотя климат и растительность в этих регионах резко различны, сукцессионная последовательность до развития наземной растительности начинается с ЦБ, входящих впоследствии в состав биологически сложных комплексов. Образуется сложная мозаика из цианей, зелёных водорослей, мхов, цианолишайников, микроскопических грибов и разнообразных бактерий. Живой ковер начального корочкообразования покрывает до 70% и создаёт до 95% биомассы в местах, свободных от высшей растительности. Полисахаридный материал цианобактериальных нитей прикрепляется к поверхности почвенных частиц, связывая их и предотвращая в какой-то мере ветровую эрозию. Скорость азотфиксации была определена в пределах от 2 до 365 кг/га в год. Однако потери связанного азота составляют до 77% в результате ветровой эрозии, улетучивания аммиака, денитрификации, поэтому содержание азота ниже в пустынных почвах по сравнению с другими экосистемами. Во всяком случае, высшая растительность в этих местообитаниях существует за счёт азотфиксирующей способности ЦБ и их симбиозов [32].



В северных и умеренных широтах играют значимую роль цианолишайники. Особенно обильны они в открытых пространствах тундры и лесотундры, где часто ими определяется характер ландшафта.

Нам удалось исследовать активность двух цианолишайников в более южном регионе – Кировской области: *Peltigera canina* (L.) Wild и *P. aphthosa* (L.) Wild. (табл. 5). Местообитание – сосновый лес, вдоль дороги и на опушках. Цианобионт – *Nostoc*, до вида не идентифицирован, так как нити редуцированы. Клетки ЦБС капсулируются толстым слоем слизи.

Биомассу лишайников *in situ* определяли в конце сентября при возврате тепла после осенних заморозков. Оказалось, что она весьма значительна, содержит высокий процент азота и обладает азотфиксирующей способностью даже при низких температурах почвы. Принимая во внимание, что *пельтигера* отличается медленным ростом, увеличиваясь за год всего на 20-45 мм, вряд ли она играет большую экологическую роль.

В практическом плане большое внимание уделяется азолла-анабеновому (ностоковому) симбиозу, играющему большую роль в земледелии рисосеющих регионов.

Стала более ясна роль ЦБС в мире саговников и орхидных, способствующих сохранению биоразнообразия флоры [34].

В противоположность этому известно печальными экологическими последствиями «цветение» воды в зарегулированных водоемах под влиянием бурного размножения циановых.

Способность ЦБ и растений образовывать многочисленные симбиозы, в основе которых лежит свойство азотфиксации и фототрофности, привлекло мысль к их целенаправленному созданию (конструированию) в целях практического использования.

**Практические подходы к использованию синцианозов.** Работа идёт по двум направле-

ниям. Первое – конструирование микробных консорциумов на базе ЦБК. Это направление оформилось в виде приоритетного на кафедре ботаники, физиологии растений и микробиологии Вятской государственной сельскохозяйственной академии (ВГСХА) [35, 36, 37, 38, 39, 40].

Второе – изучение способности к совместному росту ЦБ с более чем десятком видов растительных партнёров, имеющих разный уровень организации, – от культивируемых клеток, тканей до интактных растений. Это направление развивается на кафедре физиологии микроорганизмов биологического факультета МГУ и достаточно обобщено [34]. При создании микробных синцианозов первоначально нами преследовалась цель чисто утилитарная: разработать на основе ЦБ новый подход к приёму инокуляции бобовых растений ризобиями. Известно, что он даёт нестабильные результаты, часто из-за плохой приживаемости инокулята и конкурентных отношений с аборигенной микрофлорой. Требовалась защита инокулята в момент его внесения, для чего предполагалось использовать мощные адаптационные возможности ЦБ, которые сами по себе, обладая ризогенным эффектом, стимулировали развитие корневой системы растения и способствовали заражению молодых корешков.

Затем задача была расширена до создания на основе ЦБ микробных консорциумов с агрономически полезной микрофлорой, опять-таки предназначенной для инокуляции почвы и семян. Здесь могли преследоваться разные цели биотехнологии, а с агрономических позиций – усиление роста растений.

Принцип использования сложных микробных консорциумов в агробиотехнологии основан на том, что в последние десятилетия микробиологи пришли к выводу о малой эффективности инокуляции почвы и семян мо-

Таблица 5

Азотфиксирующая активность и биомасса лишайников в сосновом лесу (Кировская область)

Лишайник	Избыток <sup>15</sup> N <sub>2</sub> в талломах после инкубации, ат. %		Масса лишайника, ц/га за сезон	Содержание азота в талломах	
	При 20 <sup>0</sup> С	При 2 <sup>0</sup> С		В %	В массе, кг/га
<i>Peltigera canina</i>	0.18	0.08	18.9	4.5	85.3
<i>Peltigera aphthosa</i>	0.11	0.05	15.4	4.0	61.6

Примечание. Для инкубации использован вакуум-эксикатор и чашки Петри, куда на увлажнённую фильтровальную бумагу помещали образцы. Экспозиция 5 суток. Освещение аппаратуры 3-4 тыс.лк. Состав атмосферы: 30% N<sub>2</sub> с обогащением <sup>15</sup>N 30 ат.%; 20% O<sub>2</sub>, 5% CO<sub>2</sub>. Давление выравнивали аргоном. Анализ <sup>15</sup>N<sub>2</sub> проводили спектрально-изотопным методом.

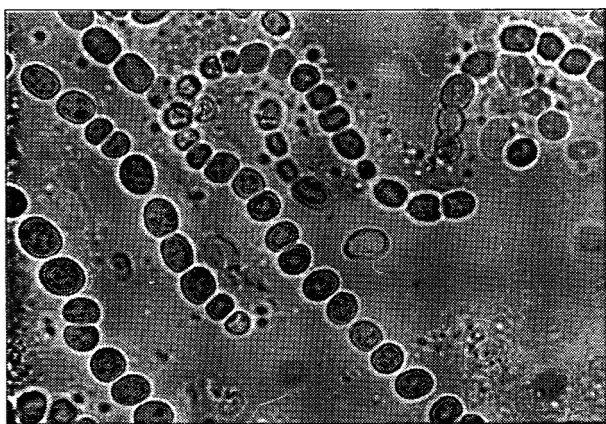


Рис. 2. Муцигель, окружающий вегетативные клетки *N. paludosum*, содержащий бактерии *Rhizobium leguminosarum* (фазово-контрастный микроскоп x2150).

нокультурами (популяциями одного вида) микроорганизмов и перспективности использования для этих целей их ассоциаций.

ЦБ как возможные компоненты и эдификаторы таких ассоциаций имеют следующие привлекательные черты:

- они могут существовать только при условии присутствия в их слизи helper-bacteria. В то же время непостоянство их видового состава оставляет возможность вселения в слизь программируемой микрофлоры;

- они легко вступают в ассоциативные связи и прочно их сохраняют при флуктуациях гидротермических условий среды;

- ЦБ приспособляются к вариации разнообразных почвенных условий благодаря многофункциональности процессов, заложенных в их геноме: могут осуществлять оксигенный или аноксигенный фотосинтез, расти в широком диапазоне содержания кислорода в микроразонах почвы – от анаэробных, микроанаэробных до аэробных условий;

- изменять процессы питания, переходя от автотрофии на миксотрофию и, в ряде случаев, на гетеротрофию;

- перестраивать физиолого-биохимические процессы при вариации гидротермических условий. Все это отличает их от остальных представителей царства прокариот.

Уникальные свойства ЦБ могут быть использованы для выживания бактериальных вселенцев, внедрённых в слизистые обёртки их клеток и нитей.

Этапы создания искусственных консорциев включали следующие ступени.

Прежде всего, проведён скрининг коллекционных культур ЦБ, представляющих одновидовую популяцию с нативными гетеротрофными спутниками. В критерии отбора входила скорость роста на минеральной безазотистой среде, размеры накопления азота (метод Къельдаля) и биомассы (по сухому веществу). После изучения 98 коллекционных штаммов (коллекция ВГСХА) по этим критериям выделили *Nostoc paludosum* Kutz., шт. 18; *N. linckia* (Roth.) Born et Flah., шт. 271, *Microchaete tenera* (Thur.) Elenk, шт. 265.

Затем следовала очистка отселектированных штаммов от бактерий-спутников.

Третий этап работы включал подбор новых, программируемых бактерий для образования искусственного консорциума. Мы исходили из принципа работы с теми видами, которые были отселектированы во ВНИИСХ микробиологии и уже использовались для приготовления агробиопрепаратов: виды рр. *Rhizobium* (Frank.), *Agrobacterium* (Conn.), *Pseudomonas* (Migula.) и *Arthrobacter* (Conn).

Заключительным этапом было изучение совместимости вселенцев с ЦБ, определение оптимального соотношения клеток партнёров, сроков подсева инокулята к культурам ЦБ, выбор субстрата для культивирования, определение жизнеспособности искусственных консорциумов при разных условиях и сроках.

В результате работы были получены искусственные консорциумы, названные нами агро-

Таблица 6

Влияние инокуляции семян бобовых культур на образование клубеньков и нитрогеназную активность (сводные данные по опытам А.А. Калинина, А.А. Ковиной, Е.М. Панкратовой, И.А. Устюжанина)

Культура	Состав инокулята	Количество клубеньков, шт.
Горох	<i>Rhizobium leguminosarum</i>	577 на одно растение
	<i>Nostoc paludosum</i> + <i>Rhizobium leguminosarum</i>	977 на одно растение
Козлятник	<i>R. galegae</i>	13735 на м <sup>2</sup>
	<i>N. paludosum</i> + <i>R. galegae</i>	26240 на м <sup>2</sup>
Клевер	<i>R. trifolii</i>	6820 на м <sup>2</sup>
	<i>N. paludosum</i> + <i>R. trifolii</i>	8980 на м <sup>2</sup>



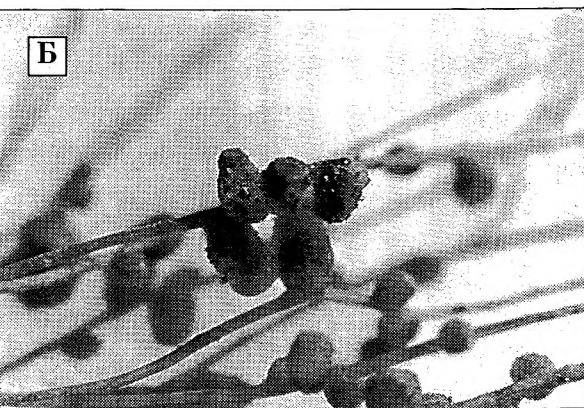
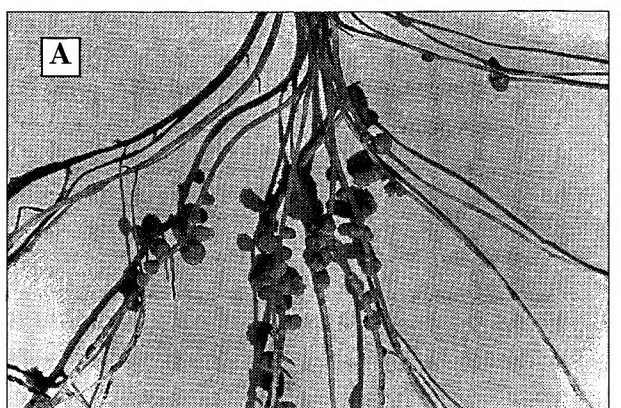


Рис. 3. А – образование клубеньков на корнях гороха при инокуляции консорциумом *N. paludosum* + *R. leguminosarum*; Б – обрастание корней и клубеньков гороха цианобактерией *N. paludosum*. (По: Панкратова и др., 2004)

цианами, самыми перспективными из которых оказались симбиозы между *Nostoc paludosum* и видами *Rhizobium*. Удалось показать, что клетки ризобий проникают в слизь, окружающую клетки ностока (рис. 2) [38, 39].

Бинарные консорции ностока с ризобиями оказались структурами, способными сохраняться длительное время в коллекции.

При инокуляции растений искусственными микробными системами на их корнях образовывалось больше клубеньков, чем при стандартной инокуляции семян *Rhizobium* (табл. 6), при этом увеличивалась нитрогеназная активность.

В водных культурах хорошо была заметна концентрация ЦБ на клубеньках (рис. 3. А, Б), поэтому их цвет менялся от бледно-розового до зеленоватого.

Удалось показать, что ЦБ проникали внутрь клубеньков, что хорошо видно на приведённой фотографии (рис. 4).

Кроме того, нужно отметить, что ЦБК обладают фитосанитарным эффектом, угнетая или

уничтожая некоторые виды грибов рода *Fusarium* (*F. nivale* на озимой ржи, *F. culmorum* на капусте), а также возбудителей килы (*Plasmodiophora brassicae*) и черной ножки. Примером может быть материал, представленный на рисунке 5.

В перспективе на основе ЦБ могут быть созданы более сложные микробные консорциумы, состоящие из 3 – 4 консортов, для выполнения целенаправленных агрономических или экологических действий.

Можно прогнозировать, что консорциумы на основе ЦБ, учитывая широкий диапазон распространения последних, адаптационные возможности и легкость образования ассоциативных связей с гетеротрофной микрофлорой, в недалёком будущем могут быть использованы не только в агробиотехнологии, но и для различных целей, где требуется многостороннее микробиологическое воздействие на окружающую среду.

**Синцианозы на уровне высших растений.** Настоящая работа не преследовала цель освещения очень перспективного направления, созданного на кафедре физиологии фототрофных микроорганизмов МГУ по образованию искусственных синцианозов между высшими растениями и ЦБ. Эти пионерные исследования являются интеллектуальной собственностью коллектива названной кафедры. Наиболее подробный современный обзор сделан в работе М.В. Гусева [34], что освобождает нас от необходимости обобщения этих работ. Достаточно указать, что сообщено об искусственных синцианозах на примере клеток, тканей и целых растений: ряски, люцерны, рапса, бобов, табака, риса, паслена, чёрной смородины, женьшеня и раувольфии.

Создание синцианозов с высшими растениями заманчиво практически перспективами внедрения азотфиксирующего начала.

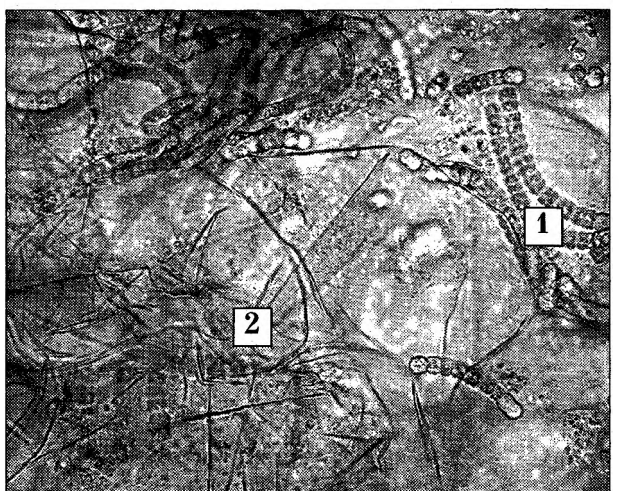


Рис. 4. Цианобактерии в клетках клубенька гороха: 1 – нить *Nostoc paludosum*; 2 – клеточная стенка клетки клубенька

Проведённые исследования по искусственным синцианозам позволили найти подходящие пути к очень перспективному направлению биотехнологии, в частности, к агробиотехнологии. Возможно, развитие именно ассоциативной симбиологии ближе всего стоит к осуществлению мечты земледельца – созданию растений, обладающих способностью усваивать молекулярный азот.

### Заключение

ЦБ – одна из наиболее изучаемых в настоящее время групп микроорганизмов, с которой связывается появление кислорода в атмосфере Земли, образование клетки как основной структурной единицы всего живого, создание генетического кода, ставшего универсальным для всех обитателей планеты. На основании метаболизма этих организмов развились два кардинальных процесса в биосфере – фотосинтез и усвоение молекулярного азота прокариотами. В основе дыхания также лежат процессы окислительного фосфорилирования, сформировавшиеся в те далёкие эпохи. ЦБ поражают наше воображение тем, что, возникнув миллиарды лет назад (какая форма жизни предшествовала этому – неизвестно), они преодолели условия «обнажённой» планеты, не экранированной от жёсткого излучения космоса, бурной тектоники и движения материков, повторяющихся оледенений и колебания температур в океане от 0 до 90 °С. При всех этих катастрофах и катаклизмах они сохранили с тех пор до нашего летоисчисления узнаваемые морфологические особенности. Удивительная их устойчивость

всегда озадачивала исследователей. Изучение закономерностей вхождения ЦБ в состав различных симбиозов в природе и в искусственно созданных консорциях дают доказательство в пользу гипотезы, что сохранение их в миллиардолетиях во многом обусловлено способностью вступать в тесные взаимоотношения с самыми разнообразными организмами. В одних случаях ЦБ, являясь эдификаторами сообщества, например, в симбиозах с нефотосинтезирующими прокариотами, «рекрутируют» в их состав бактерий-спутников, помогающих «пришлифоваться» к конкретному местообитанию и навязывая им свой режим выживания. В других, способные к экто- и эндосимбиозу ЦБ находят для себя защитную экологическую нишу в специальных полостях корней, листьев и стеблей, развиваясь по типу межклеточного и внутриклеточного симбиоза. В этих случаях они встраиваются в метаболические процессы хозяина.

Исследования естественных и модельных симбиозов обнаружило гораздо большее распространение этого явления с участием ЦБ, чем предлагалось ранее.

Последние десятилетия показали необходимость и перспективность изучения и использования в практике синцианозов. Таким образом, рожденные в симбиозе ЦБ, что, по видимому, эволюционно предопределено в генетической программе этих организмов, в нём и живут в природе. В то же время это определяет перспективность конструирования на основе ЦБ синцианозов *de novo*, что может оказать большое влияние на биотехнологию.

### Литература

1. Проворов Н.А. Генетико-эволюционные основы учения о симбиозе // Ж. общая биология. – 2001. Т. 62. – №6. – С. 472-495.
2. Rai A.N. Cyanobacterial nitrogen metabolism: relevance in agricultural biotechnology // In: Cyanobacterial biotechnology. Proceed. Int. Sympos. (Sept. 14-21. 1996) – Publ. Oxford a. IBN. – 1998. – P. 223-231.
3. Gerard V.A., Durgam S.E., Rosenberg G. Nitrogen fixation by cyanobacteria associated with *Codium fragile* (Chlorophyta): experimental effects and transfer of fixed nitrogen // Marine Biology. – 1990. – V. 105. – P. 1-8.
4. Reisser W. Endosymbiotic cyanobacteria and cyanellae // Cell interact. – Berlin e.a. – 1984 – P. 91-112.
5. Nath T.H. Lichen Biology. Cambridge University Press. Cambridge., 1996 – 303 p.
6. Mollenhauer D. Weihere untersuchungen an *Geosiphon puriforme*-einer Lebensgemeinschaft vor Pilz und Blaualgae // Natur und Mus. – B.118. – 1988. – № 10 – P. 289-309.
7. Stewart W.D.P., Rogers G.A. The cyanophyta – hepatic symbiosis. II. Nitrogen fixation and the

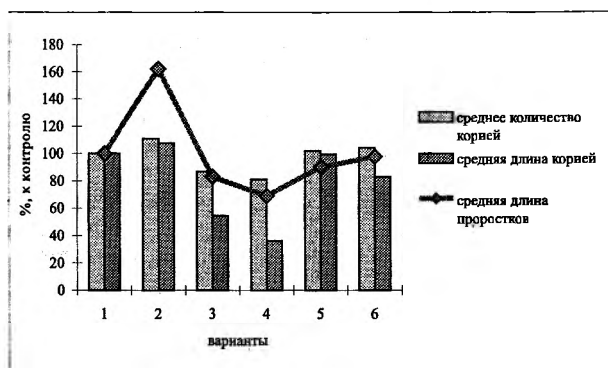


Рис. 5. Действие цианобактериальной обработки ржи, инфицированной фузариумом, на рост и развитие проростков. Варианты: 1 – контроль без обработки семян; 2 – обработка семян ЦБК; 3 – обработка семян *F. culmorum*; 4 – обработка семян *F. nivale*; 5 – обработка семян, инфицированных *F. culmorum*, ЦБК; 6 – обработка семян, инфицированных *F. nivale*, ЦБК.



interobange of nitrogen and carbon// *New Phytol.* – 1977. – V. 78. №2. – P. 458-474.

8. Ding-Li Shi, Hall D.O. The Azollae-Anabaena association: historical perspective symbiosis and energy metabolism// *Bot. Rev.* – 1988. – V. 54. – №4. – P. 353-386.

9. Meeks J.C. Symbiosis between nitrogen fixing cyanobacteria and plant// *Bio Science.* – 1998. – V.48. – P. 266-276.

10. Lindblad P., Bergman B. The cysad-cyanobacterial symbiosis// In: A.N. Rai (ed.). *Handbook of Symbiotic Cyanobacteria.* – CRC Press Boca Raton. Florida. – 1990. – P. 137-159.

11. Towato E.M. Morphometric and cytochemical ultra structural analyses of *Gunnera kaalensis* Nostoc symbiosis// *Bot. Gaz.* – 1985. – V. 146. – P. 293-301.

12. Цавкелова Е.А., Лобакова Е.С., Коломейцева Г.Л., Чердынцева Т.А., Нетрусов А.И. Особенности локализации ассоциативных цианобактерий на корнях эпифитных орхидей// *Микробиология.* – 2003. – т. 72, № 1. – с. 99-104.

13. Vencataraman G.S. Nitrogen fixation and production of extracellular nitrogenous substance by an endophytic Nostoc strain, isolated from the root nodules of Egyptian clover (*Trifolium alexandrinum*)// *Proc. Symp. Algology Indian Council of Agricultural Res. New Delhi, 1960.* – P. 119

14. Панкратова Е.М., Зяблых Р.Ю., Ковина А.Л., Трефилова Л.В., Устюжанин И.А. Исследование формирования и эффективность в агробиотехнологии цианобактериальных консорциумов// 60 лет высш. аграр. образ. Северо-Востока Нечерноземья. Материалы I Всерос. научн.-практ. конф. – Киров, 2004. – С. 151-156.

15. Douglas S.E., Turner J. Molecular evidence for the origin of plastids from a cyanobacterium-like ancestor// *S. Mol. Evol.* 1991. – V.33. – № 3. – P. 267-276.

16. Горелова О.А. Растительные синцианозы: изучение роли макропартигнера на модельных системах. Автореф. дисс....докт. биол. наук. М. 2005. – 47 с.

17. Вернадский В.И. Живое вещество и биосфера. – М. – Наука. 1994. – 669 с.

18. Бактериальная палеонтология. М.: ПИН РАН. 2002. 188 с.

19. Bazzichelli G., Abdelahad N. Structural modifications in the extracellular investment of *Nostoc commune* Vauch. during the life cycle. III Macrocolonies // *Arch. Microbiol. Sypl. (Algological studies).* 1989. – V. 82, №3. – P. 365-370.

20. Еленкин А.А. Синезелёные водоросли СССР. Общая часть. – 1936. – М.-Л. – Наука: Изд. АН СССР. – 545 с.

21. Громов Б.В., Титова Н.Н. Коллекция культур водорослей лаборатории микробиологии Биологического института Ленинградского университета // Культивирование коллекционных штаммов водорослей. Л.: ЛГУ. 1983. С. 3-27.

22. Дубинин А.В., Герасименко Л.М., Ванецкая С.Л., Гусев М.В. Отсутствие роста цианобактерии *Microcoleus chthonoplastis* в чистой культуре // *Микробиология.* 1992. Т. 60. № 1. С. 57 – 63.

23. Rippka R., Deruelles J., Waterbury J.B., Herdman M., Stanier R.Y. Genetic assignments strain histories and properties of pure cultures of cyanobacteria // *J. Gen. Microbiol.* – 1979. – V.111. – N1. – P. 1 – 61.

24. Штина Э.А., Панкратова Е.М. Взаимодействие азотфиксирующих синезелёных водорослей с микроорганизмами-спутниками // Актуальные проблемы биологии синезелёных водорослей. – М. – 1974. – С. 61-78.

25. Андреев Е.И., Коптева Ж.П., Занина В.В. Цианобактерии. – Киев: Наукова думка, 1990. – 195 с.

26. Сиренко Л.А., Кондратьева Н.В. Роль Cyanophyta в природе // *Альгология, Т.8, №2, 1998.* – С. 117-132.

27. Григорьев А.А., Панкратова Е.М., Миронин А.В. и др. Применение гидролизата биомассы из синезелёных водорослей в качестве стимулятора роста при выращивании культуры *Legionella pneumophila*// Диагностика, лечение и профилактика опасных инфекционных заболеваний. Киров: научно-иссл. ин-т микроб. МО РФ, 1998. – С. 296-297.

28. Лобакова Е.С., Дольникова Г.А., Корженевская Т.Г. Особенности цианобактериально-бактериальных комплексов микросимбионтов растительных синцианозов / *Микробиология, 2001 а, Т.70, № 1, с. 128 – 134.*

29. Peters G.A., Meeks J.C. The Azolla-Anabaena symbiosis: basis biology // *Ann. Rev. Pl. Physiol Pl. Mol. Biol., 1989.* – V. 40. – P. 193 – 210.

30. Калининская Т.Ф., Панкратова Е.М., Хохлова В.Ф. Усвоение молекулярного азота цианобактериями не образующими гетероцист// *Микробиология.* – 1981. – Т.50. – Вып. 3. – С. 550-555.

31. Панкратова Е.М., Калинин А.А., Ковина А.Л., Зяблых Р.Ю., Трефилова Л.В. Создание на основе цианобактерий стабильных микробных консорциумов// Тез. докл. Всерос. конф. 13-17 апреля 1998. «Микробиология почв и земледелие». С.-Пб. 1998. – С. 28.

32. Belnap J., Kaltenesker J.H., Kosenreter R., Williams J., Leonard S., Eldridge D. Biological soil crusts: ecology and management. Technical Reference. 1730 – 2.USGS. 2001. 119p.

33. Панкратова Е.М. Участие цианобактерий в круговороте азота в почве и создании её плодородия // Успехи микробиологии. Т. 21. М.: Наука, 1987. С.212-242.

34. Gusev M.V., Baulina O.I, Gorelova O.A., Lobakova E.S. Korzhenevskaya T.G. Artificial cyanobacterium-plant symbioses// *Cyanobacteria in Symbiosis. Dordrecht/ Boston/ London/– 2002.* – P. 253-312.

35. Панкратова Е.М., Калинин А.А. Цианобактерии как возможные организмы для создания бактериальных препаратов // Роль научн. исслед. в развитии с.-х. производства Кировской обл. – Киров, 1991. – С. 25-33.

36. Pankratova Ye.M., Kalinin A.A., Kovina A.L. Growth interaction between *Nostoc* and *Rhizobium* // *Proc. of the 10<sup>th</sup> Inter. Cong. on Nitrogen Fixation (May 28-June 3, 1995). Saint-Peterburg. Russia. 1995.* – P. 65.

37. Трефилова Л.В., Зяблых Р.Ю., Ковина А.Л., Калинин А.А. Эффективность цианобактериальных консорциумов при выгонке рассады капусты в защищённом грунте // Всерос. научн.-практ. конферен. ученых и спец. АПК: «80 лет с.х. образованию и науки на Урале: Итоги и перспективы». – Пермь: Аграрный вестник, вып. 11, 1998. – С. 116-117.

38. Панкратова Е.М., Зяблых Р.Ю., Калинин А.А., Ковина А.Л., Трефилова Л.В. Конструирование микробных культур на основе синезелёной водоросли *Nostoc paludosum* Kutz.// *Альгология, Т. 14, № 4. 2004.* – С. 445-458.

39. Pankratova Je. M., R. J. Zyablykh, A. A. Kalinin, A. L. Kovina, L. V. Trefilova. Designing of microbial binary cultures based on blue-green algae (Cyanobacteria) *Nostoc paludosum* Kutz. // *International Journal on Algae.* – 2004. – P. 290-304.

Биоплёнки *Nostoc commune* – особая микробная сфераЛ.И. Домрачева<sup>1</sup>, Л.В. Кондакова<sup>2</sup>, О.А. Пегушина<sup>1</sup>, А.И. Фокина<sup>2</sup><sup>1</sup>Вятская государственная сельскохозяйственная академия<sup>2</sup>Вятский государственный гуманитарный университет

Биоплёнки *Nostoc commune* – природные многовидовые ценозы фототрофных и сапротрофных микроорганизмов. Так, численность цианобактерий и водорослей в данных консорциях составляет миллиарды клеток на 1 г воздушно-сухой плёнки, численность бактерий – сотни тысяч КОЕ/г, длина грибного мицелия – до 2 км/г. Различные партнёры в подобном сообществе обладают разной степенью устойчивости к факторам внешней среды, в том числе к высушиванию и действию токсикантов. Многовидовая структура биоплёнок обеспечивает их полифункциональность и перспективы использования в качестве биоремедиаторов техногенно загрязнённых почв.

Biofilms of *Nostoc commune* are the natural multispecies cenoses of phototrophic and saprotrophic microorganisms. The number of cyanobacteria and algae in these consortiums makes billions cells per 1 gram of air-dry film, number of bacteria – hundred thousand per gram, length of mushroom mycelium – up to 2 km/g. The various partners in similar community have a different degree of stability to the factors of external environment, including to drying and toxic effects. Multispecies structure of biofilms ensures their polyfunctionality and prospects of use as bioremediators of technologically-polluted soils.

Уникальность жизненного цикла почвенных водорослей и цианобактерий (синезелёных водорослей) связана с их способностью к массовому размножению на поверхности, которое получило название «цветение» почвы. Впервые факты наземного развития водорослей были описаны в начале XX века и на целинных, и на пахотных почвах [1, 2, 3]. Среди наиболее активных колонизаторов пространства уже тогда отмечался *Nostoc commune*. Так, выдающийся отечественный геоботаник Б.А. Келлер [4] описал любопытный факт, связанный с размножением *Nostoc commune*, при котором происходит своеобразное почкование целых колоний в виде мелких шариков, достигающих в диаметре 1-1,3 мм. Шарик отделяли от себя новые колонии в сторону почвы, где они и зимовали под некоторой защитой между почвенными частицами. Такие же скопления шариков были обнаружены и на следующую весну. Налёт синезелёных водорослей был настолько обильен, что при хорошем увлажнении весной и осенью почвенная поверхность только проглядывала сквозь тонкую сетку упомянутого налёта. На поверхности полупустынных почв, которые представляются голыми, бурное размножение фототрофных микроорганизмов проявляется как пароксизма жизни, связанная с короткими периодами обильного увлажнения.

Однако распространение *Nostoc commune* характерно не только для степных районов. Фактически данный вид относит-

ся к космополитам, обитающим в любом регионе планеты. Этому во многом способствуют его физиологические особенности. Так, непосредственно в природной обстановке в условиях засухи его корочки содержат всего 1,7% воды. Показано, что при обезвоживании у *N. commune* сохраняется вся организация клетки, происходит гелификация цитоплазмы при полном сохранении жизнеспособности [5]. По классификации Э.А. Штиной и М.М. Голлербаха [6] *N. commune* относится к N-форме, для которой характерны повышенная световосприимчивость и засухоустойчивость. При этом *N. commune* способен к быстрому набуханию слизи и к удержанию поглощённой воды. Влагоёмкость слоевища *Nostoc commune* может достигать 1400% [7]. Для структурно-функциональной организации микробных популяций в виде биоплёнок межклеточный слизистый матрикс рассматривается как элемент структуры колоний, играющий роль интегрирующего компонента в обеспечении жизнеспособности и нормального функционирования популяций, представляющих собой полиморфные многоклеточные системы [8, 9, 10].

Предполагают, что химическая природа гелеобразных экстрацеллюлярных полимеров, формирующих чехлы и колониальный матрикс, сходна с межклеточным матриксом животных и, соответственно, аналогична их роли в межклеточном транспорте метаболитов [11, 12, 13]. Гликокаликс (вы-

деляемая цианобактерией слизь) может рассматриваться как иммобилизованная вода в матрице полимера с очень высокой механической плотностью сообщества, соответствующей примерно 1-2% агаризованной среды. Экзополимеры в подобных сообществах удерживают организмы внутри локального пространства и обеспечивают макростабильность по отношению к физическим факторам, обеспечивают макроструктуру сообщества с оптимальными диффузными расстояниями, создают транспортные колодцы для проникновения питательных веществ, связывают питательные вещества, ограничивают проникновение вредных факторов как химической природы, так и мелких хищников – протист. Следовательно микробное сообщество с доминированием цианобактерий за счет образования экзополимеров создает нечто вроде ткани [14].

Возобновление физиологических функций в таких сообществах происходит очень быстро. Например, азотфиксирующая активность возобновляется через 1-3 часа после увлажнения [15].

Выявлена и высокая устойчивость *N. commune* к поллютантам. Показано, что вид способен расти и развиваться при дозах нефти до 10% от массы почвы. Концентрация нефти от 1 до 4% не подавляет рост плёнок на поверхности, усиливает интенсивность спорообразования. Частичное изменение морфометрических параметров, подавление

роста колоний и образование обильной слизи отмечено при дозах 8 и 10% [16].

Во многом уникальные экологические особенности *N. commune* обусловлены его способностью становиться эдификатором многовидовых альго-цианобактериальных ценозов с богатым спектром гетеротрофных спутников [17, 18]. Однако детальное изучение структурированности автотрофного блока цианобактериальных матов проведено только в отношении водных цианобактериальных биоплёнок [19,14]. Хотя в условиях прогрессирующего загрязнения почвы именно природные наземные плёнки *N. commune* могут сыграть роль биофильтров – поглотителей поллютантов.

Цель работы – изучение в видовом, групповом и количественном аспектах фототрофного и сапротрофного блоков биопленок *N. commune* с выявлением компонентов, наиболее устойчивых к определенным токсикантам.

**Методика**

Природные корочки *N. commune* собраны в октябре 2006 г. вдоль обочины шоссе на окраине г. Дзержинска Нижегородской области, который является одним из экологически неблагополучных городов России. Изучение альго-цианобактериальной микрофлоры проводили путем прямого микроскопирования в сочетании с методами чашечных и водных культур [20]. Численность микрофототрофов и длину грибного мицелия учитывали на мазках методом прямого микроскопирования [21]. Численность сапротрофных микроорганизмов определяли методом посева на агаризованные селективные среды мясо-пептонный агар (аммонификаторы), Эшби (олигонитрофилы), крахмало-аммиачный агар (актиномицеты) и Чапека (грибы).

При изучении влияния мышьяка на сапротрофный блок хлористый мышьяк (As) в концентрациях 0,01% и 0,001% добавляли в питательную среду. Влияние свинца (Pb) на групповой состав биоплёнок выявляли в опытах с жидкой безазотистой средой Громова №6, в которую был добавлен свинец в виде ацетата в концентрациях 1, 2, и 8 ммоль/л.

**Результаты и их обсуждение**

Флористический анализ выявил 23 вида цианобактерий и водорослей, входящих в фототрофный блок природных био-

**Таблица 1**  
Видовой состав фототрофов биоплёнок *N. commune*

Группы фототрофов	Виды
Азотфиксирующие гетероцистные (ГЦ) цианобактерии	1. <i>Nostoc commune</i> 2. <i>Nostoc punctiforme</i> 3. <i>Tolythrix tenuis</i> 4. <i>Calothrix elenkinii</i> 5. <i>Microchaete tenera</i>
Безгетероцистные (БГЦ) цианобактерии	6. <i>Phormidium autumnale</i> 7. <i>Ph. boryanum</i> 8. <i>Ph. formosum</i> 9. <i>Leptolyngbya frigidum</i> 10. <i>L. fragilis</i> 11. <i>L. foveolarum</i> 12. <i>L. angustissima</i> 13. <i>Oscillatoria sp.</i> 14. <i>Oscillatoria spp.</i>
Одноклеточные зелёные водоросли	15. <i>Clorella vulgaris</i> 16. <i>Chlamydomonas gloeogama</i> 17. <i>Clorococcum sp.</i> 18. <i>Coenocystis planctonica</i>
Нитчатые зелёные водоросли	19. <i>Stichococcus bacillaris</i> 20. <i>Klebsormidium flaccidum</i> 21. <i>K. rivulare</i>
Желтозелёные водоросли	22. <i>Characiopsis minima</i> 23. <i>Eustigmatos magna</i>



Численность, млрд. клеток/г

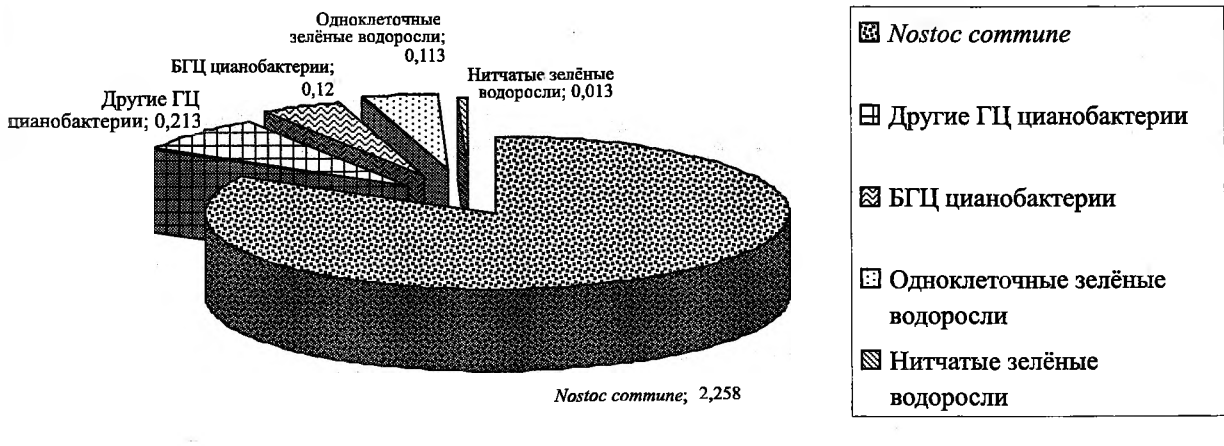


Рис. 1. Групповой состав фототрофного комплекса *Nostoc commune*

плёнок *N. commune*, в том числе 14 видов цианобактерий (ЦБ), 7 видов зеленых водорослей и 2 вида – желтозелёных (табл. 1).

Аналогичные исследования, проведённые в Республике Башкортостан [18], выявили до 27 видов фототрофов в биоплёнках *N. commune*. Общими были следующие: *Phormidium autumnale*, *Clorella vulgaris*, *Chlamydomonas gloegama*, *Eustigmatos pagna*. Кардинальные различия заключаются в отсутствии в степных биоплёнках других азотфиксирующих ЦБ, помимо *N. commune*. В то же время в изученных нами биоплёнках не обнаружены диатомовые водоросли и гораздо беднее представительство зелёных водорослей. Хотя общее видовое обилие близко в обоих случаях (23 и 27 видов фототрофов), в степных пленках доминируют представители Chlorophyta – 13 видов, структурированность биоплёнок умеренной зоны определяется цианобактериями – 14 видов.

Результаты по численности фототрофных и сапротрофных микроорганизмов в пересчёте на 1 г воздушно-сухих корочек *N. commune* представлены на рисунках 1 и 2.

Как видно из рисунка 1, суммарная численность клеток цианобактерий и водорослей в плёнке составляет около 3 млрд. на 1 г. При этом на долю эдификатора *Nostoc commune* приходится свыше 80% численности популяций фототрофов. Вклад водорослей невелик – 4,63%. Обильна сапротрофная микрофлора (свыше 5 млн. КОЕ/г). Хотя грибы имеют минимальную численность (по результатам количественного учёта методом посева на питательные среды), тем не менее, суммарная длина их мицелия составляет 2000 м/г, и, следовательно, можно говорить об их существенном вкладе в формирование ностокового ценоза, приобретающего в данном случае структуру лишайниковоподобной «псевдоткани».

Численность, млн. КОЕ/г

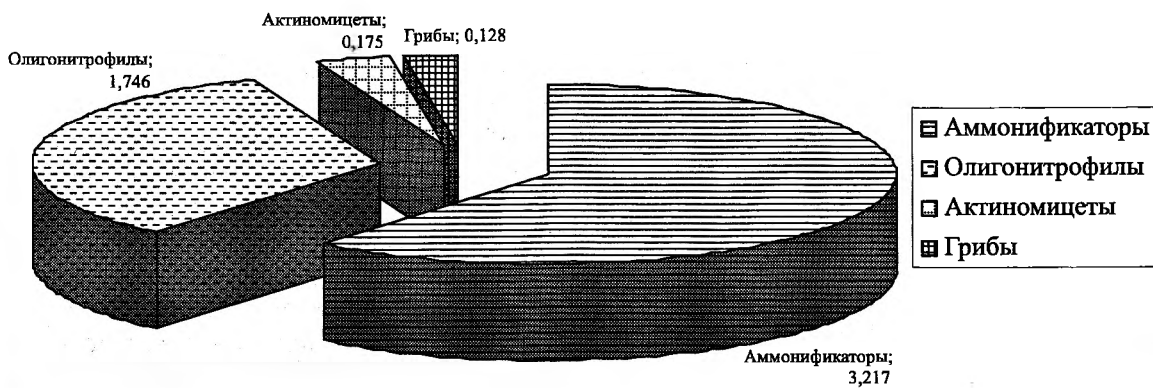


Рис. 2. Групповой состав сапротрофного комплекса *Nostoc commune*

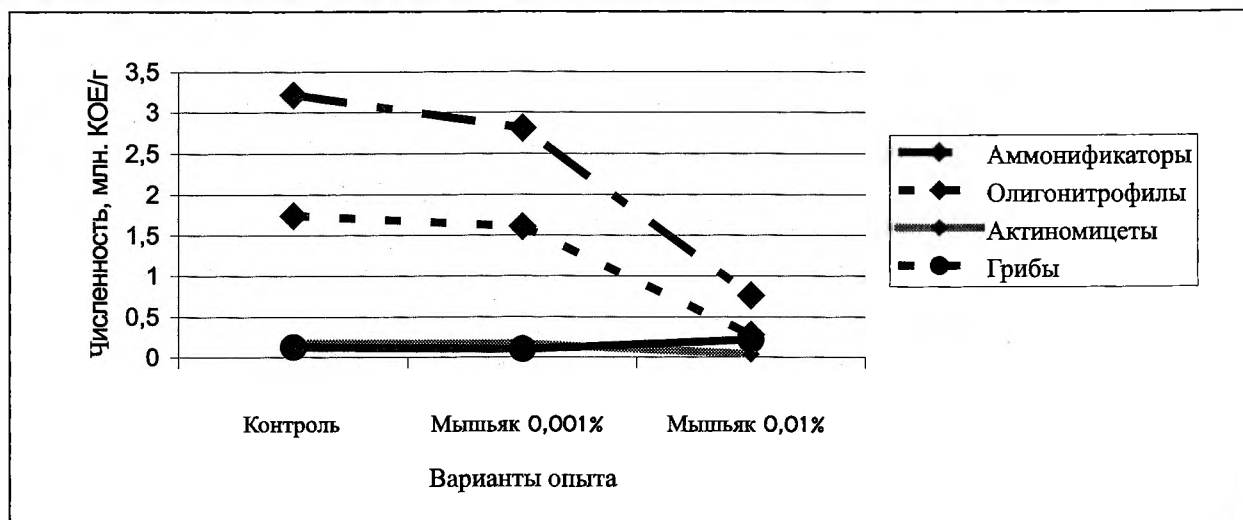


Рис. 3. Изменения состава сапротрофного комплекса *Nostoc commune* под действием мышьяка

Агрегация клеток в подобной псевдоткани чрезвычайно прочна. Её разрушение возможно только при использовании гомогенизатора, иные методы разрушения плёнок «цветения» (например, широко применяемое растирание в ступке) для биоплёнок *Nostoc commune* оказываются неприемлемыми. Результаты качественного и количественного анализа показывают, что в данном случае мы имеем дело с особой формой сожительства организмов различной систематической принадлежности, в котором, наряду с метаболическим, обеспечен чрезвычайно высокий уровень физических контактов особей, имеющих прямую аналогию с водными цианобактериальными матами. Представляя в сухом виде сморщенные буровато-коричневые корочки, увлажнённые ностоковые ценозы превращаются в биоплёнки разнообразных оттенков зелёного цвета, в которых, в зависимости от наличия в окружающей среде различных соединений, может происходить заметное изменение состава как сапротрофного, так и автотрофного блоков (рис. 3, табл. 2).

Среди сапротрофов наиболее устойчивыми являются микромицеты. Их числен-

ность практически не меняется под влиянием мышьяка, тогда как происходит существенное понижение численности бактерий. Именно грибы остаются формообразующей структурой и при действии свинца. Так, его возрастающие концентрации с 1 до 8 ммоль/л постепенно выбивают из ностокового ценоза водоросли и цианобактерии, вплоть до полного их исчезновения при 8 ммоль/л. Визуально, при просмотре колб с биоплёнками явно заметно их постепенное обесцвечивание от синевато-зелёных в контроле до белесых с отдельными зелёными вкраплениями при 2 ммоль/л и полностью бесцветных медузоподобных образований при 8 ммоль/л Pb. Микроскопирование этих структур выявляет стерильный, в основном меланизированный, мицелий грибов. Среди наиболее устойчивых фототрофов отмечены только цианобактерии *Tolypothrix tenuis* *Phormidium boryanum* и *Leptolyngbya foveolarum*.

На морфологическом уровне деструктивное действие Pb проявляется в сокращении числа трихомов, в более активном продуцировании клетками рыхлой слизи. Чехлы ЦБ становятся более толстыми с неровными краями.

Таким образом, биоплёнки *Nostoc commune* – многовидовые структурированные сообщества с большой плотностью клеток организмов различных систематических уровней. Связь организмов обеспечивает высоким уровнем физических контактов за счёт выделяемой слизи, а также агрегации вследствие наличия нитчатых (цианобактерии, зелёные водоросли) и мицелиальных (актиномицеты, микромицеты) форм. Ср

Таблица 2

Изменение видового состава фототрофов биоплёнок *Nostoc commune* под влиянием свинца

Концентрация свинца (ммоль/л)	Количество видов фототрофов
0	23
1	6
2	3
8	0

ди партнёров подобного консорциума существуют виды, устойчивые к различным неблагоприятным воздействиям. Причины устойчивости имеют разнообразные механизмы, которые обсуждались нами ранее [22]. Совокупность предполагаемых механизмов устойчивости микроорганизмов, входящих в состав биоплёнок *Nostoc commune*, делает эти уникальные природные комплексы перспективным объектом в разработке методов и технологий биоремедиации техногенно загрязнённых почв.

### Литература

1. Fritsch F.E. The Role of algae growth in the colonization of new ground and in the determination of scenery // *The geographical Journal*. 1907. V. 30. № 5.
2. Bristol-Roach B.M. On the algae some normal English soils // *J. Agric Sci.* 1927. V. 17. № 4.
3. Рихтер А., Орлова Н. Опыт учета флоры водорослей в почвах г. Саратова // *Научно-агрономический журнал*, 1928. № 5-6.
4. Келлер Б.А. Растительный мир русских степей, полупустынь и пустынь. Воронеж, 1926.
5. Генкель П.А., Пронина Н.Д. Физиология анабиоза при высыхании у некоторых водорослей, лишайников и мхов // *Методы изучения и практического использования почвенных водорослей*. Тр. Кировского с.-х. ин-та. Киров, 1972. С. 106-113.
6. Штина Э.А., Голлербах М.М. Экология почвенных водорослей. М.: Наука, 1976. 143 с.
7. Большев Н.Н. Водоросли и их роль в образовании почв. М.: Изд-во МГУ, 1968. 83 с.
8. Sutherland I.W. A natural terrestrial biofilms // *J. Ind. Microbiol. Biotechnol.* 1996. V.17(3/4). P.281-283.
9. Azam F., Fonda U.S., Funari E. Significance of bacteria in the mucilage phenomenon in the northern Adriatic sea // *Ann. Ist. super. Sanita.* 1999. V.35. №3. P.411-419.
10. Surette M.G. Interaction and communication in mixed microbial communities // *Euresco conf. Bacterial neural net works*. 2002. P.14.
11. Баулина О.И., Лобакова Е.С. Необычные клеточные формы с гиперпродукцией экстрацеллюлярных веществ в популяциях цианобактерий // *Микробиология*, 2003. Т.72. №6. С. 792-805.
12. Dittman E., Glaub Y., Hisbergues M., Marsac N., Burner T. Microcystin – a cyanobacterial toxin with intercellular signaling function? // *Euresco conf. Bacterial neural networks*. Abstr. Overnai. 2002. P.30.
13. Sutherland I.W. Biofilms-formation, structure and interactions // *Euresco conf. Bacterial neural networks*. 2002. P.4.
14. Заварзин Г.А. Лекции по природоведческой микробиологии. М.: Наука, 2003. 348 с.
15. Панкратова Е.М. Роль азотфиксирующих синезелёных водорослей (цианобактерий) в накоплении азота и повышении плодородия почв: Автореф. дис. ... докт. биол. наук. Москва, 1981. 39 с.
16. Киреева Н.А., Кузяхметов Г.Г., Водопьянов В.В. Фитотоксичность антропогенно загрязнённых почв. Уфа: Гилем. 2003. 266 с.
17. Закирова З.Р., Дубовик И.Е. Влияние нефтепродуктов на морфологическую характеристику *Nostoc commune* // *Альгологические исследования: современное состояние и перспективы на будущее*. Матер. 1-й Всероссийской научно-практической конф. Уфа. Изд-во БГПУ, 2006. С. 49-51.
18. Закирова З.Р., Дубовик И.Е., Киреева Н.А. Распространение *Nostoc commune* в антропогенно-нарушенных почвах республики Башкортостан и сопутствующие ему организмы // *Особь и популяция – стратегии жизни*. Матер. докл. 9-го Всеросс. популяционного семинара. Уфа. Издательский дом ООО «Вили Окслер». 2006. Ч.1. С. 337-342.
19. Заварзин Г.А. Анти-Рынок в природе // *Природа*. 1995. № 3. С. 46-60.
20. Голлербах М.М., Штина Э.А. Почвенные водоросли. Л.: Наука, 1969. 228 с.
21. Домрачева Л.И. «Цветение» почвы и закономерности его развития. Сыктывкар, 2005. 336 с.
22. Domracheva L.I., Dabakh E.V., Kondakova L.V., Varaksina A.I. Algal-micological complexes in soils upon their chemical pollution // *Eurasian Soil Science/ 2006/ V.39*. P. 91-97.



## Экология и экологическое взаимодействие

Т.В. Борзова<sup>1</sup>, Ю.В. Олейников<sup>2</sup><sup>1</sup> Филиал Российского государственного социального университета<sup>2</sup> Институт философии РАН

Для понимания всей совокупности проблем взаимодействия общества с природой сделана попытка с позиций современных социологических и естественнонаучных представлений очертить ту область взаимодействия живых организмов со средой и самой среды, которая должна быть предметом изучения экологии.

For understanding of all set of problems of interaction of a society with a nature the attempt from positions of modern sociological and natural-scientific representations is made to outline the area of interaction of alive organisms with environment which should be subject of study of ecology.

Для адекватного понимания собственно экологических проблем во всей совокупности процессов взаимодействия общества с природой по-прежнему актуально определение предмета экологии как науки и всей совокупности наук экологического цикла, что в свою очередь возможно только при условии уточнения сущности и содержания экологического взаимодействия.

Экология, как известно, возникла не на пустом месте. С момента своего становления человек, чтобы выжить, вынужден был познавать окружающий мир, живую природу, их взаимосвязи и особенности своего взаимодействия с окружающей средой. Однако как специфическая область знания со своим предметом исследования экология более или менее определилась среди натуралистов только в XVII-XVIII веках (Д. Рей, А. Валлиснери), которые, разрабатывая в традициях естественной истории свои системы животных и растений, стали учитывать не только морфологические признаки последних, но и среду их обитания. В XVII веке (1658 год) область знания, ориентированную на метод рассмотрения природы как единого упорядоченного целого, в котором все явления в мире и природе находятся во взаимодействии и взаимозависимости, представляя собой проявление определённого божественного порядка, К. Дигби впервые назвал «экономией природы». В рамках «экономики природы» работали К. Линней, изучавший организованность природы, и др. биологи.

Термин «экономика природы» никогда специально не определялся и употреблялся как синоним жизни и нравов животных, то

есть поведения и условий существования последних, был весьма расплывчатым и неоднозначным. В 1866 году Э. Геккель попытался определить предмет экологии природы, предложив традиционному кругу проблем новое название – «экология». «Под экологией, – писал он, – мы подразумеваем науку об экономике, домашнем быте животных организмов. Она исследует общее отношение животных как к их неорганической, так и к их органической среде, их дружеские и враждебные отношения к другим животным и растениям, с которыми они вступают в прямые или косвенные контакты, или, одним словом, все те запутанные взаимоотношения, которые Дарвин условно обозначил как борьбу за существование»<sup>1</sup>. Но и эта дефиниция не добавила определённости в понимание предмета экологии. Примерно в то же время (чуть раньше или чуть позже) для обозначения некоторых отдельных проявлений экономики природы – экологии – были введены термины «биология, бионика, зооника, этология, зообиология, зоологическая и биологическая география». Предмет экологии несколько сузился. И в XX веке экологию стали понимать, главным образом, как биологическую науку о взаимодействии живых организмов с окружающей средой [1]. При этом окружающая среда отождествлялась с природой, поскольку действительно всё окружение живых организмов представляло собой или естественную природу, или созданный человеком мир второй природы, который тогда представлял собой за редким исключением преобразованные в их внешнем проявлении объекты естественной природы.

<sup>1</sup> – Цит. по: История биологии с древнейших времен до начала XX века. – М., 1972. – С. 413.

В XX веке социоприродный Универсум стал стремительно качественно меняться. Этот процесс обрёл чувственно-зримые очертания с развёртыванием научно-технической революции, когда на смену механической технике и технологии, созданным в ходе промышленной революции, где в качестве орудий труда – средств преобразования предметов труда использовались изменённые предметы природы (сверло, резец, пила, молот), стали применяться инициируемые человеком физические, химические, биологические процессы: различные физические поля и излучения (лазер, электричество), химические процессы, способные изменять структуру материи на молекулярном, атомном и субатомном уровне. Тогда под воздействием человеческой деятельности начали существенно меняться в планетарном масштабе многие природно-климатические показатели, внутренняя и внешняя среда организмов, то есть стала качественно трансформироваться сама окружающая среда организмов и встал вопрос о её природности, её естественном бытии. Именно поэтому в XX веке в определение окружающей среды стали включать антропогенные объекты, что отразилось, например, в следующем определении экологии: «Экология – это отрасль биологии, исследующая исторически сложившееся взаимодействие организмов с окружающей их физико-химической, биологической и антропогенной средой на уровне видов, видовых популяций, биогеоценозов, биосферы для раскрытия закономерности указанных процессов и решения актуальных задач народного хозяйства, здравоохранения, охраны природы» [2].

Экологическое знание постепенно дифференцировалось. Выделились такие его отрасли, как экология организмов, популяций, биоценозов, биогеоценозов, социума, глобальная экология. Однако с увеличением масштаба и интенсивности воздействия человека и общества на природу стало понятно, что описать процесс взаимодействия человека и общества с природой невозможно, оставаясь только в рамках биологической науки.

Бытие человека и общества в природе лишь отчасти может быть описано с помощью биологических законов. Естественное, природное существование, экологический аспект действительно представляет только аспект целостного бытия, только одну сторону во всем многообразии различных проявлений взаимодействия человека и общества с природой. В свое время Э. Фромм совершенно

верно сформулировал следующий методологический принцип: «Если наблюдатель рассматривает один аспект объекта изолированно от целого, он не сумеет надлежащим образом понять этот аспект» [3]. Поэтому исследования, институализировавшиеся под названием «экология человека», «социальная экология», «глобальная экология», сохраняя термин «экология», утрачивали статус чисто биологического знания, биологической науки, но еще не могли четко определить их предмет как наук, изучающих качественно иные, нежели чисто биологические, реалии [4]. Закономерно возникает вопрос о правомерности и области допущения использования термина «экология» в сфере изучения взаимодействия человека и общества с природой.

Таким образом, экология с самого начала своего становления как науки оказалась обреченной на усложнение объекта своего исследования и необходимость постоянного уточнения своего предмета [5, 6]. Проще институализация тех наук, которые занимаются познанием узкой области действительности, не выходящей за рамки бытия определенной формы, движения материи, исследуют законы бытия естественного мира, как, например: механика, геометрия, геология, астрономия, анатомия и др. Сложнее с дифференциацией и определением предмета наук, требующих комплексного подхода, синтеза многих областей знания. Именно к таким относится экология.

Сейчас, чтобы исследования экологического цикла были действительно плодотворными, необходимо не плодить бесконечно новые и новые «экологии» (языка, сознания, мышления, души, культуры и т. п.), а чрезвычайно важно строго определить предмет, задачи, цели и методы экологии и тот аспект ее компетенции, который объективно имеет место в реальном процессе взаимодействия человека и общества с окружающей средой.

На наш взгляд, «экологию человека», «социальную экологию» нельзя рассматривать как самостоятельные науки в рамках биологии. Характерным же для настоящего времени является представление, когда «социальная экология» определяется как синоним «экологии человека» [7], а «экология человека», по мнению А.Г. Воронова и многих других исследователей, – как и всякая экология – наука биологическая [8].

Как видим, научный статус этих областей знания требует уточнения. Словом, тре-

буется ограничение сферы применения термина «экология», что равноценно определению её предмета. Такая работа будет чрезвычайно полезной для понимания всей совокупности экологических проблем взаимодействия общества с природой.

Для определения предмета экологии и производных от термина «экология» понятий требуется ограничение той области взаимодействия живых организмов со средой и самой среды, которая должна быть предметом изучения экологии. Если этого не сделать, то получается, что окружающей средой, с которой прямо и опосредованно взаимодействуют все живые организмы, а тем более человек, является весь мир, и всякое взаимодействие, следовательно, является экологическим. В связи с этим В.А. Кобылянский задаётся вопросом: «Всё есть экология, и все должны стать экологами?» И отвечает таким образом: «С нашей точки зрения, в данном случае не всегда правомерно используется собственно экологическая терминология, но вместе с тем фиксируется действительная сфера распространения экоотношений в объективном мире (то есть экоориентированных отношений – отношений между любым центральным объектом и экосредой, реализующихся как в межуровневом, так и в одноуровневом пространстве) и общенаучная значимость подхода, то есть экоориентированного подхода (не путать с экологическим!) к их исследованию. В этой связи возникают вопросы другого рода: существует ли вообще экология как особая наука?» [9].

Вопросов, как видим, больше, чем ответов. И как раз потому, что действительно речь идёт о правомерности использования терминов «эко», «экология» и их производных. Даже из приведённой цитаты мы видим, что автор разводит понятия «экоподход» и «экологический подход», различает понятия «экосистема» и «экологическая система». Такая терминология создаёт трудности не только для читателей, но и для самого названного автора, который, надо отметить, на протяжении многих лет ведёт чрезвычайно важную работу по скрупулёзной разработке общей теории или философии экологии и её понятийного аппарата. Такая терминологическая сложность, безусловно, затрудняет плодотворность экологических исследований.

Однако дело не только в терминологии, но и в существе вопроса: какие же взаимодействия живых организмов с окружающей средой следует рассматривать как собствен-

но экологические. Теоретической основой для определения такового является высказанная ещё в 1973 году А.А. Минцем и В.С. Преображенским идея о том, что для экологии характерно рассмотрение взаимодействия живых организмов с окружающей средой как некой системой, в которой присутствует определенная субординация элементов. Живой организм, популяция, вид или биоценоз и т. п. всегда выступают в качестве центрального члена системы, а остальные ее члены – элементы последней, природа, окружающая среда. Такую систему, в которой выделяется центральный элемент, они предложили называть «экосистемой», а подход к рассмотрению экосистемы – центрированным подходом или «экологическим подходом» [10].

Приведённая идея оказалась весьма плодотворной для дифференциации экологического знания. По центральному члену исследуемой системы удобно структурировать экологическое знание, различать экологию отдельных организмов, популяций, видов, сообществ и т. д. Но, распространив применение центрированного подхода под именем «экологического подхода» на любые другие системы [10, 11], авторы дали повод неоправданно расширить сферу явлений, попадающих в категорию экологических, а следовательно, и экологии, поскольку термин «экосистема» оказался применим и к неживым системам с центрированным элементом, например, к Солнечной системе.

Против необоснованного включения разных аспектов экологического знания, имеющих место в сфере естественных и общественных наук, в состав экологии и объявления их самостоятельными науками выступил И.Г. Герасимов, который предупреждал относительно неограниченного расширения применения понятия «экологический подход» [12, 13] и оказался прав. Однако и сам Герасимов, в конце концов, не распутал сложный узел проблем, завязанный на определении статуса экологии как науки.

В 1985 году он уже писал: «Представляется, что правильнее толковать экологию как специфически общенаучный подход к изучению различных объектов природы и общества, наряду, скажем, с системным и другими подходами» [14].

Чтобы преодолеть возникающие с необоснованным расширением понятия трудности, В.И. Кобылянскому приходится обозначать «экосистемой» и «экоподходом» всякое широкое понимание центрированного



подхода, где центральным элементом может быть любой, даже неживой, объект, а термины «экологическая система» и «экологический подход» применять к собственно экологическим системам. Различие этих понятий фиксируется только способом написания терминов: полным и сокращенным вариантом.

Рассматривая сохранение устойчивого взаимодействия между центральным членом и средой как условие их коэволюции, В.И. Кобылянский определил предмет экологии следующим образом: это «изучение закономерностей строения, функционирования и развития экологического взаимодействия». С таким определением предмета экологии вполне можно согласиться, но у последнего автора трудно найти содержательное определение экологического взаимодействия. Оно фигурирует как условие коэволюции элементов экосистемы, типологизируется как гео-, био-, социо-, антропологическое взаимодействие, но не определяется содержательно. Всё равно получается, что центральный член системы – живой организм – может взаимодействовать с гео-, био-, и т. п. средой или элементами этих природных и социальных систем [9]. Но в чём специфика экологического взаимодействия как условия коэволюции экологической системы, остаётся не вполне ясным [15].

Опираясь на идею центральноориентированного варианта системного подхода, Ю.П. Трусов акцентировал внимание на необходимости вычленения экологического взаимодействия как особого рода или типа взаимодействия в материальном мире. К сожалению, четкого определения этого феномена Трусов не дал, но указал, что границей экологической системы в пространстве и времени являются пределы, в которых имеет место взаимодействие исследуемого объекта с окружающей средой. Он утверждал, что существует некий комплекс факторов, количественные и качественные характеристики которых могут быть лимитирующими для существования центрального члена системы. Именно эти факторы определяют «экологические пределы устойчивости» всей системы, и их нарушение чревато экологическим кризисом и даже экологической катастрофой [16].

Очередной шаг к пониманию сущности и содержания экологического взаимодействия делает В.Г. Горшков. Согласно названному автору, экологическая система представляет собой единство заданных живых организмов и окружающей среды. Последняя включает в себя биоту (совокуп-

ность всех организмов фауны и флоры) и вещества природы, с которыми взаимодействует заданный живой организм. Таким образом, окружающая среда ограничивается биотой и теми необходимыми для жизнедеятельности живых организмов веществами – различными химическими соединениями, которые называют биогенами. Среди натуралистов биогенами принято считать: «1 – вещества, в том числе химические элементы, необходимые для жизни; 2 – вещества, возникшие в результате разложения остатков организмов, но ещё не полностью минерализованные» [17]. Автор уточняет данное определение: биогены, в его интерпретации, – биологически активные органические и неорганические химические вещества, «это только те вещества (составляющие биосферы), концентрации которых контролируются биотой, сформированы самой биотой и поддерживаются ею на оптимальном для жизни уровне ...». Кроме того, в состав окружающей среды входят, по его мнению, некоторые специфические физико-химические факторы, «измеримые характеристики природы, которые воздействуют на биоту, поддерживаются биотой на определённом количественном уровне и могут направленно изменяться биотой в ответ на внешние возмущения». Химические вещества, концентрации которых не регулируются биотой, не включаются в понятие окружающей среды.

Среди факторов природы, определяемых биотическими процессами и обусловленных жизнедеятельностью биоты, являются концентрации веществ, необходимых для поддержания жизни. Горшков называет биотическими такие факторы окружающей среды, как температура воздуха атмосферы, спектральный состав доходящего до поверхности Земли солнечного излучения, режим испарения водных осадков на суше, озоновый экран и др. Следовательно, это та окружающая среда, которая приготовлена биотой и поддерживается ею в оптимальном для жизни состоянии.

Естественно, что характеристики природы, подобные потоку солнечной радиации за пределами атмосферы, скорость вращения Земли, вулканическая деятельность и т. п., которые биота не может изменять, в состав окружающей среды не входят. То есть в состав окружающей среды не входят компоненты природы, не подверженные воздействию современной биоты [18]. При таких ограничениях становятся зримыми и границы биосферы – сферы распространения жизни, ко-

тору В.И. Вернадский понимал как единство биоты с окружающей её средой, тот материальный природный мир, с которым взаимодействуют живые организмы.

Из контекста рассматриваемого выше естественнонаучного исследования бытия биоты и отдельных живых организмов можно сформулировать следующий вывод: экологическое взаимодействие – это взаимодействие, обеспечивающее устойчивое сохранение жизни в окружающей среде, поддерживающейся самой жизнью. Экология, следовательно, – наука об экологическом взаимодействии [18].

Справедливости ради надо сказать, что еще в середине 80-х годов в ряде публикаций одного из авторов данной статьи были высказаны похожие идеи. В них утверждалось, что устойчивость, то есть динамическое равновесие биосферы, понимаемое как квазиравновесие в границах определенной меры, обеспечивается сохранением не всех, а лишь ряда необходимых для жизни и созданных всей совокупностью живых организмов определенных биосферных, биогенных или биоконстант и физико-химических параметров биосферы. Фактически, не используя понятие «экологическое взаимодействие», была предпринята попытка сузить предмет экологии до исследования экологического взаимодействия, до биогенного или биотического взаимодействия.<sup>2</sup> В таком представлении экологическое взаимодействие можно понимать как взаимодействие живых организмов со средой, созданной самими живыми организмами (биотой) и необходимыми для поддержания ее устойчивого равновесия биогенными и физико-химическими параметрами биосферы: химическим составом атмосферного воздуха, температурным режимом планеты, ее радиационным фоном, освещенностью и др. Другими словами: экологическое взаимодействие – взаимодействие живых организмов с биогенными или биотическими факторами окружающей среды. Эти идеи нашли отражение в монографии, ряде статей [19-21] и в содержании проекта «Экологического кодекса России» [22-24]. Надо отметить, что в названных работах ещё не разводились понятия «биосферные», «биогенные», «биоконстанты», а употреблялись как тождественные, хотя на самом деле эти понятия различны по своему объёму и содержанию.

Так, термин «константы» вообще не определялся, а биосферные и биогенные константы, как постоянные для определённых экосистем условия существования их живых организмов, везде описывались как биогенные константы, свойственные всей биосфере. Но это не верно. Биогенные константы конкретной локальной экосистемы часто не тождественны биогенным постоянным глобальной экосистемы [25]. Отсюда следовали некоторые неточности, связанные с определением понятий «экологический кризис», «глобальный антропогенный экологический кризис» и «экологическое производство», а эти погрешности в определениях оказываются существенными для понимания реальных процессов взаимодействия природы и общества.

Названные неточности представляются следствием определения состава природной среды, с которой организмы вступают в экологическое взаимодействие. Теперь нам представляется, что более правильным было бы процессы взаимодействия живых организмов с окружающей природной средой, которые изучает экология, называть экологическим взаимодействием, а природную среду – природу, с которой эти организмы взаимодействуют, ограничить только теми объектами и процессами окружающей среды, которые обуславливают возможность физического существования и развития живых организмов определённой экосистемы. Таковыми могут быть только биогенные условия окружающей среды, т. е. те факторы среды, которые возникли в результате жизнедеятельности живых организмов и которые необходимы для их физического существования. При этом не все биогенные факторы, имеющие место в природе, а только те, с которыми живые организмы определённой экосистемы находятся в процессе непосредственного актуального взаимодействия. Например, в каком экологическом взаимодействии находится карп в подмосковном пруду (одна локальная экосистема) с солёностью Средиземного моря – биогенной константной характеристикой среды, обитающих в нём организмов (другая локальная экосистема)? То есть в конкретных локальных экосистемах живые организмы взаимодействуют не со всей планетарной биогенной природой, а

<sup>2</sup> – Биотическими факторами среды называют совокупность взаимных влияний, оказываемых на живые организмы жизнедеятельностью других организмов. Эти влияния могут быть прямыми и опосредованными, как влияние самих организмов друг на друга, так и продуктов их жизнедеятельности и измененной их жизнедеятельностью средой.

только с той, которая их непосредственно окружает и непосредственно обуславливает их жизнедеятельность.

В связи с этим нам представляется правомерным ограничить предмет экологии экологическим взаимодействием, которое по существу является взаимодействием живых организмов с биогенной средой. Определение предмета экологии поэтому может звучать следующим образом: экология – это наука об актуальном взаимодействии живых организмов с биогенной (созданной жизнедеятельностью живых организмов и необходимой для поддержания жизни) окружающей средой. Экология, следовательно, – наука биологическая.

Абиогенная природа не входит в экосистему, поскольку не находится в состоянии актуального биогенного взаимодействия с живыми организмами и нейтральна для них, или представляет собой некие естественные или антропогенные факторы, которые могут быть несовместимыми с жизнью в целом или отдельных представителей биоты, например, космические тела, антропогенные сооружения, не обусловленные жизнедеятельностью биоты. Абиогенные факторы могут нарушать биогенные процессы, экологическое взаимодействие, вызывать экологические возмущения в биосфере, быть факторами подобных явлений и даже гибели отдельных экологических систем, но непосредственной конечной причиной подобных процессов будет все же вызванное ими нарушение биогенного взаимодействия, биогенных параметров жизнедеятельности живых организмов.

Поводом для болезни или гибели отдельного живого организма могут быть как биогенные, так и абиогенные причины. Однако, в конечном счёте, их гибель будет следствием нарушения биогенного равновесия, биогенных констант внешней или внутренней среды живого организма. Ведь, в конечном счёте, животное погибает не оттого, что в него попала пуля, выпущенная охотником, или оно съело отравленную приманку, или утонуло в водоеме, а оттого, что нарушились биогенные процессы в его организме и изменилась необходимая для его существования биогенная внешняя и внутренняя окружающая среда.

Это утверждение справедливо и для определения «единицы выживания», когда таковой действительно является единственный индивид или особь как отдельная экосистема, испытывающая внешнее абиогенное воздействие.

Коррекция этого представления необходима при рассмотрении процесса эволюции

сообщества, популяции, вида, где «единицей выживания» становится не гомогенный индивид, а вся совокупность индивидов популяции, каждый из которых имеет широкий спектр генетически обусловленных возможностей приспособления к изменениям окружающей среды, и в целом такое сообщество способно к адаптации в значительном диапазоне средовых трансформаций. Поэтому в условиях, когда экологическая система состоит из гибких организмов и изменяющейся среды, «единицей выживания» становится вся система целиком: организм в своей окружающей среде или организм со своей окружающей средой [26] (под организмом здесь понимается центральный член экосистемы, например, популяция китов). В этом случае гибель популяции может определяться деградацией и вымиранием каждого отдельного индивида сообщества не только как результата нарушения биогенного гомеостаза его внутренней среды, то есть нарушения эндогенных биогенных условий его бытия, поскольку каждый отдельный живой организм можно рассматривать как определённую экосистему, и гибель такого организма происходит в результате болезни как эндогенное развитие кризиса этой экосистемы. Но гибель подобной экосистемы может происходить и по причине экзогенных (социо- или натурплагенных причин) и в результате других факторов.

Экосистемы типа популяции, биоценозов, биоты представляют собой по существу специфические системные комплексы, состоящие из множества отдельных экосистем – организмов, сообществ [27, 28]. Бытие и выживание названных экосистем определяется всей совокупностью биогенных взаимодействий между ними и рассматриваемой общей экосистемой, в том числе и такой характеристикой, как минимум особей популяции, необходимых для воспроизводства последней. Например, популяция голубого кита как экосистема определенного вида теперь обречена на вымирание по причине экзогенного (антропогенного) сокращения его численности, то есть сокращения необходимого для воспроизводства популяции количества особей в ограниченной акватории Мирового океана, хотя все остальные экзогенные и эндогенные биогенные факторы жизнедеятельности оставшихся морских гигантов не претерпели катастрофических изменений и благоприятны для их нормальной жизнедеятельности. Это важно иметь в виду для понимания сущности любого экологического кризиса. Как видим, для



анализа сущности экологического кризиса, выявления его причин и следствий, которые в современной литературе часто не различаются, методологически важным представляется чёткое разведение явлений и отражающих их понятий, обозначающих условия и механизмы его происхождения и развития.

Кроме рассмотренных выше достаточно распространённых понятий – «антропогенные», «биогенные» и «абиогенные» вещества, явления и процессы – целесообразно, особенно в экологическом исследовании взаимодействия человека и общества с природой, использование понятий: «натурогенные и натуроплагенные», «социогенные и социоплагенные» процессы, явления, вещества, соединения, объекты и т. п. Эти понятия в науку ввел В.А. Кобылянский [29], по аналогии с предложенными В.И. Высоцким понятиями техногенных и техноплагенных процессов, которые используются для обозначения некоторых процессов в обществе, осуществляющихся, соответственно, как исключительно технические преобразования вещества, объектов и процессов, в осуществление которых положено техническое воздействие, или таких процессов, которые получили лишь импульс, толчок (по-латински – *plaga*) со стороны некоей технической системы [30].

Дело в том, что в природе и обществе имеют место процессы, которые могут происходить согласно свойственным, имманентным им законам, но вызываются такие естественные и социальные процессы или получают импульс, играющий роль пускового механизма, от качественно иного источника. Скажем, естественный процесс – сход снежной лавины в горах – может быть и натуроплагенным и социоплагенным. В первом случае процесс приводится в действие естественным накоплением снежной массы или подтаиванием ледника, а во втором – расстрелом последнего из артиллерийских орудий или вообще громким криком в горах. Но в обоих случаях сам сход лавины – натурогенный процесс, то есть процесс естественный, развивающийся по естественным законам.

В качестве натуроплагенного социально-го процесса можно назвать смуту XVII века в России, непосредственным толчком к развитию которой стали естественные экстремальные погодные условия 1601–1602 годов, повлекшие голод в стране [31].

Относительно экологических (биогенных) взаимодействий можно утверждать, что это всегда сугубо естественные природные

процессы, которые, однако, могут развиваться как в силу натуроплагенных, так и социоплагенных факторов, то есть инициироваться, получить толчок со стороны природы или общества, но существовать и развиваться исключительно за счёт природных сил, по чисто естественным законам [32]. Биогенные процессы могут не только получать импульс со стороны, быть социоплагенными, но и существовать и воспроизводиться благодаря постоянной деятельности общества, то есть быть социогенными природными процессами. К примеру, биогенный, естественный, природный процесс дыхания людей в подводной лодке или в скафандре космонавта обеспечивается социогенным технологическим процессом постоянного воспроизводства и подачи дыхательной смеси в созданном человеком агрегате. Подобные особенности в анализе сущности и механизмов экологического взаимодействия необходимо иметь в виду, поскольку экологический аспект взаимодействия живых организмов со средой настолько усложнился, что для описания его необходима изоцированная методология и сложный понятийный аппарат, отражающий все нюансы суперсложного феномена бытия отдельных экосистем и всего социоприродного Универсума. Детальная разработка методологии и понятийного аппарата единства, взаимопроникновения и взаимодействия природы и общества представлена в часто цитируемых здесь трудах В.А. Кобылянского.

В свете приведённого выше представления о предмете экологии можно внести некоторые уточнения в понимание тех областей знания, которые ныне обозначают «экологией человека» или «социальной экологией», «экологией человечества» или «глобальной экологией». На протяжении последних 30–35 лет идут ожесточённые дискуссии по поводу статуса и предмета наук с подобными названиями. Однако характерная особенность этих обсуждений остаётся подобной той, которую образно обрисовал Н.Ф. Реймерс на представительной конференции на тему «Проблемы социальной экологии», уподобив её глухарину токовищу, где каждый занят своей песней, слышит только сам себя и не обращает внимания на других, на аргументы своих оппонентов. К сожалению, с тех пор ситуация мало изменилась. Единого мнения как не было, так и нет. В изданных материалах упомянутой конференции широко представлен спектр мнений, имевших место к тому времени в литературе по проблемам

экологии человека, социальной экологии и связанной с ними проблематике<sup>3</sup>, а также мнения самих участников симпозиума, представленных не только в материалах конференции, но и в других публикациях [33-41]. Учитывая не названные здесь источники, ибо все их указать невозможно, поскольку практически все, кто занимается экологической проблематикой, в той или иной степени когда-то обязательно высказывались на эту тему. Констатируем, что спектр мнений простирается от признания наличия названных наук с перечислением открытых ими законов и тех реальных событий, которые происходят согласно этим законам, до полного отрицания возможности институализации таких наук; от полного их отождествления до фиксации их кардинальных различий. Общим для всех остаётся признание, что это науки о взаимодействии человека, человечества, социума, всего живого с окружающим миром. Разница лишь в перечислении тех объектов, с которыми они взаимодействуют.

Такими объектами взаимодействия могут быть у разных авторов любые компоненты объективной и субъективной реальности: от отдельных их сочетаний до целостного Универсума в его тотальности. Это могут быть и другие живые существа и неодушевленные объекты природы и искусственный, созданный человеком мир – очеловеченная природа, техника, агроценозы, городская среда, продукты духовного производства и т. д. и т. п. Детальное рассмотрение этого вопроса – особая проблема. В силу ограниченности места и другой задачи исследования мы предлагаем своё видение проблемы.

Вся эта неразбериха проистекает из-за того, что авторы не учитывают многозначности понятий «человек» и «общество». Те, кто сводит бытие реального человека только к его физическому существованию, правомерно считают, что экология человека – чисто биологическая наука, подобная любой экологии, изучающей взаимодействие биологических особей с биогенной средой. Те же, кто рассматривает человека как существо сугубо социальное, как субъекта исторического процесса, тот отождествляет «экологию челове-

ка» с «социальной экологией». То же можно сказать и о «социальной экологии». Если общество понимать как совокупность живых биологических особей или популяцию людей, то популяционная экология – биологическая наука. Но где сейчас можно найти людей, подобных Маугли, да еще объединённых в популяцию? Действительно, в обществе много людей, не достигших полной физической зрелости, свойственной виду *Homo sapiens*, или не зрелых нравственно, социально, но, несмотря на это, они живут в обществе, подчиняются его социальным законам или хотя бы включены в социальные отношения других людей. Следовательно, рассматривать социальную экологию как популяционную можно, но при чём тогда здесь термин «социальная»?

Общество часто определяют как совокупность общественных отношений. При таком понимании термин «экология» в названии науки «социальная экология» вообще не правомерен, поскольку экология как биологическая наука не изучает социальные отношения. Общество можно определить как совокупность людей и их социальных отношений, а можно к ним прибавить и созданный человеком предметный мир, тогда тем более такое общество не является предметом биологической науки. «Экология человечества» тоже зависит от понимания человечества как определённой социальной и природной реальности.

Что это: совокупность исторически сменяющихся поколений биологических особей или это – развивающаяся во времени и пространстве социальная форма движения материи? От ответа на вопросы: что такое человек, общество, человечество, социум – зависит решение о статусе и правомерности существования названных наук, специфики изучаемых ими законов. Ясно одно: в любом случае нужно в качестве предмета анализа брать реального человека, реальное общество, реальное человечество во всей целостности их проявлений, поскольку с окружающей биогенной средой взаимодействуют не частичный человек (биологическая особь) или какой-то фрагмент общества, не их аб-

<sup>3</sup> – См., например, статьи: Гирусов Э.В. Социальная экология: специфика ее проблем и основные задачи развития; Бачинский Г.А. Социозология – наука о гармонизации взаимоотношений между обществом и природой; Комаров В.Д. Социальная экология как наука; Казначеев В.П., Спиринов Е.А. Комплексные проблемы экологии человека и социальной экологии; Реймерс Н.Ф. Социальная экология – место в системе наук, объект и предмет исследований: многоликий человек в многогранной среде жизни; Гудожник Г.С. Некоторые необходимые условия формирования социальной экологии как науки; Леваш И.Я. К вопросу о предмете социальной экологии. // Вопросы социозологии. Материалы первой всесоюзной конференции «Проблемы социальной экологии». – Львов, 1987.

стракции, а социальные индивиды и общество как социальная форма движения материи в её конкретном бытии – социум на определённом историческом этапе во всей тотальности его проявления.

Представляется целесообразным в любой проблематике, так или иначе касающейся вопросов взаимодействия живых организмов со средой, будь то взаимодействие отдельных животных, растений или их популяций, биоты, человека или социума, конкретной человеческой популяции или человечества в целом с окружающей средой – природной или социальной, биогенной или антропогенной, техногенной и т. п., выделять собственно экологическое взаимодействие, то есть взаимодействие биотическое или взаимодействие живых организмов с их биогенной средой. Тогда «экология человека», «социальная экология», «экология человечества» и «глобальная экология» будут представлять собой лишь аспект сложной комплексной, многофакторной проблемы взаимодействия человека, общества или социума с окружающей средой, которая сама изменяется в силу антропогенного воздействия и взаимодействует с естественной средой и средой, преобразованной человеком. Этот собственно экологический аспект часто институализируется как особые антропосоциальные науки.<sup>4</sup>

Но правильнее всё-таки рассматривать эти области знания как всего лишь экологический аспект, экологическое взаимодействие общества с природой, ибо взаимодействие человека, социума с окружающей природной средой во всей тотальности её конкретных сторон проявления может быть исследовано только как целостная проблема всего человеческого знания: философии, биологии, географии и других конкретных наук.

Предлагаемое понимание предмета экологии и ее места в исследовании проблематики взаимодействия общества, составляющих его социальных организмов и человека

с природой позволяет более или менее непротиворечиво определить и многие понятия («глобальный экологический кризис», «локальный экологический кризис», экологический кризис человеческой и любой другой популяции живых организмов, или экологический кризис определённого вида живых организмов, а также все кризисные ситуации во взаимодействии живых организмов с окружающей их биогенной средой, т. е. кризисы бытия любой экосистемы) и точнее формулировать весь спектр экологических проблем, включая проблемы взаимодействия общества с природой.

### Литература

1. Реймерс Н.Ф. Надежды на выживание человечества. Концептуальная экология. – М., 1992. – 365 с.
2. Новиков Г.А. Основы общей экологии и охраны природы. – Л., 1979. – С. 15.
3. Фромм Э. Человек для себя. – М., 2003. – 156 с.
4. Тарасов К.Е., Черненко Е.К. Социальная детерминированность биологии человека. – М., 1979. – С. 243-245.
5. Бганба В.Р. Социальная экология. Учебное пособие. – М., 2004. – 39с.
6. Большаков В. Н. Экологические основы охраны природы. – М., 1981. – С. 5-6.
7. Философский энциклопедический словарь. – М., 1983. – 790 с.
8. Воронов А.Г. О проблемах экологии. Географические аспекты экологии человека. – М., 1975. – 109 с.
9. Кобылянский В.А. Философия экологии: общая теория экологии, геоэкологии, биоэкологии. Уч. пособие. – М., 2003. – С. 192; 13-18.
10. Минц А.А., Преображенский В.С. Актуальные и дискуссионные проблемы системной ориентации в географии. Изд. АН СССР. Серия география. 1973. № 6. – С. 114-115.
11. Мамедов Н.М. Экологическая проблема и развитие науки и техники. Система «общество – природа»: проблемы и перспективы. Труды конференции. – М., 1983. – С. 28-36.

<sup>4</sup> – Показательна в этом смысле позиция В.Н. Мовчана, автора учебника «Экология человека». Справедливо указывая на то, что любое взаимодействие человека с природой невозможно описать в рамках классической экологии как науки биологической, поскольку человек не только биологическое, но и социальное существо, исследователь, в конечном счёте, сводит изложение предмета экологии человека к требованию государственного образовательного стандарта России, согласно которому названная наука интерпретируется как медико-биологическая и в такой трактовке «в значительной степени дублирует и подменяет (не привнося ничего нового) экологическую физиологию человека, медицинскую географию и экологическую медицину» Мовчан В.Н. Цит соч. – С. 12.

В науке имеет место и другая крайность – представить экологию как науку социальную, поскольку она занимается исследованием взаимодействия живых организмов со средой, которой может быть весь мир. Например, В.М. Бехтерев считал, что «экология в сущности... представляет собой фито- и зоосоциологию, которую увенчивает гомосоциология» (Бехтерев В.М. Коллективная рефлексология. – Петроград, 1921. – С. 374.)

12. Герасимов И.Г. Методологические проблемы экологизации современной науки. // Вопросы философии. 1978. № 11. – С. 72
13. Герасимов И.Г. Методологические проблемы экологизации современной науки. // Общество и природная среда. СПб. – М., 1980. – С. 77-85.
14. Герасимов И. П. Экологические проблемы в прошлой, настоящей и будущей географии мира. – М., 1985. – С. 13.
15. Цыдендоржиева Б.М. Антропоэкологическое взаимодействие в контексте социально-философского анализа. Автореферат дисс. на соиск.уч. степ. канд. философ. наук. – Чита, 2004. – 19 с.
16. Трусов Ю.П. О предмете и основных идеях экологии. Философские проблемы глобальной экологии. – М., 1983. – С. 83-84; 89-92.
17. Реймерс Н.Ф. Азбука природы. Микроэнциклопедия биосферы. – М., 1980. – 20 с.
18. Горшков В.Г. Физические и биологические основы устойчивости жизни. – М., 1995. – С. 9-10; 200; 422.
19. Олейников Ю.В. Экологические альтернативы НТР. – М., 1987.
20. Олейников Ю.В. Экологические проблемы НТР. Социально-философский анализ. Диссертация на соискание уч. степени доктора фил. наук. – М., 1989.
21. Олейников Ю.В. Угроза глобального экологического кризиса. //Марксистско-ленинская теория исторического процесса. Исторический процесс: диалектика современной эпохи. – М., 1987. – С. 336-341.
22. Экологический кодекс России (Этика природопользования). Проект. //Энергия: экономика, техника, экология. 1993. № 10.
23. Экос-экспресс. Ежемесячный вестник. 1992. № 1.
24. Философские исследования. 1993. № 1.
25. Олейников Ю.В., Борзова Т.В. Экологические проблемы взаимодействия общества с природой. – М., 2007.
26. Бейтсон Г. Экология разума. Избранные статьи по антропологии, психиатрии и эпистемологии. – М., 2000. – 416 с.
27. Кутырев В.Н., Олейников Ю.В. Системы «Природа – общество» // Философские науки. 1986. № 4
28. Кутырев В.Н., Олейников Ю.В. Система «общество – природа» //Марксистско-ленинская теория исторического процесса. Исторический процесс. Диалектика современной эпохи. – С. 329-336.
29. Кобылянский В. А. Природа и общество: специфика, единство, взаимодействие. – Красноярск, 1985. – С. 39-40.
30. Высоцкий Б.П. Об основных проблемах геологии социосферы. //Природа и общество. – М., 1968. – С. 145-146.
31. Олейников Ю.В. Природный фактор бытия российского социума. – М., 2003. – С. 143-144.
32. Кобылянский В.А. Философия социозэкологии: проблемы общей теории взаимодействия природы и общества. – Новосибирск, 2004. – 185 с.
33. Комаров В.Д. Что такое социальная экология. – Л., 1976. – 16 с.
34. Петленко В.П., Попов А.С. Экологические проблемы в современной идейно-политической борьбе. //Человек и природа. – М., 1980. – 247 с.
35. Герасимов И.П. О проблемах экологизации современной науки. //Социальные аспекты экологических проблем. – М., 1982. – 103 с.
36. Воронов А.Г. О проблемах экологии человека. //Географические аспекты экологии человека. – М., 1975. – 102 с.
37. Георгиев П.Д. Противоречия и парадоксы. – София, 1983. – С. 8-9.
38. Горелов А.А. Экология – наука – моделирование (философский очерк). – М., 1985. – С. 138-139.
39. Горелов А.А. Социальная экология. – М., 1998. – 262 с.
40. Марков Ю.Г. Социальная экология. – Новосибирск, 1986. – С. 46-65.
41. Казначеев П.В. Экология человека и проблемы социально-трудового потенциала населения. // Проблемы экологии человека. – М.: Наука, 1986. – С. 8-9.



## Сравнительная потенциальная опасность предприятий ядерного топливного цикла

В.М. Кузнецов<sup>1</sup>, Е.Э. Кузнецова<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Институт истории естествознания и техники им. С.И.Вавилова РАН

<sup>2</sup>Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии РФ

Освещены проблемы обращения с радиоактивными отходами и отработавшим ядерным топливом на этапах хранения и утилизации. Приведён качественный и количественный состав радиоактивных отходов, накопленных за время функционирования производств. Сравнительный анализ потенциальной опасности предприятий атомного комплекса выполнен на основе технологических параметров, характеризующих их ядерную, радиационную и экологическую безопасность.

The problems of the manipulation with radioactive waste and fulfilled nuclear fuel at stages of a storage and utilization are covered. The qualitative and quantitative structure of radioactive waste accumulated during functioning manufactures is given. The comparative analysis of potential danger of the enterprises of a nuclear complex is executed on the basis of technological parameters describing their nuclear, radiating and ecological safety.

По состоянию на конец 2005 года загрязненные радионуклидами территории имелись в 26 организациях атомной отрасли, из них в 16 организациях Росатома. Основная часть загрязнений возникла в результате прошлой деятельности предприятий. Общая площадь загрязнённых территорий в отрасли составила 474,6 км<sup>2</sup>, в том числе:

- на промплощадках — 62,6 км<sup>2</sup>,
- в санитарно-защитных зонах — 215,1 км<sup>2</sup>,
- в зонах наблюдения — 196,9 км<sup>2</sup>,
- 94 % (446,78 км<sup>2</sup>) загрязнённых радионуклидами территорий — последствия аварии, произошедшей на «ПО «Маяк» в 1957 году.

На конец 2005 г. общая площадь загрязнённой территории вокруг ПО «Маяк» с мощностью дозы гамма-излучения, превышающей естественный фон более чем на 0,1 мкГр/час, составила 446,78 км<sup>2</sup>, из которых 78,8% — территории с превышением менее 0,5 мкГр/час, площади с превышением от 0,5 до 2 мкГр/час в пределах санитарно-защитной зоны и зоны наблюдения составляют 28,4 км<sup>2</sup>, с превышением более 2 мкГр/час — 40 км<sup>2</sup> [1].

В 1999 г. предприятиями ядерного топливного цикла (ЯТЦ) в атмосферу было выброшено 92 тыс. тонн вредных химических веществ (ВХВ), в том числе: первого класса опасности —

0,0001%, второго — 21,1%, третьего — 44,7%. Превышение предельно допустимых нормативов имело место на 25 предприятиях по 47 наименованиям загрязняющих веществ. Сверхнормативные выбросы составили около 600 т. Наибольшую долю в них составляют вещества третьего класса опасности. Практически без улавливания выбрасываются в атмосферу сернистый ангидрид, оксид углерода, углеводороды.

В 1999 г. 46 предприятий Росатома сбросили в поверхностные водоемы 298 млн. м<sup>3</sup> загрязнённых ВХВ сточных вод, в том числе в бассейны Азовского и Черного морей — 9,5 (3 предприятия), арктических морей — 124,8 (20 предприятий), Балтийского моря — 91,4 (5 предприятий), Каспийского моря — 59,0 (16 предприятий), Тихого океана — 13,1 (2 предприятия) [1].

Основными веществами, отводимыми со сточными водами с превышением ПДК и ПДС, являются: нефтепродукты, азот аммонийный, фтор, тяжёлые и цветные металлы, (отходы гальванического производства). В 1999 г. нормативы ПДК на ряде предприятий превышены в 50-100 раз (ГХК<sup>1</sup>, НЗХК<sup>2</sup>, КЧХК<sup>3</sup>, Электро-механический завод «Авангард»<sup>4</sup>).

На предприятиях Росатома по состоянию на 1 января 2000 г. было наработано 20 млн. тонн токсичных отходов, в том числе первого класса опасности — 218 т, из которых ртутьсодержащих — 184 т, второго класса

<sup>1</sup> — Горно-химический комбинат г. Железнодорожск (Красноярск-26)

<sup>2</sup> — Новосибирский завод химических концентратов

<sup>3</sup> — Кирово-Чепецкий химический комбинат

<sup>4</sup> — г. Саров

опасности – 94 тыс. тонн, четвертого класса опасности – 19,8 млн. тонн.

Сложная радиэкологическая ситуация в России, сложившаяся в зоне воздействия ЯТЦ, связана, прежде всего, с использованием на предприятиях жидкостных технологий в уран-плутониевом цикле и в экстрагировании трансураниевых элементов, представляющих постоянный источник радиоактивных и других отходов, порождая вечную проблему водоёмов-накопителей, емкостей-хранилищ. Переход на принципиально иные виды технологий не планируется. Следовательно, будет продолжаться интенсивное загрязнение окружающей среды.

На настоящий момент на предприятиях Росатома в 105 пунктах хранения находится более 500 млн. м<sup>3</sup> жидких радиоактивных отходов (ЖРО), суммарная альфа-активность которых оценивается в  $1,9 \cdot 10^{16}$  Бк, а суммарная бета-активность –  $7,3 \cdot 10^{19}$  Бк. Твёрдые радиоактивные отходы (ТРО), суммарная альфа-активность которых составляет  $6 \cdot 10^{15}$  Бк и бета-активность –  $8,1 \cdot 10^{18}$  Бк, находятся в 274 пунктах хранения и составляют по массе около 180 млн. т.

К концу 2006 г. в России на АЭС и в хранилищах радиохимических заводов накоплено 18,5 тыс. т отработанного ядерного топлива. Объём отходов ядерного топлива (ОЯТ) неуклонно растёт. В России прирост составляет около 850 т ежегодно, в мире – 11-12 тыс. т. В том количестве ОЯТ, которое накоплено в России к концу 2006 г., содержание плутония составляет около 185 т.

Большое количество накопленных некондиционированных радиоактивных отходов, недостаточность технических средств для обеспечения безопасного обращения с ними, отсутствие надежных хранилищ для их длительного хранения (захоронения) повышают риск возникновения радиационных аварий и создают реальную угрозу радиоактивного загрязнения окружающей природной среды.

Экологические проблемы при захоронении и переработке радиоактивных отходов (РАО) обусловлены, в первую очередь, наличием высокой степени потенциальной опасности нанесения ущерба окружающей природной среде в связи с возможностью радиационного заражения гидросферы, атмосферы, почв и причинения вреда биологическим ресурсам в процессе производства этих работ.

Эта опасность связана с возможным выходом радиоактивных веществ, которые в аварийной ситуации или, к примеру, при неисправности упаковочного контейнера могут

попасть в окружающую среду и создать уровни загрязнения и концентрации радионуклидов в воде, на почве или в окружающем воздухе сверх допустимых значений.

Кроме этого, потенциальная опасность предприятий атомной энергетики обусловлена ещё и тем, что в 30-километровых зонах АЭС и в непосредственной близости к объектам ядерного топливного цикла (ЯТЦ) расположено 1300 населённых пунктов, в которых проживает около 4 млн. человек [2].

Сравнение потенциальной опасности предприятий ЯТЦ можно провести на основе параметров, приведённых в таблице 1, сравнение риска здоровья людей от эксплуатации ядерных установок и радиационных источников приведено в таблице 2.

Поясим причину выбора этих параметров и прокомментируем их различие для выбранных элементов ЯТЦ.

**Число объектов в России.** Этот показатель определяет степень потенциальной опасности для страны от предприятий данного вида. При малом числе (единицы) опасности подвергаются отдельные регионы, и поэтому важным является их географическое расположение, при большом (десятки) – влияние распространяется на многие регионы страны.

**Количество радионуклидов, находящихся на объектах.** Данный показатель характеризует потенциальную опасность конкретного предприятия ЯТЦ. Из таблицы 1 видно, что этот диапазон составляет несколько порядков. Реальную опасность представляют максимально возможные выбросы радиоактивности при тяжёлых авариях, а также их качественный состав.

**Возможность развития самоподдерживающейся цепной ядерной реакции (СЦЯР).** Предотвращение такой реакции было и остаётся предметом первоначальных забот обеспечения безопасности предприятия ЯТЦ. В большинстве из рассмотренных элементов ЯТЦ возникновение неуправляемой цепной ядерной реакции потенциально возможно.

С 1953 по 2007 г. произошло 13 ядерных аварий на различных предприятиях Росатома. Одиннадцать из них произошли до 1979 года. В 1997 г. произошла одна авария: на НЗХК без переоблучения персонала и выброса радиоактивности в окружающую среду.

Наибольшее количество аварий (10) произошло на установках химико-металлургических заводов, производящих и перерабатывающих металлические изделия и отходы из плутония и высокообогащённого урана. Подавляющее число аварий (12) произошло при

Таблица 1

Параметры предприятий ядерного топливного цикла России, характеризующие их потенциальную опасность [2]

Параметр	Горно-металлургический комбинат	Обогатительный завод	Изготовление ядерного топлива	АЭС	Транспортировка ядерного топлива	Радиохимический завод	Полигоны захоронения высокоактивных отходов
Число объектов в России	Единицы	Единицы	Единицы	10	Десятки	Единицы	Единицы
Радиоактивность, находящаяся на объекте, Ки	0,3 Ки/тU*	1 Ки/тU*	1 Ки/тU*	$10^8 \cdot 10^9$	$10^4 \cdot 10^5$	$10^2 \cdot 10^{10}$	$>10^8$
Возможность СЦАР на объекте	Невозможна	Возможна	Возможна	Возможна	Возможна	Возможна	Возможна
Напряжённые технологические параметры	-	P	П	P, T, B, П	-	T, B, П	-
Возможная площадь загрязнения при авариях, км <sup>2</sup>	-	-	~10	~100	~10	~50	~10
Уязвимость к внешним воздействиям	-	ДЧ	-	Си Г, М, ДЧ	ДЧ	Си Г, М, ДЧ	Си Г, М
Уязвимость к ошибкам персонала	Слабая	Средняя	Сильная	Сильная	Сильная	Сильная	Средняя
Физическая защита делящихся радионуклидов	Не нужна	Нужна	Нужна	Нужна	Нужна	Нужна	Нужна

Примечание: \*Активность по альфа-источникам излучения

обращении с растворами, пульпами ядерных материалов. Главными причинами являлись использование ядерноопасного оборудования, ошибки, нарушения в работе персонала, недостатки в учёте и контроле ядерных материалов при их передачах и подготовке к загрузке в аппараты.

К настоящему времени накоплен достаточный опыт для того, чтобы сформулировать принципы, требования и нормы ядерной безопасности, позволяющие избежать образования критических систем при обращении с делящимися материалами в условиях промышленного производства.

К провоцирующим моментам можно отнести использование разных единиц измерения массы, содержания или концентрации делящихся материалов в пределах одной установки.

Провоцирующим моментом является также ошибочное отнесение оборудования к безопасному.

Аварии в г.Томске-7 в 1993 г. году и в г. Новосибирске в 1997 г. произошли на оборудовании, которое называлось безопасным, но не являлось таковым на самом деле, хотя в аварию в г. Новосибирске внесли свою лепту и деформация аппаратов, и плохие, с точки зрения ядерной безопасности, технологические решения.

К провоцирующим моментам можно отнести и выполнение технологической операции на одном рабочем месте одновременно несколькими операторами.

Аварии подтверждают, во-первых, очевидное положение о том, что ядерная безопасность, учёт и контроль ядерных материалов — два важнейших, взаимодополняющих вида деятельности, направленных на предотвращение аварий на ядерных установках,

т. е. необходимость интегрированного равнозначного подхода к обеспечению безопасности.

Анализ имевших место аварий позволяет провести классификацию делящихся материалов по их опасности: наибольшую опасность представляют обогащённый уран и плутоний, а по агрегатному состоянию — их водные растворы или водородсодержащие смеси (из 13 аварий 12 произошло в водородсодержащих системах).

Осциллирующий характер СЦР в растворах приводит ещё к одному важному моменту — необходимости внешнего вмешательства для прекращения СЦР и для перевода системы в подкритическое состояние.

Персонал, находящийся в зоне аварии, испытывает стрессовое состояние и, как показывают результаты аварий, может выполнять действия, неадекватные ситуации. Поэтому единственной реакцией на сигнал аварийной системы должна быть немедленная эвакуация из ядерноопасной зоны.

**Напряжённость технологических параметров.** Потенциальная опасность от наличия радиоактивных продуктов на объекте существенно зависит от напряжённости параметров нормального технологического процесса и сопутствующих им физико-химических явлений. К таким параметрам, прежде всего, относятся давление (P) и температура (T), при которых работают барьеры, удерживающие радиоактивные материалы в заданных границах. Оборудование, работающее под давлением, само по себе требует специального внимания и нормирования, а в сочетании с радиоактивными веществами — особенно.

Технологические процессы, проходящие на грани неуправляемого выделения энергии и повышения давления в виде взрывов,

Таблица 2

Сравнение риска здоровья людей от эксплуатации ядерных установок и радиационных источников [4]

Этап ЯТЦ	Онкологические заболевания		Генетические эффекты
	с летальным исходом	без летального исхода	
Добыча урана	$1.4 \cdot 10^{-2}$	$3.4 \cdot 10^{-2}$	$2.8 \cdot 10^{-3}$
Производство концентратов	$8.6 \cdot 10^{-3}$	$2.1 \cdot 10^{-4}$	$1.7 \cdot 10^{-5}$
Отвалы в процессе эксплуатации	$8.1 \cdot 10^{-4}$	$1.9 \cdot 10^{-3}$	$1.6 \cdot 10^{-4}$
Отвалы после эксплуатации	$8.1 \cdot 10^{-1}$	$1.9 \cdot 10^{-1}$	$1.6 \cdot 10^{-1}$
Конверсия	$1.6 \cdot 10^{-6}$	$3.5 \cdot 10^{-6}$	$2.9 \cdot 10^{-7}$
Изотопное обогащение	$1.2 \cdot 10^{-6}$	$2.9 \cdot 10^{-6}$	$2.4 \cdot 10^{-7}$
Изготовление ТВС	$2.9 \cdot 10^{-7}$	$6.8 \cdot 10^{-7}$	$5.7 \cdot 10^{-8}$
Переработка топлива	$1.6 \cdot 10^{-1}$	$4 \cdot 10^{-1}$	$3.3 \cdot 10^{-2}$
Окончательное захоронение отходов	Количественно	не определено	
Транспорт	$6.5 \cdot 10^{-5}$	$1.6 \cdot 10^{-4}$	$1.3 \cdot 10^{-5}$
Итого:	1	2.3	0.19



создают дополнительный источник опасности и требуют, с одной стороны, достаточно изучения этих пограничных процессов и условий попадания в эту область, с другой – мер по предотвращению реализации самих явлений и минимизации их последствий. В таблице 1 этот фактор отмечен символом – В (взрыв).

Следующим показателем является пожаровзрывоопасность. Рассматривая этот фактор, как и предыдущие, имеем в виду не вообще возможность пожаров на данном объекте, а те пожары, которые могут привести к разрушению барьеров на пути распространения радиоактивных веществ. В таблице 1 этот фактор отмечен символом – П.

**Уязвимость к внешним воздействиям.** К внешним воздействиям, способным привести к разрушению барьеров на пути выхода радиоактивных веществ, будем относить сейсмическую активность и особенности геологической площадки (С и Г), метеорологические условия (М), включающие ураган, обильные осадки и т. п., и вызванные человеческой деятельностью воздействия (ДЧ), в том числе падение самолета, взрывы на соседних предприятиях, диверсии и т.п. Как показывают события, произошедшие 11 сентября 2001 г. в США, этот фактор является наиболее значимым для обеспечения безопасности предприятий ЯТЦ.

**Уязвимость к ошибкам персонала.** Ограничимся только качественной экспертной оценкой этого сложного показателя, введя категории «слабая», «средняя», «сильная», опять же имея в виду ошибки в действиях персонала, способные привести к авариям с тяжёлыми последствиями. Необходимо отметить, что на предприятиях ЯТЦ отсутствуют полномасштабные тренажёры, на которых персонал мог бы проходить подготовку и переподготовку.

**Возможная площадь загрязнения при авариях.** Этот показатель характеризует масштабы возможных последствий аварий для окружающей среды и определяет необходимость реализации планов по защите населения.

Для иллюстрации опасностей, которые могут возникнуть при нарушениях работы оборудования, ошибках персонала и внешних воздействиях, рассмотрим основные процессы, способные привести к выбросу радионуклидов за контролируемые границы.

**Для горно-химического комбината** – ветровой вынос пыли на отвалах «пустой» породы;

попадание неочищенных шахтных вод, содержащих  $Ra^{226}$ , в грунтовые и поверхностные воды.

В г. Лермонтове (Ставропольский край), где с 1954 г. по 1991 г. производилась добыча и переработка урановых руд, отходы производства сбрасывались в хвостохранилище, площадь которого в настоящее время составляет 81,2 га. На нём складировано 12,3 млн. м<sup>3</sup> отходов уранового производства суммарной активностью 45,6 тыс. Ки.

Росатом разработал и утвердил проект рекультивации хвостохранилища, который будет реализован в течение 8 лет. Необходимо отметить, что выделение радона и образование дочерних продуктов его распада являются глобальными природными явлениями, происходящими в особенности в горных и ураноносных районах. Поэтому повышенный природный радоновый фон имеет место не только в г. Лермонтове, но и во всём регионе Кавказских минеральных вод.

Предприятия ЯТЦ России имеют 184,42 га загрязнённых территорий. Загрязнения связаны главным образом с хвостохранилищами; которые сооружались на начальном этапе деятельности предприятий без устройства противодиффузионных защитных мер. Негативное влияние хвостохранилищ на окружающую среду сохраняется и в настоящее время из-за продолжения их эксплуатации на ЧМЗ<sup>5</sup> и НЗХК. За последние годы обострилась обстановка на НЗХК, связанная с эксплуатацией хвостохранилища, дамба которого не отвечает гидротехническим и строительным требованиям. На МЗП<sup>6</sup> требуется реабилитация склона берега Москвы-реки из-за его оползневого характера. В п. Балей Читинской области имеются загрязнения жилого фонда и зданий соцкультбыта.

**Для обогащательного завода** – выброс гексафторида урана и радиоактивной и ядовитой пыли при получении диоксида урана.

**Для транспортировки ядерного топлива**

Водозаполненные контейнеры – развитие неконтролируемой СЦЯР при нарушении геометрии расположения тепловыделяющей сборки (ТВС) в контейнере, разгерметизация контейнера в результате взрыва радиолитического водорода, замерзание или утечка в нём теплоносителя – воды, повышение нейтронного поля вне контейнера при утечке воды, выдавливание загрязнённой радионуклидами воды через повреждённые уплотнения, выброс радиоактивных аэрозолей через повреждённые уплотнения.

<sup>5</sup> – Чепецкий механический завод, г. Глазов, Удмуртия

<sup>6</sup> – Московский завод полиметаллов

Сухие контейнеры – выброс радиоактивных аэрозолей через повреждённые уплотнения, повышение нейтронного поля вне контейнера при повреждении нейтронной защиты, развитие СЦЯР при нарушении геометрии расположения ТВС в контейнере, его перегрев, разгерметизация в результате механических повреждений при транспортных авариях.

### Для радиохимического завода

Отделение резки – возгорание пиррофорных опилок при обрезке хвостовиков ТВС, выделение окклюдированных и адсорбированных радиоактивных благородных газов и летучих соединений радионуклидов; отделение растворения – взрыв водорода, образующегося при растворении металла (если перерабатываются металлические твэлы), отгонка трития, радиоактивных газов и летучих соединений радионуклидов, «заикливание» трития вследствие процессов изотопного обмена, протечки высокоактивной жидкости вследствие коррозии оборудования.

Хранилища отработанного ядерного топлива – взрыв радиолитического водорода при нарушении системы вентиляции, развитие СЦЯР при нарушении геометрии расположения отработанных ТВС, коррозионное или механическое повреждение оболочек твэлов и выход радиоактивности в воду хранилища, разлив радиоактивной воды из бассейна при повреждении системы водообмена.

Узел экстракции – развитие СЦЯР. Пожар в результате вспышки паров экстрагента и разбавителя, взрыв радиолитического водорода, протечки радиоактивной жидкости вследствие коррозионного повреждения оборудования, взрыв в результате автокаталитической реакции с газовыделением в жидкой фазе.

Отделение упаривания – протечки высокоактивной жидкости при коррозионном повреждении оборудования, выброс радиоактивных паров и аэрозолей при нарушении системы газоочистки.

Отделение получения товарного продукта:

Урановая ветвь – пожар в результате вспышки паров экстрагента и разбавителя, взрыв твердых нитратов в результате автокаталитической реакции с газовыделением в твердой фазе, протечки в результате коррозионного повреждения оборудования.

Плутониевая ветвь – узел экстракции, отделение упаривания, взрыв при термическом разложении гидразина, пыль диоксида плутония при денитрации, развитие СЦЯР.

Получение нептуния – см. узел экстракции.

Отделение хранения и переработки радиоактивных растворов и пульп – развитие локальной СЦЯР, рост давления газа в результате нагрева радиоактивного раствора теплом ядерного распада и выделение радиолитических газов, технологические причины, прорыв сжатого газа в аппараты, предназначенные для работы «под налив», «обратная» диффузия радиоактивной паро-воздушной смеси из свободных аппаратов хранилищ, взрыв газообразных продуктов радиолиза жидких радиоактивных отходов и паров компонентов отходов, автокаталитическая химическая реакция с газовыделением в жидкой фазе, взрыв твёрдого остатка после выпаривания отхода, протечки высокоактивной жидкости вследствие коррозионного повреждения оборудования.

Отделения отверждения (остеклования) жидких отходов – протечки в результате прогорания свода печи, на стадии кальцинации или при розливе плава, выброс аэрозолей и летучих соединений радионуклидов при нарушении системы газоочистки, взрыв в результате автокаталитической реакции с газовыделением в жидкой фазе, взрыв твердых нитратов.

Полигоны подземного захоронения жидких отходов – протечки в результате коррозионного или механического повреждения «больших» трубопроводов для передачи радиоактивных растворов с завода на полигоны, развитие СЦЯР, аварии на нагнетательных скважинах и в пласте: разрыв труб в результате коррозии или механического повреждения и выброс жидкости из скважины, газообразование и повышение давления в пласте и скважине в результате жизнедеятельности анаэробных бактерий и выброс (фонтан), выброс жидкости из скважины в результате радиационно-химического газовыделения в пласте, перегрев пласта вследствие чрезмерной радиационной нагрузки, непредвиденное гидрогеологами движение радиоактивной жидкости в пласте по разломам и вынос в горизонты, соединяющиеся с поверхностью.

В результате возможного возникновения СЦР при дальнейших закачках жидких радиоактивных отходов (ЖРАО), проводимых СХК<sup>7</sup>, может произойти залповый выброс радиоактивных веществ в водоносные горизонты, что может в дальнейшем изменить гео- и гидрообстановку, а также оказать воздействие на безопасную эксплуатацию

<sup>7</sup> - Сибирский химический комбинат

ядерных реакторов АДЭ-4,5. Кроме этого, подобное явление может возникнуть и при возможном землетрясении.

Несмотря на то что сама площадка расположения СХК относится к асейсмичному району, следует иметь в виду, что землетрясения силой 3-4 балла в г. Томске фиксировались. Так, в июне 1990 г. ощущались отдельные толчки после землетрясения в районе оз. Зайсан (Казахстан). Землетрясение силой 3,5 балла с эпицентром в 180 км на восток от г. Томска зафиксировано в 1979 г. Сейсмические подвижки интенсивностью 6-7 баллов фиксировались в районе г. Новокузнецка в начале XX века [5].

Бассейны и открытые водоемы, содержащие среднеактивные отходы – протечки «больших» трубопроводов для передачи радиоактивных растворов с завода к водоему или бассейну, ветровой разнос радиоактивных аэрозолей с водной поверхности, ветровой разнос пыли, образующейся при оголении и разогреве донных осадков, разнос активности водоплавающими птицами и насекомыми, проникновение радионуклидов в водоносные горизонты.

**Наличие физических барьеров безопасности.** На обогатительных заводах реально существует один барьер – границы герметичного оборудования. На заводах по изготовлению ядерного топлива реально физические барьеры отсутствуют. При транспортировке как свежее, так и отработанное ядерное топливо имеет только два собственных физических барьера: матрицу делящегося материала и оболочку твэлов и герметичный контейнер, т. е. реально наличие двух независимых физических барьеров безопасности не обеспечивается. На радиохимическом заводе требование герметичности при переработке ОЯТ с высокой активностью привело к наличию не менее трех реальных физических барьеров. Полигоны захоронения высокоактивных отходов – подземные сооружения, содержащие герметичные ёмкости, реально имеют не менее одного барьера.

**Ядерная и радиационная безопасность предприятий ЯТЦ.** В настоящее время ядерная и радиационная безопасность регламентируется в соответствии с нормативными документами Росатома России, которые формируют в основном требования к предотвращению СЦЯР. Радиационная безопасность регламентирована в основном для нормальной эксплуатации предприятий ЯТЦ и оптимальных проектных решений с точки зрения экономических показателей.

Требования и параметры безопасности для отдельных видов производств регламентированы отраслевыми стандартами, правилами и технологическими инструкциями. Порядок организации работ по обеспечению безопасности определён соответствующими отраслевыми положениями. Главный недостаток этой системы состоит в отсутствии требований к параметрам и коэффициентам запаса для взрывопожароопасных процессов, производств, установок. В настоящее время эту функцию частично выполняют технологические инструкции и заключения (рекомендации) отраслевых институтов.

Слабо применяется «принцип единичного отказа», не используется принцип «внутренней самозащитённости», согласно которому потенциально опасные установки должны обладать определёнными физико-химическими свойствами, исключая возможность возникновения тяжёлых аварий. Не прослеживается чёткое выполнение требования обеспечения единого государственного подхода к учёту ядерных материалов.

## Заключение

Решение многоплановых задач выхода из кризисной экологической ситуации в районах деятельности предприятий ЯТЦ, расположенных на территории Российской Федерации, представляет собой беспрецедентную по сложности научно-техническую, экологическую и инженерно-экологическую проблему, не имеющую аналога в мировой науке и практике.

## Литература

1. Кузнецов В.М. Становление атомного комплекса Российской Федерации (историко-технический анализ конструкционных, технологических и материаловедческих решений) М.: МНЭПУ. 2006. 340 с.
2. Кузнецов В.М. Российская атомная энергетика. Вчера, сегодня, завтра. М.: Голос-пресс. 2000. 287 с., ил.
3. Кузнецов В.М. Основные проблемы и современное состояние безопасности предприятий ядерного топливного цикла России. 2-е издание дополненное и переработанное. М.: «Эпицентр», 2003. 460 с., ил.
4. В.Кревитт, Р.Фридрих. Сравнение риска от различных источников электроэнергии / Атомная техника за рубежом. М.; 1998. № 5. с. 15-21.
5. Адам А.М. Состояние окружающей среды и здоровья населения в зоне влияния СХК Томск. 1994. 184 с.

## Оценка эффективности регионального природопользования в системе «население – территория – ресурсы – экономика»

Б.И. Кочуров, А.Я. Смирнов, В.А. Лобковский  
Институт географии РАН

В статье рассматривается эффективность природопользования в регионах России в системе «население – территория – ресурсы – экономика».

The efficiency of use of nature in regions of Russia in the system «population – territory – resources – economy» is considered.

В основании могущества и богатства страны, благосостояния общества лежит, в конечном счёте, эффективность природопользования. Регионы высокоэффективного природопользования образуют зоны благополучия, низкоэффективного – зоны бедствия. Проблема максимизации эффективности природопользования становится важнейшей государственной и общенациональной задачей менеджмента, науки, инженерии [1-5].

Существует «монетарный» подход к оценке эффективности природопользования. В этом подходе исходные показатели количественно выражены в денежных единицах. Вместе с тем существует и подход, использующий натуральные показатели, исходные единицы которых количественно выражены, главным образом, в «натуральных» единицах (штуках, тоннах, метрах – линейных, квадратных, кубических и т. п., а при необходимости и в рублях). Назовем такой подход «натуральным». В разработках управленческих решений оба подхода должны дополнять друг друга.

Суть предлагаемого метода оценки эффективности процессов регионального природопользования заключается в следующем.

1. Исходными данными являются данные годовых выпусков официального издания Федеральной службы государственной статистики «Регионы России. Социально-экономические показатели». Эти данные являются ориентировочными, и на их основе производятся реперные, формальные расчёты эффективности регионального природопользования. Затем результаты формальных расчётов проходят экспертную верификацию и при необходимости корректируются.

2. По исходным данным формируются группы регионов, однотипных по доминирующим отраслям производства. Это: (1) тор-

говля и услуги; (2) обработка (готовая продукция), торговля и услуги; (3) обработка (готовая продукция); (4) добыча природных ресурсов, обработка (готовая продукция), торговля и услуги; (5) добыча природных ресурсов, торговля и услуги; (6) добыча природных ресурсов, обработка (готовая продукция); (7) добыча природных ресурсов.

3. В ходе сопоставления показателей *процессов* регионального природопользования в среде групп однотипных по отраслям регионов, определяются количественно выраженные преимущества процессов региональной деятельности по целям ведения процессов Цо/Цб, по способам достижения целей Со/Сб и по затратам ресурсов на достижение целей Зб/Зо. Индексы «о» и «б» обозначают оцениваемые и базовые версии процессов.

Выполняется расчёт оценок эффективности регионального природопользования:

$$E = (Цо / Цб) \times (Со / Сб) \times (Зб / Зо)^2.$$

Разработанная версия оценки эффективности регионального природопользования обладает следующими особенностями [6-9].

Предложено рассматривать эффективность природопользования как эффективность использования природных ресурсов в процессах региональной деятельности. При традиционном, монетарном подходе к понятию «эффективность» (отношение результатов деятельности к затратам на их достижение) сущность процесса деятельности, эффективность которого оценивается, скрыта в «чёрном ящике». Соотносятся только входные (затраты) и выходные (результаты как доходы) показатели деятельности. Мы предлагаем раскрыть «чёрный ящик» и представлять процессы как целенаправленную последовательность действий (способов), ограниченную затратами привлечённых ресурсов.



Включение в рассмотрение эффективности процессов деятельности третьей компоненты – способов действий для достижения целей (результатов) – существенно расширило спектр показателей эффективности регионального природопользования и тем самым содержательность результатов оценки.

Расчётными данными оценок эффективности процессов региональной деятельности являются преимущества соответствующих показателей в разах относительно их наименьшего значения. В данной работе предложено считать, что преимущество наибольшего показателя относительно наименьшего достигает 10 раз. Такое унифицированное представление показателей позволяет сопоставлять не только финансовые параметры, но, главным образом, натуральные разноименные (штуки, тонны, кубометры, киловатты и т. п.) показатели процессов региональной деятельности.

Преимущества определяются в среде показателей групп регионов однотипных по доминантам отраслевых производств: «добыча природных ресурсов», «готовая продукция (обработка природных ресурсов и сырья)», «торговля и услуги (включая финансовые)».

Рассматриваются 11 показателей региональной деятельности.

*По прибыльюобразующему сектору:* эффективность природопользования в терминах обеспечения благосостояния населения; эффективность природопользования в терминах производства валового регионального продукта (ВРП); эффективность природопользования в терминах производства региональной валовой прибыли.

*По затратно-экологическому сектору:* эффективность использования техногенных рисков в процессах региональной деятельности; эффективность использования экологических нагрузок на окружающую среду в процессах региональной деятельности; эффективность использования экологических нагрузок на человеческий организм в процессах региональной деятельности.

*По организационному фундаменту региональной деятельности:* региональный потенциал квалифицированного труда; принципы стратегического управления регионом; системные показатели региона как элемента системы Российская Федерация.

Для сопоставления монетарного и натурального подходов приводятся монетарные оценки эффективности регионального природопользования как отношения ВРП к сумме расходной части регионального бюджета

и инвестиций в развитие региональных средств производства. Впервые оценивается «временная эффективность»: использование годового периода времени развития региона для повышения эффективности регионального природопользования.

В процедуры оценки включена экспертная верификация данных. Суть её состоит в сопоставлении формальной монотонно убывающей (или возрастающей) последовательности показателей (исходных данных, расчётных данных, результатов расчётов), сформированной в среде однотипных групп регионов, со сложившейся у эксперта монотонной последовательностью этих же показателей, ранжированных в соответствии с представлениями эксперта об их соотношениях. Значимые отклонения соответствующих показателей в сравнении монотонных последовательностей есть признак несоответствия этих показателей мнениям эксперта. Источники несоответствий должны быть найдены, проверены и, при необходимости, исправлены.

В ходе исследования впервые рассматривались региональные соотношения в системе «население – территория – ресурсы – экономика», показатели креативной активности и добродетелей населения регионов и их влияние на эффективность регионального природопользования.

Процессы региональной деятельности представлены тремя производственными отраслями: (1) добывающей, (2) обрабатывающей (готовая продукция) и (3) отраслями торговли и услуг, включая банковские [10]. В каждом регионе имеют место процессы всех трёх отраслей. Но объёмы производств каждой отрасли, формируемые географическими и историческими факторами, различаются по регионам. Результаты расчётов на 2003 г. определили 7 групп распределения регионов России по доминирующим отраслям.

1. Регионы с отраслевой доминантой «Торговля и услуги (включая банковские)» – 7 регионов.

2. Регионы с отраслевыми доминантами «Обработка (готовая продукция), торговля и услуги (включая банковские)» – 8 регионов.

3. Регионы с отраслевой доминантой «Обработка (готовая продукция)» – 23 региона.

4. Регионы с отраслевыми доминантами «Добыча и производство природных ресурсов и сырья, обработка (готовая продукция) и торговля и услуги (включая банковские)» – 11 регионов.

5. Регионы с отраслевыми доминантами «Добыча и производство природных ресур-

сов и сырья и торговля и услуги (включая банковские)» – 16 регионов.

6. Регионы с отраслевыми доминантами «Добыча и производство природных ресурсов и сырья и обработка (готовая продукция)» – 10 регионов.

7. Регионы с отраслевыми доминантами «Добыча и производство природных ресурсов и сырья» – 11 регионов.

Распределение регионов по отраслевым типам в сопоставлении с данными 2000 и 2003 гг. позволяет рассмотреть вопросы отраслевой миграции регионов. Московский философ А.С. Панарин, исследуя вопросы трудовых отношений в постсоветской России, указал на феномен «дезертирства труда» из отраслей с тяжёлыми и низкооплачиваемыми производственными условиями (добывающие и обрабатывающие отрасли с низкоэффективными сырьевыми технологиями) в более комфортные и высокооплачиваемые отрасли (торговля и услуги, в том числе финансовые) [11]. Приведённые примеры отраслевой миграции регионов в основном подтверждают наблюдения А.С. Панарины. Но здесь есть особенности, связанные с развитием стратегии управления экономикой РФ. Вначале перед страной ставилась задача наращивания ВВП. Наиболее простой путь решения этой задачи – торговля сырьевыми ресурсами страны. В соответствии с этой стратегией отраслевая иерархия ценностей региональной деятельности строилась от наиболее значимых торговых через добывающие к наименее значимым обрабатывающим отраслям. Такая стратегия привела к разрушению наиболее технологичных, наукоёмких обрабатывающих отраслей и к гипертрофированному развитию торговых и добывающих, сырьевых отраслей. Нынешняя стратегия развития страны ориентирована на восстановление потенциала обрабатывающих отраслей. Отраслевая иерархия региональной деятельности оказалась перевёрнутой в соответствии с новой аксиоматикой отраслей: от наиболее значимых сегодня – обрабатывающих, через добывающие – к торговым и обслуживающим отраслям.

Наше представление о нынешней значимости отраслевых региональных предпочтений отражено в иерархии расположений региональных отраслевых групп в таблице. Распределение регионов по отраслевым типам в сопоставлении по данным 2000 г. и 2003 г., а отраслевые типы региональной деятельности расположены в порядке снижения их общенациональной значимости, в свете нынешней стратегии развития РФ (табл. 1).

Анализ региональных показателей по отраслевой группе «*Регионы с обрабатывающей отраслевой доминантой*», состоящей на 2003 г. из 23 регионов, показал, что в неё перешло 15 регионов (65%), которые в 2000 г. размещались в отраслевых группах «Добыча» и «Добыча и обработка». В этих 15 регионах рост производительности обрабатывающих отраслей значительно обогнал рост производительности добывающих отраслей, в результате чего доминанты добывающих отраслей, по сравнению с обрабатывающими, оказались не существенными.

Анализ региональных показателей по отраслевой группе «*Регионы с добывающими и обрабатывающими отраслевыми доминантами*», включающей в себя, по состоянию на 2003 г., 10 регионов, показал, что в неё перешло 4 региона (40%), которые в 2000 г. размещались в отраслевой группе «Добыча». В этих 4 регионах рост производительности обрабатывающих отраслей значительно обогнал рост производительности добывающих отраслей, в результате чего доминанты добывающих отраслей, по сравнению с обрабатывающими, оказались не существенными.

Анализ региональных показателей по отраслевой группе «*Регионы с обрабатывающими и торговыми отраслевыми доминантами*» показал, что она образована целиком из регионов, которые в 2000 г. размещались в отраслевых группах «Обработка» и «Добыча и обработка». В этих регионах значимо возросло количество предприятий торговли и услуг, включая финансовые, в результате чего доминанты добывающих отраслей, по сравнению с отраслями торговли и услуг (включая финансовые), оказались не существенными.

Анализ региональных показателей по отраслевой группе «*Регионы с добывающими, обрабатывающими и торговыми отраслевыми доминантами*» показал, что она образована целиком из регионов, которые в 2000 г. размещались в отраслевых группах «Обработка» (1 регион), «Добыча» (1 регион) и «Добыча и обработка» (8 регионов). В этих регионах значительно возросло количество предприятий торговли и услуг, включая финансовые, в результате чего доминанты добывающих и обрабатывающих отраслей оказались близки по величинам с доминантами отраслей «Торговля и услуги, включая финансовые».

Анализ региональных показателей по отраслевой группе «*Регионы с добывающими отраслевыми доминантами*» показывает влияние на отраслевую региональную структуру стратегии развития экономики страны на 2000 – 2006 гг., ориентированной на на-

ращивание ВВП за счет сырьевых, добывающих отраслей. Отраслевая группа «Регионы с добывающими отраслевыми доминантами» образована целиком из регионов, которые в 2000 г. размещались в отраслевых группах «Обработка» (2 региона), «Добыча» (9 регионов) и «Добыча и обработка» (1 регион). Важно отметить, что в Мурманской и Камчатской областях и в Таймырском округе из-за влияния сырьевой стратегии развития экономики РФ снизилась производительность обрабатывающих отраслей, в результате чего доминанты обрабатывающих отраслей упали и эти регионы вошли в состав региональной группы «Регионы с добывающей отраслевой доминантой».

Анализ региональных показателей по отраслевой группе «Регионы с добывающими и торговыми отраслевыми доминантами» показал, что она образована целиком из регионов, которые в 2000 г. размещались в отраслевых группах «Добыча» (9 регионов) и «Добыча и обработка» (7 регионов). В этих реги-

онах на фоне снижения производительности обрабатывающих отраслей, значительно возросло количество предприятий торговли и услуг, включая финансовые, в результате чего доминанты обрабатывающих отраслей упали, оказавшись несущественными по сравнению с доминантами «Добыча» и «Торговля и услуги, включая финансовые».

Анализ региональных показателей по отраслевой группе «Регионы с торговыми отраслевыми доминантами» показал, что она образована из регионов, которые в 2000 г. размещались в отраслевых группах «Обработка» (2 региона), «Добыча и обработка» (4 региона) и особого региона «Обработка и торговля» (г. Москва). В этих регионах на фоне снижения производительности обрабатывающих отраслей значимо возросло количество предприятий торговли и услуг, включая финансовые, в результате чего доминанты обрабатывающих отраслей упали, оказавшись несущественными по сравнению с доминантами «Торговля и услуги, включая финансовые».

Таблица 1

Формирование путей отраслевой миграции регионов Российской Федерации

Состав данной отраслевой типовой группы на 2000 г.	Исходный адрес	Направления отраслевой миграции регионов	Адреса отраслевой миграции регионов	Состав данной отраслевой типовой группы на 2003 г.	Отраслевые доминанты регионов			Временная эффективность	Соотношение «население – территория – ресурсы – экономика»				Обобщенные показатели доброты народов	Приоритет (ОКАН) / (ИКАН)
					Добыча	Обработка	Торговля		Численность занятого в экономике населения	Размер территории	Объемы природных ресурсов и сырья	Вклад региона в экономику РФ		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13		

Регионы «Обраб» с обрабатывающей отраслевой доминантой

30. Аг. Бурятск.	Доб		Обраб	30. Аг. Бурятск. окр.	1,3	1,0	0,7			С	С	С	С	С
79. Еврейск. авт.	Обраб		Обраб	79. Евр. авт. обл.	1,9	3,4	1,1	С		С	С	С	С	С
31. Коми-Перм.	Доб		Обраб	31. К.-Перм. окр.	1,0	3,8	0,9			С	ОН	ОН	ОН	С
3. Р. Алтай	ДО		Обраб	3. Р. Алтай	2,3	4,2	1,4			В	В	С	С	В
35. У-Ордин. окр.	ДО		Обраб	35. У.-Орд. окр.	1,4	4,6	0,8			С	С	С	С	С
9. Р. Кар.-Черкес.	ДО		Обраб	9. Р. Кар.-Черкес.	1,2	4,3	1,7			С	ОН	В	С	С
15. Р. Сев. Осет.	ДО		Обраб	15. Р. Сев. Осет.	2,0	3,3	1,9			С	С	ОВ	В	С
1. Р. Адыгея	ДО		Обраб	1. Р. Адыгея	1,1	4,6	1,7			С	ОН	ОН	С	С
45. Курган. обл.	ДО		Обраб	45. Курган. обл.	1,8	3,6	2,1			В	В	С	В	С
7. Р. Каб.-Балкар.	ДО		Обраб	7. Р. Каб.-Балкар.	1,7	3,8	1,9			С	С	С	В	С
12. Р. Марий Эл	ДО		Обраб	12. Р. Марий Эл	1,8	4,5	1,8			С	С	С	В	С
57. Орлов. обл.	ДО		Обраб	57. Орловск. обл.	1,9	5,1	2,0			В	С	С	ОВ	С
50. Псков. обл.	ДО		Обраб	50. Псковск. обл.	2,0	4,3	1,9			С	В	С	В	С
53. Новгород. обл.	Обраб		Обраб	53. Новгород. обл.	2,1	5,9	1,9			С	В	В	В	С
13. Р. Мордовия	Обраб		Обраб	13. Р. Мордовия	1,2	5,0	1,9	С		С	С	ОН	В	В
37. Иванов. обл.	ДО		Обраб	37. Иванов. обл.	1,5	4,3	2,0			В	С	С	В	В
68. Тамбов. обл.	Обраб		Обраб	68. Тамбов. обл.	1,2	5,0	2,2			С	С	ОН	ОВ	С
58. Пензен. обл.	Обраб		Обраб	58. Пензенск. обл.	1,9	4,6	2,5	В		С	В	С	В	В
40. Калуж. обл.	Обраб		Обраб	40. Калужск. обл.	1,4	4,4	2,8	С		В	С	С	ОВ	В
32. Брянск. обл.	Обраб		Обраб	32. Брянская обл.	1,3	5,1	2,4	В		В	С	С	ОВ	В
33. Владимирск.	Обраб		Обраб	33. Владимирск.	1,9	4,5	2,7	С		ОВ	С	С	ОВ	ОВ
43. Киров. обл.	ДО		Обраб	43. Кировск. обл.	2,9	4,6	2,9			ОВ	ОВ	В	ОВ	ОВ
21. Р. Чувашия	ДО		Обраб	21. Р. Чувашия	1,5	5,0	2,3			В	С	С	ОВ	В

Таблица 1 (продолжение)

Формирование путей отраслевой миграции регионов Российской Федерации

Состав данной отраслевой типовой группы на 2000 г.	Исходный адрес	Направления отраслевой миграции регионов	Адреса отраслевой миграции регионов	Состав данной отраслевой типовой группы на 2003 г.	Отраслевые доминанты регионов			Временная эффективность	Соотношение «население – территория – ресурсы – экономика»				Обобщенные показатели добродетелей народа	Приоритет (ОКАН) / (ИКАН)
					Добыча	Обработка	Торговля		Численность занятого в экономике населения	Размер территории	Объемы природных ресурсов и сырья	Вклад региона в экономику РФ		
1	2	3	4	5	6	6	7	8	9	10	11	12	13	

Регионы «ДО» с добывающей и обрабатывающей отраслевыми доминантами

17.Р.Тыва	Доб		ДО	17.Р.Тыва	2,3	1,3		ОН	В	В	ОН	ОН	В
44.Костром. обл.	ДО		ДО	44.Костром. обл.	3,3	1,9		С	С	В	В	С	В
8.Р.Калмыкия	Доб		ДО	8.Р.Калмыкия	2,1	2,3	1,4	ОН	С	ОН	В	В	В
4.Р.Бурятия	ДО		ДО	4.Р.Бурятия	3,3	3,1	1,3	С	С	ОВ	В	С	В
10.Р.Карелия	ДО		ДО	10.Р.Карелия	3,1	2,8	2,0	В	С	В	С	В	С
28.Амур. обл.	Доб		ДО	28.Амурск. обл.	2,6	3,0	2,0	В	В	ОВ	В	С	С
62.Рязан. обл.	ДО		ДО	62.Рязанск. обл.	2,9	4,0	2,7	С	В	ОН	В	В	В
46.Курская обл.	ДО		ДО	46.Курская обл.	2,8	3,9	2,4	В	В	ОН	В	В	В
47.Ленингр. обл.	Доб		ДО	47.Ленингр. обл.	3,9	4,0	3,1	ОВ	В	ОВ	ОВ	В	В
69.Твер. обл.	ДО		ДО	69.Тверская обл.	3,3	4,4	3,0	В	В	В	В	В	ОВ

Регионы «ОТ» с обрабатывающей и торговой отраслевыми доминантами

39.Калинград.	ДО		ОТ	39.Калингр. обл.	2,0	3,3	3,7	ОН	ОН	В	С	С	В
73.Ульянов. обл.	Обраб		ОТ	73.Ульянов. обл.	1,7	4,2	3,0	В	С	ОН	ОН	ОН	В
31.Белгород. обл.	ДО		ОТ	31.Белгород. обл.	2,4	3,7	3,9	С	С	С	С	С	В
71.Тульская обл.	ДО		ОТ	71.Тульская обл.	2,9	4,4	3,9	В	С	С	В	В	В
76.Ярослав. обл.	Обраб		ОТ	76.Ярослав. обл.	2,2	4,7	4,2	С	С	В	В	С	В
36.Воронеж. обл.	ДО		ОТ	36.Воронеж. обл.	2,3	4,4	4,0	В	В	В	В	В	В
50.Москов. обл.	Обраб		ОТ	50.Москов. обл.	4,0	4,9	6,3	ОВ	В	ОВ	ОВ	В	В
26.Ставроп. кр.	ДО		ОТ	26.Ставроп. кр.	3,3	4,0	4,8	С	С	С	С	ОВ	В

Регионы «ДОТ» с добывающей, обрабатывающей и торговой отраслевыми доминантами

6.Р.Ингушетия				6.Р.Ингушетия	1,6	1,4	1,2	ОН	ОН	ОН	ОН	В	В
29.Арханг. обл.	ДО		ДОТ	29.Арханг. обл.	4,4	3,1	3,9	С	В	ОВ	В	В	В
35.Вологод. обл.	Доб		ДОТ	35.Вологод. обл.	4,0	2,9	3,6	В	В	В	В	В	В
22.Алтайск. кр.	ДО		ДОТ	22.Алтайск. кр.	3,5	4,3	4,2	В	В	В	В	В	В
67.Смолен. обл.	ДО		ДОТ	67.Смолен. обл.	2,5	3,3	2,4	В	С	В	В	С	В
18.Р.Удмуртия	ДО		ДОТ	18.Р.Удмуртия	3,2	3,0	3,8	В	В	С	С	В	В
27.Хабар. обл.	Обраб		ДОТ	27.Хабаров. обл.	4,2	3,1	3,7	С	ОВ	В	В	ОН	В
25.Примор. кр.	ДО		ДОТ	25.Приморск. кр.	3,3	3,4	4,7	В	В	В	В	В	В
54.Новосиб. обл.	ДО		ДОТ	54.Новосиб. обл.	4,1	4,6	5,3	ОВ	В	В	ОВ	В	В
55.Омская обл.	ДО		ДОТ	55.Омская обл.	3,2	4,3	4,5	В	В	С	В	С	В
64.Саратов. обл.	ДО		ДОТ	64.Саратов. обл.	3,8	3,5	5,0	ОВ	С	В	В	ОВ	В

Регионы «Доб» с добывающей отраслевой доминантой

88.Эвенкийск. о.	Доб		Доб	88.Эвенк. окр.	3,3	0,6	0,6	ОН	В	С	В	В	В
20.Р.Чечня				20.Р.Чечня	1,0	0,0	0,2	ОН	ОН	ОН	В	ОН	В
83.Ненецкий. ок.	Доб		Доб	83.Ненецк. окр.	2,8	0,1	0,9	ОН	С	В	С	В	В
82.Корякск. окр.	ДО		Доб	82.Корякск. окр.	3,4	1,3	1,0	ОН	С	С	ОН	С	В
84.Таймыр. окр.	Обраб		Доб	84.Таймыр. окр.	2,2	1,1	1,1	ОН	В	В	С	В	С
87.Чукотск. окр.	Доб		Доб	87.Чукотск. окр.	3,6	0,9	1,2	ОН	В	С	С	В	В
61.Мурман. обл.	ДО		Доб	61.Мурман. обл.	4,4	2,5	3,0	В	В	В	В	В	В
49.Магадан. обл.	Доб		Доб	49.Магадан. обл.	3,6	0,9	1,9	В	В	С	С	С	В
89.Ям.-Ненец. о.	Доб		Доб	89.Ям.-Нен. ок.	4,1	0,1	2,7	С	С	В	В	ОВ	С
19.Р.Хакасия	Доб		Доб	19.Р.Хакасия	4,1	2,0	1,7	В	С	В	В	В	В
41.Камчат. обл.	Обраб		Доб	41.Камчатск. обл.	3,0	3,0	2,1	В	В	С	С	В	В
14.Р.Сах.-Якут.	Доб		Доб	14.Р.Сах.-Якут.	3,0	0,6	3,6	С	В	ОВ	ОВ	В	В
75.Читинск. обл.	Доб		Доб	75.Читинск. обл.	4,6	1,9	2,4	В	В	С	В	В	В
56.Оренбург. обл.	Доб		Доб	56.Оренбург. обл.	3,4	1,8	3,7	С	ОВ	В	В	В	ОВ



Таблица 1 (окончание)

Формирование путей отраслевой миграции регионов Российской Федерации

Состав данной отраслевой типовой группы на 2000 г.	Исходный адрес	Направления отраслевой миграции регионов	Адреса отраслевой миграции регионов	Состав данной отраслевой типовой группы на 2003 г.	Отраслевые доминанты регионов			Временная эффективность	Соотношение «население – территория – ресурсы – экономика»				Обобщенные показатели добродетелей народа	Приоритет (ОКАН) / (ИКАН)
					Добыча	Обработка	Торговля		Численность занятого в экономике населения	Размер территории	Объемы природных ресурсов и сырья	Вклад региона в экономику РФ		

Регионы «ДТ» с добывающей и торговой отраслевыми доминантами

48. Липецк. обл.	Доб		ДТ	48. Липецк. обл.	2,7	1,8	2,5									
65. Сахалин. обл.	ДО		ДТ	65. Сахалин. обл.	2,4	1,9	2,3		ОН	Н	ОН	ОН	Н	Н	Н	Н
11. Р. Коми	Доб		ДТ	11. Р. Коми	4,4	2,2	3,6		Н	В	В	Н	ОН	В	В	В
5. Р. Дагестан	ДО		ДТ	5. Р. Дагестан	2,9	2,8	1,1		Н	Н	Н	Н	В	В	В	В
30. Астрахан. обл.	Доб		ДТ	30. Астрахан. обл.	2,9	1,9	2,2		Н	Н	Н	ОН	С	Н	Н	Н
70. Томская обл.	ДО		ДТ	70. Томская обл.	4,1	2,4	2,9		Н	В	В	Н	С	Н	Н	Н
38. Иркутск. обл.	ДО		ДТ	38. Иркутск. обл.	5,6	3,0	4,8		С	В	В	С	Н	Н	Н	Н
86. Х. Манс. окр.	Доб		ДТ	86. Х. Манс. окр.	3,3	0,2	4,8		С	В	В	В	Н	В	В	В
42. Кемеров. обл.	Доб		ДТ	42. Кемеров. обл.	5,4	1,4	5,1		С	Н	Н	С	В	Н	Н	Н
24. Краснояр. кр.	Доб		ДТ	24. Краснояр. кр.	6,6	1,6	5,1		В	ОВ	ОВ	В	С	В	В	В
34. Волгоград. обл.	ДО		ДТ	34. Волгоград. обл.	4,6	3,1	4,6		С	С	Н	С	ОВ	В	В	В
2. Р. Башкортост.	ДО		ДТ	2. Р. Башкортост.	4,4	2,9	5,6		В	С	С	В	В	В	В	В
74. Челябин. обл.	Доб		ДТ	74. Челябин. обл.	4,8	2,1	5,6		В	Н	Н	В	В	В	В	В
72. Тюменск. обл.	Доб		ДТ	72. Тюмен. обл.	6,4	0,8	7,6		В	В	В	ОВ	В	Н	Н	Н
59. Пермская обл.	ДО		ДТ	59. Пермская обл.	4,9	3,4	5,1		В	С	С	С	В	Н	Н	Н
66. Свердлов. обл.	Доб		ДТ	66. Свердл. обл.	5,6	2,7	7,5		ОВ	С	С	В	ОВ	В	В	В

Регионы «ТУФ» с отраслевой доминантой «Торговля и услуги, включая финансовые»

16. Р. Татарстан	ДО		ТУФ	16. Р. Татарстан	3,4	2,9	6,1		Н	В	С	С	Н	Н	Н	Н
53. Самарск. обл.	ДО		ТУФ	53. Самарск. обл.	3,7	3,1	6,8		ОН	С	В	Н	ОН	Н	Н	Н
52. Нижегород. обл.	Обраб		ТУФ	52. Нижегород. обл.	3,8	3,8	5,9		Н	В	ОВ	ОН	С	С	С	С
61. Ростовск. обл.	ДО		ТУФ	61. Ростовск. обл.	4,0	4,4	6,7		С	ОВ	ОВ	Н	В	Н	Н	Н
23. Краснодар. к.	ДО		ТУФ	23. Краснодар. кр.	3,6	4,6	6,7		В	В	В	С	Н	Н	Н	Н
77. г. Москва	ОТ		ТУФ	77. г. Москва	3,1	4,0	9,6		ОВ	ОН	Н	ОВ	В	В	В	В
78. г. С-Петербур.	Обраб		ТУФ	78. г. С-Петербур.	2,7	3,9	8,5		В	ОН	ОН	В	ОВ	В	В	В

Условные обозначения:

**Обозначения отраслей.** Обраб – обрабатывающие отрасли; ДО – отрасли добычи и обработки; ОТ – обрабатывающие отрасли и отрасли торговли и услуг, включая финансовые; ДОТ – отрасли добычи, обработки, торговли и услуг (включая финансовые); Доб – добывающие отрасли; ДТ – отрасли добычи, торговли и услуг (включая финансовые); ТУФ – отрасли торговли и услуг, включая финансовые.

**Обозначения направлений отраслевой миграции.** ^ – переход региона на более высокую отраслевую ступень по иерархии общенациональной значимости отраслей; > – сохранение регионом места на прежней отраслевой ступени по иерархии общенациональной значимости отраслей; v – переход региона на более низкую отраслевую ступень по иерархии общенациональной значимости отраслей.

**Обозначения вербальных оценок показателей регионов.** ОВ – очень высокая; В – высокая; С – средняя; Н – низкая; ОН – очень низкая.

**Обозначения направлений креативной активности населения.** ОКАН – общенациональное направление креативной активности населения; ИКАН – индивидуальное направление креативной активности населения.

**Возможная миграция регионов с низкой временной эффективностью**

Регионы, относимые к данной группе, не смогли справиться с трудностями осуществления задач своей региональной деятельности и снизили свою эффективность регионального природопользования

**Краткосрочный прогноз.**

1. Миграция регионов в отраслевые группы более легкого и комфортного труда, снижая при

этом общенациональную отраслевую значимость региона.

Наибольшая вероятность такой миграции у регионов с низкими показателями добродетелей населения (графа 11) и низким приоритетом ОКАН (графа 12). Это Эвенкийский и Ненецкий автономные округа. Также регионы со средними показателями добродетелей населения (графа 11) и низким приоритетом ОКАН (графа 12). Это Костромская область и Рес-

публика Карелия. Все эти регионы могут, снижая потенциал добывающих отраслей, но наращивая потенциал отраслей торговли и услуг, войти в состав групп более легкого и комфортного труда. Например, в группу регионов с преимущественно добывающей и торговой отраслевыми доминантами. Для Костромской области и Республики Карелия есть ещё и задача повышения своего вклада в экономику РФ (графа 10).

*2. Сохранение регионами своей отраслевой группы.*

Это Новгородская область, не имеющая существенных обоснований для миграции, так как она обладает гармоничными пропорциями соотношений НТРЭ (графы 7-10) и неплохими ментальными показателями (графа 11 и 12). Кроме того, в эту группу регионов, вероятно, будет вынуждена войти и Тамбовская область, учитывая её низкий потенциал добычи и потребления своих природных ресурсов (графа 9) и вынужденного из-за этого более интенсивно развития обрабатывающих отраслей.

*3. Миграции регионов в отраслевые группы большего общенационального значения, но более тяжёлого и менее комфортного труда.*

Ощутимых признаков миграции регионов в эти отраслевые группы у регионов с низкой временной эффективностью не обнаружено.

**Возможная миграция регионов со средней временной эффективностью**

К данной группе отнесены регионы, сохранившие свою принадлежность к тем же отраслевым группам.

**Краткосрочный прогноз.**

*1. Миграция регионов в отраслевые группы более легкого и комфортного труда, снижая при этом общенациональную отраслевую значимость региона.*

Наибольшая вероятность такой миграции у регионов с низкими показателями добродетелей населения (графа 11) и низким приоритетом ОКАН (графа 12). Это Еврейская авт. обл. и Республика Бурятия. Эти регионы, снижая потенциал добывающих отраслей и наращивая потенциал отраслей торговли и услуг, могут войти в состав групп более легкого и комфортного труда. Например, для Еврейской авт. обл. переход в группу регионов с преимущественно обрабатывающей и торговой отраслевыми доминантами и для Республики Бурятия переход в группу регионов с преимущественно добывающей, обрабатывающей и торговой отраслевыми доминантами.

*2. Сохранение регионами своей отраслевой группы.*

Вероятно, это Владимирская область, единственная из регионов со средней

временной эффективностью регионального природопользования, которая не имеет оснований для изменения своей отраслевой позиции. Этот регион имеет по показателям НТРЭ наиболее высокую численность занятых в экономике (графа 7) среди своей отраслевой группы «Обработка». Население имеет высокие ментальные показатели (графа 11 и 12). Судя по региональному вкладу в экономику РФ возможности региона очень хорошо осваиваются (графа 10). Существенных предпосылок миграции региона нет.

*3. Миграции регионов в отраслевые группы большего общенационального значения, но более тяжёлого и менее комфортного труда.*

Возможно, это будут Республика Мордовия и Калужская область, которые либо создадут условия для повышения региональных вкладов в экономику РФ (графа 9) в нынешней отраслевой группе регионов, либо снизят свое общенациональное значение, переходя, например, в отрасли обработки и торговли. Но возможно и более интенсивное развитие обрабатывающих отраслей за счёт повышения их конкурентоспособности. Ограниченность природных ресурсов Оренбургской обл. (графа 8) при высоких показателях добродетелей населения (графа 11) и преимуществ ОКАН (графа 12) вынуждена будет развивать обрабатывающие отрасли и мигрировать на более высокий уровень отраслевой иерархии. Рязанская область, обладая низкими объёмами использования природных ресурсов (графа 8), вынуждена будет развивать обрабатывающие отрасли и мигрировать на более высокий уровень отраслевой иерархии. Для Рязанской области есть ещё и задача повышения своего вклада в экономику РФ (графа 10).

**Возможная миграция регионов с высокой временной эффективностью**

Рассматриваемые регионы, как правило, успешно справляются с осуществлением задач своей региональной деятельности

**Краткосрочный прогноз.**

*1. Миграция регионов в отраслевые группы более лёгкого и комфортного труда, снижая общенациональную отраслевую значимость региона.*

Наибольшая вероятность такой миграции у регионов с низкими показателями добродетелей населения (графа 11) и низким приоритетом ОКАН (графа 12). Это Чукотский авт. окр., Магаданская область, Республика Хакасия. Они, например, могут, снижая потенциал добывающих отрас-

лей и наращивая потенциал отраслей торговли и услуг, перейти в состав регионов с преимущественно добывающей и торговой отраслевыми доминантами.

*2. Сохранение регионами своей отраслевой группы.*

Это Пензенская, Тверская и Читинская области. Эти регионы имеют гармоничные пропорции соотношений НТРЭ (графы 7-11). Население имеет высокие ментальные показатели (графы 11 и 12). Возможности региона неплохо осваиваются, о чём говорят высокие оценки вклада регионов в экономику РФ (графа 10). Существенных предпосылок миграции этих регионов нет.

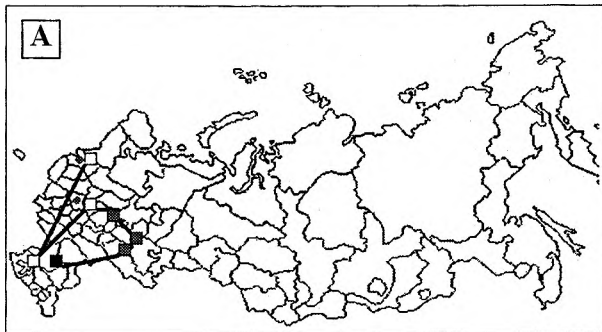
*3. Миграция регионов в отраслевые группы более высокой общенациональной отраслевой значимости региона, но более тяжёлого и менее комфортного труда.*

Это вероятность миграции Брянской и Курской областей в обрабатывающую отрасль, более значимую для общенациональных интересов. Вероятность указанной миграция этих регионов обусловлена высокими показателями добродетелей народа и приори-

тетами ОКАН (графы 11 и 12), при снижающихся объёмах природных ресурсов (графа 9).

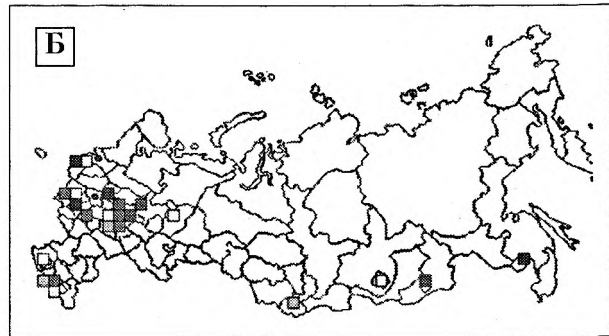
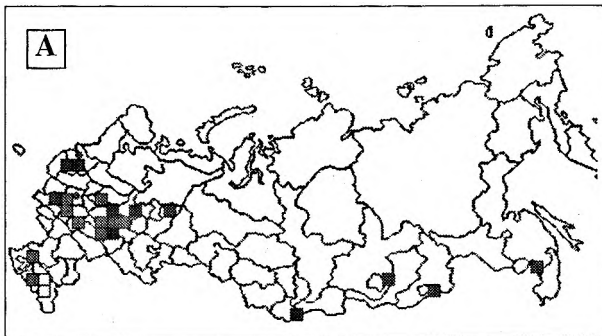
Наглядное представление о территориальном размещении отраслевых региональных групп даёт панорама отраслевого распределения регионов на территории РФ. Расположение однотипных отраслевых групп регионов на территории РФ (как пример показано расположение регионов трех групп: «ТУФ», «Обраб» и «Доб») дано на картах-схемах (рис. 1-3). Наименования регионов не указаны на картах-схемах и приведены в таблицах.

Из рисунков 1А и 1Б видно, что вновь возникшие в современной России регионы отраслевой группы с доминантой «торговля и услуги, включая финансовые» (ТУФ) концентрируются в крупных регионах Центральной России. Заметим, что, по данным 1999 г., регионов с отраслевой доминантой только торговля и услуги (включая финансовые) не было. Ныне же наблюдается интенсивное развитие финансовой деятельности во всех регионах РФ. На это указывает наличие доминанты «торговля и услуги



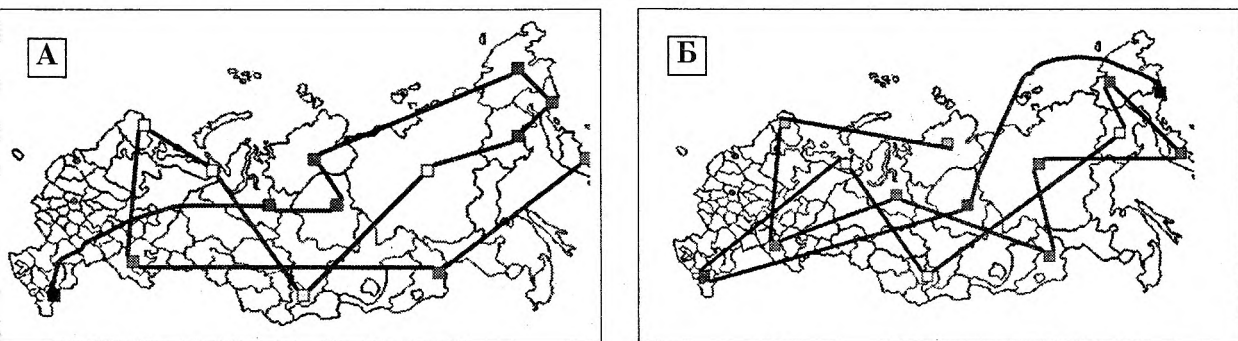
**Рис. 1.** Связка регионов с доминантами торговых отраслей.

На рисунках указаны: А – обобщённые оценки эффективности природопользования по прибылю-образующему сектору региональной деятельности, в направлении от очень высоких к очень низким; Б – обобщённые оценки эффективности природопользования по затратно-экологическому сектору региональной деятельности в направлении от очень высоких к очень низким.



**Рис. 2.** Панорама регионов с доминантами обрабатывающих отраслей.

На рисунках указаны: А – обобщённые оценки эффективности природопользования по прибылю-образующему сектору региональной деятельности. Б – обобщённые оценки эффективности природопользования по затратно-экологическому сектору региональной деятельности.



**Рис.3.** Связка регионов с доминантами добывающих отраслей.

На рисунках указаны: А – обобщённые оценки эффективности природопользования по прибыль-образующему сектору региональной деятельности в направлении от очень высоких к очень низким; Б – обобщённые оценки эффективности природопользования по затратно-экологическому сектору региональной деятельности в направлении от очень высоких к очень низким.

Код обозначения вербальных оценок показателей регионов

□ – очень высокая    ■ (light) – высокая    ■ (medium) – средняя    ■ (dark) – низкая    ■ (black) – очень низкая

(включая финансовые)» в отраслевых группах ОТ, ДОТ, ДТ.

На рисунках 2А и 2Б видно, что региональные группы с отраслевой доминантой «обработка (готовая продукция)», имеющие давние экономические и исторические традиции, включают наибольшее число регионов и распространены как по Европейской, так и по Азиатской частям РФ.

Региональные группы с отраслевой доминантой «добыча природных ресурсов и производство сырья» распространены, главным образом, на периферии страны, не затрагивая ее центральные области (рис. 3А и 3Б).

Нельзя не обратить внимание на интересный факт. Представленные на картах-схемах отраслевые связи регионов порожденные теми или иными видами региональной деятельности, образуют своеобразные отраслевые «геномы» регионального природопользования.

### Литература

1. Глазовский Н.Ф. Глобальные закономерности распределения ресурсоемкости экономики // Изв. РАН. Серия геогр. 1992, №3, С. 12-22.
2. Почвы, биохимические циклы и биосфера. Развитие идей В.А. Ковды. Под ред Н.Ф.Глазовского. – М., Изд-во КМК, 2004. – 403 с.

3. Голуб А.А, Струкова Е.Б. Экономика природных ресурсов – М.: Аспект Пресс, 1998. – 319 с.
4. Приваловская Г.А. Ресурсопользование в современных условиях России// Изв. РАН. Сер. Географ., 1999, №3. С. 13-21.
5. Приваловская Г.А., Рунова Т.Г. Ресурсопользование России в трансграничном пространстве страны// Трансграничные проблемы стран СНГ – М.: Изд-во «Опус», 2003. – С. 128-137.
6. Кочуров Б.И., Смирнов А.Я. Опыт разработки экспресс-мониторинга эффективности регионального природопользования// Юг России: экология и развитие. 2006, №4. С. 6-19.
7. Смирнов А.Я., Голосовский С.И., Даниловцев В.В.. Оценка эффективности научно-технического творчества// Автоматизация и современные технологии. 1992, №2. С. 38-32.
8. Смирнов А.Я., Коронкевич Н.И., Кочуров Б.И. Опыт региональной оценки эффективности использования водных ресурсов на примере Ростовской области// Проблемы региональной экологии. № 5, 2004 г. С.14-24.
9. Смирнов А.Я., Кочуров Б.И., Коронкевич Н.И., Глазовский Н.Ф. Оценка эффективности регионального природопользования// Региональные и муниципальные проблемы природопользования: Мат-лы 9-й научно-практической конф., г.Кирово-Чепецк, 2006. – с. 34-46.
10. Гранберг А.Г. Основы региональной экономики. М.: ГУВШЭ, 2004. 495 с.
11. Панарин А.С. Православная цивилизация в глобальном мире. – М.: Алгоритм, 2002. 493 с.



## Оценка воздействия на окружающую среду (ОВОС) при проектировании водохозяйственного комплекса Зеленчукской ГЭС

В.Л. Бондаренко, В.В. Гутенев, В.В. Приваленко, Е.С. Поляков

Новочеркасская государственная мелиоративная академия.

Ростовский государственный университет

А. И. Ажгиревич,

Российская академия государственной службы при Президенте РФ

В статье рассматривается методика оценки воздействия на окружающую среду комплекса гидротехнических сооружений каскада Зеленчукской ГЭС Верхней Кубани

The estimation methodic of the influence of the complex of the hydrotechnical constructions of the cascade of the Zelenchuck Hydroelectrical stations of the Upper Cuban are considered in the article.

Для специалистов, проектирующих крупные водохозяйственные объекты, особое значение имеет экологический блок проекта. На современном этапе развития человечества экологические проблемы приобретают статус первостепенных, комфортные условия для жизни человека невозможно представить на территории с отравленным воздухом, с дефицитом питьевой воды, со скудной растительностью, среди свалок мусора.

Стратегической целью экологической политики на уровне регионов и федеральных округов является сохранение природных систем, поддержание их целостности и жизнеобеспечивающих функций для устойчивого развития общества, повышения качества жизни, улучшения здоровья населения, обеспечения экологической безопасности региона. Для этого необходимо выполнение следующих условий:

- сохранение и восстановление биогеоценозов, их биологического разнообразия и способности к саморегуляции;
- организация рационального природопользования и возможности равноправного доступа к природным ресурсам ныне живущих и будущих поколений людей;
- обеспечение благоприятного состояния окружающей среды, как необходимого условия улучшения качества жизни и здоровья населения;
- увеличение хозяйственной и рекреационной ёмкости всего региона при одновременном снижении нагрузок на уязвимые экосистемы через принятие научно-обоснованных Программ по управлению природными ресурсами.

Чтобы разработать такую Программу, необходимо:

- выявить основные экологические проблемы региона;
- ранжировать проблемы по актуальности, срочности решения, финансовому обеспечению;
- разработать критерии и определить масштабы допустимой техногенной нагрузки;
- выявить территории с допустимой, критической и катастрофической нагрузкой;
- определить причины возникновения недопустимой экологической ситуации и наметить пути решения экологических проблем;
- разработать мероприятия по рациональному использованию природных ресурсов и охране уникальных природных комплексов;
- согласовать разработанную Программу рационального природопользования и охраны природной среды с аналогичными Программами соседних субъектов Российской Федерации и республик ближнего зарубежья.

Стратегия рационального природопользования и охраны природной среды основана на следующих основных принципах:

- бассейновый подход;
- минимизация вредных воздействий на окружающую природную среду;
- этапность мер по восстановлению и охране природных ресурсов;
- платность природопользования;
- привлечение общественности к решению проблем природопользования.

Бассейновая геосистема крупной реки представляет собой единое и достаточно обособленное природное образование, на базе которого

го исторически сформировались социально-экономические системы республик, краёв, областей. От особенностей формирования и взаимодействия социально-экономического и природного блоков зависит экологическая обстановка и степень антропогенного преобразования всего водосбора. Глубокая взаимозависимость компонентов всей системы речного бассейна позволяет рассматривать его как единый элементарный объект управления. Бассейновый принцип предполагает такую систему управления природными ресурсами, при которой оценка воздействия тех или иных факторов, планирование и осуществление мероприятий природопользования и охраны окружающей среды в пределах республики, области, федерального округа производились бы с учётом состояния и последствий для всего бассейна реки.

Воздействия, которые приводят к ухудшению качества природной среды, должны быть исключены или минимизированы в той степени, в какой это позволяют сделать современные прогрессивные технологии и инвестиционная политика.

Нормативно-правовой механизм является законодательной основой достижения устойчивого природопользования, позволяющей органам управления любого уровня осуществлять свои функции. основополагающие принципы природопользования закреплены в федеральных законодательных актах. Для управления природными ресурсами необходимо приведение в соответствие с природоохранными федеральными законами областных или республиканских нормативно-правовых актов, касающихся регулирования отношений владения, пользования и распоряжения природными ресурсами, их охраны, а также регламентирующих бюджетную сферу, налоги и сбор различных платежей за природопользование.

Привлечение общественности к решению проблем природопользования – этот важный принцип подразумевает гласность проектирования и строительства новых объектов, которые связаны с использованием природных ресурсов, и учёт общественного мнения при решении вопросов природопользования и охраны окружающей среды.

Концептуальные положения экологической стратегии были применены при проведении оценки воздействия на окружающую среду (ОВОС) строящейся Зеленчукской ГЭС в бассейне реки Кубани. Рассмотрим методологию и методику проведения ОВОС на этом водохозяйственном объекте, разработанную ФГОУ ВПО «Новочеркасская государственная

мелиоративная академия» и НПП «Экологическая лаборатория».

Пространственные пределы, в которых формируются водные ресурсы [5], включают в себя приземные слои воздушной среды (высотой до 10 км), земную поверхность водосборной территории с имеющейся гидрографической сетью и верхние слои литосферы (глубиной до 300 м), включая подземные воды. Объёмные границы этих пространственных пределов в предлагаемой модели определяются цилиндром, образующая которого проходит по водораздельной линии водосборной территории, верхняя кромка (крыша) расположена на высоте 10 км, а нижняя кромка (основание) – на глубине от дневной поверхности до 300 м.

Современный уровень развития хозяйственной деятельности по использованию водных ресурсов нуждается не столько в более эффективных способах ликвидации негативных последствий, сколько в более совершенной методологии оценки воздействия на окружающую среду при проектировании того или иного водохозяйственного объекта. Для обеспечения экологической безопасности региона необходимы экологически приемлемые субъективные решения, и важнейшим механизмом в оценке экологичности принимаемых решений является ОВОС.

Оцениваемая природно-техническая система (ПТС) «природная среда – водохозяйственный объект – население» рассматривается как целостная, динамичная, открытая, устойчиво-неравновесная система, в которой непрерывно протекают процессы самоорганизации между природными и техногенными структурными образованиями. Основным условием устойчивого функционирования конкретной ПТС является то, что каждая ПТС находится в окружении бассейновой системы более высокого иерархического уровня.

В рассматриваемой методике ОВОС отражение объективной реальности обуславливается естественным (фоновым) состоянием структурных образований в пространственных пределах рассматриваемой бассейновой геосистемы и ожидаемых (виртуальных) изменений в этих структурных образованиях под воздействием водохозяйственного объекта. Если естественные природные процессы доминируют над техногенными преобразованиями, то ПТС будет сохранять тенденцию к устойчивому развитию. В случае доминирования техногенных процессов над природными, проявляется тенденция увеличения антропогенной нагрузки на природные структурные образования ПТС и, прежде всего,

на гидрографическую сеть, почвенный покров и растительность, верхние слои литосферы в активных зонах влияния водохозяйственного объекта (пойма реки, зоны активной фильтрации и подтопления и др.) в пределах бассейновой геосистемы.

В соответствии с принципами системности и целостности мерой самоорганизации структурных образований в ПТС по использованию водных ресурсов, исходя из энергетического принципа функционирования и развития открытых устойчиво-неравновесных систем, может являться балансовое соотношение свободной ( $E_{свб}$ ) и связанной ( $E_{свз}$ ) энергии по отношению к полной энергии ( $E_{пол}$ ):

$$E_{пол} = E_{свб} + E_{свз} [L^5 T^{-4}] \quad (1)$$

Протекающие непрерывные преобразования в рассматриваемых ПТС, обуславливающие самоорганизацию структурных образований, происходят под воздействием внутренних и внешних потоков энергии и вещества, от которых зависит состояние (равновесное, неравновесное) системы.

Состояние природной системы или ПТС обуславливается диссипативными или антидиссипативными процессами, принципиальное различие между которыми определяется направленностью движения. Доминирование диссипативных процессов в ПТС обуславливает тенденцию роста связанной энергии ( $E_{свз}$ ), или энтропии, и, соответственно, разупорядочению структурных образований. Доминирование антидиссипативных процессов обуславливает тенденцию роста свободной энергии ( $E_{свб}$ ), поступающей в систему, активизацию процессов по упорядочению и усложнению структурных образований и, соответственно, целенаправленное функциональное развитие рассматриваемой ПТС.

Исходя из закона сохранения мощности (Ланграж, 1789; Максвелл, 1855) диссипативные и антидиссипативные процессы преобразований в ПТС можно выразить уравнением (2) через измеримую величину мощности (N):

$$N = P + G [L^5 T^{-5}], \quad (2)$$

где N – полная мощность системы,  
P – полезная мощность,  
G – потери мощности.

Целостность ПТС сохраняется до тех пор, пока в ней будут происходить виртуальные преобразования, которые возможны при непрерывном росте свободной энергии ( $E_{свб}$ ) и тенденции убывания мощности потерь (G). Необходимым условием протекания процессов самоорганизации в ПТС является создание условий соответствия векторов – вектора самоорганизации естественной среды; вектора самоорганизации структурных техногенных образова-

ний; вектора потребностей и наличия ресурсов для функционирования в экологически приемлемых режимах техногенных объектов.

Для водохозяйственных объектов в ПТС по использованию водных ресурсов самоорганизация в обобщённом виде может рассматриваться как поэтапное адаптирование в окружающей природной среде без нарушения естественных структурных связей в системе.

Строительство Зеленчукской ГЭС ведётся в районе, расположенном рядом с горными курортами Теберды, Домбая, Архыза, которые играют в экономике республики немаловажную роль. Кроме того, на территории строительства имеется немало заказников и памятников природы, что вызывало тревогу у научной общественности по поводу возможной экологической опасности строительства и способности сохранить уникальность охраняемых памятников. По этому поводу высказываются опасения, что строительство усугубит и без того сложную экологическую ситуацию в поймах рек Малый Зеленчук, Большой Зеленчук и Кубань. Для прогнозирования экологической ситуации на территории строящегося объекта и в зоне его возможного влияния было необходимо выполнить комплекс инженерно-экологических исследований не только на территориях, соседствующих с гидротехническими сооружениями, но и в ландшафтах пространственно удаленных, но косвенно связанных со строительством Зеленчукской ГЭС.

Требования к ОВОС в Российской Федерации регламентируются Законом РФ «О государственной экспертизе» и «Положением об оценке воздействия намечаемой хозяйственной и иной деятельности на окружающую среду в Российской Федерации» (2000). Разработчиком обосновывающей документации должны быть рассмотрены не только цели реализации проекта и разумные альтернативы намечаемой деятельности, но и современное состояние окружающей среды на данной территории, возможные негативные экологические последствия реализации проекта, мероприятия по рациональному расходованию природных ресурсов, сохранению биологического разнообразия и уникальных пойменных ландшафтов («Инструкция по экологическому обоснованию хозяйственной и иной деятельности» № 539 от 29.12.1995).

ОВОС необходимо иллюстрировать факторными картами по компонентам природной среды – геологической, гидрогеологической, почвенной, картой ландшафтов, особо охраняемых территорий, картой-схемой существующих источников загрязнения; картами экологического состояния окружающей среды. Процесс проведения ОВОС и реализации рекомендаций,

представленных в пояснительной записке, должны подтвердить, что рассматриваемые варианты проекта являются экологически целесообразными и устойчивыми, и возможные экологические последствия определены на ранней стадии создания проекта и приняты во внимание в итоговой структуре проекта.

Цель работ – всесторонняя оценка природных условий и современного состояния окружающей среды в районе строительства комплекса гидротехнических сооружений (ГТС) Зеленчукской ГЭС для прогноза негативных изменений природной среды под воздействием техногенных факторов при строительстве и дальнейшем функционировании ГТС для обоснования мероприятий по оздоровлению экологической ситуации в Карачаево-Черкесской Республике.

В соответствии с этим при подготовке к проведению работ был определён комплекс методических подходов и набор стандартных методик, применяемых при оценке экологической обстановки на урбанизированной территории. Методологическая и методическая основа таких исследований разработана учёными Московского государственного университета (Касимов Н.С. и др. «Экогеохимия городских ландшафтов», 1995), ИМГРЭ («Геохимия окружающей среды», 1990), дополнена и опробована при создании «Эколого-геохимических атласов» крупнейших городов юга и средней полосы России (Приваленко В.В., Безуглова О.С. «Экология города Ростова-на-Дону», 2003 и др.). Набор методик при изучении

экологической ситуации был в известной мере традиционен – эколого-геохимические исследования атмосферы, поверхностных вод, верхней части педосферы и грунтовых вод, биологические и гидробиологические исследования. Такой подход позволяет не только оценить экологическую обстановку, но и за счёт унификации методик сопоставлять результаты исследований в разных городах или в разных районах города.

Комплекс гидротехнических сооружений Зеленчукской ГЭС предназначен для внутрибассейнового перераспределения стока в пределах бассейновой геосистемы Верхней Кубани, рек Большой и Малый Зеленчук для выработки электрической энергии на каскаде Зеленчукских ГЭС (рис. 1, 2).

Главной целью строительства каскада Зеленчукской ГЭС является использование водных ресурсов Верхней Кубани для выработки электрической энергии для Карачаево-Черкессии, у которой нет других источников электрической энергии (мощных ГРЭС и АЭС). Каскад Зеленчукских ГЭС позволит увеличить годовую выработку электроэнергии до 800 млн. кВтч, а в сочетании с каскадом Кубанских ГЭС до 900 млн. кВтч.

Расчеты специалистов показали, что воды только одной реки Кубани недостаточно для эффективной работы каскада гидроэлектростанций. Использование водных ресурсов Верхней Кубани для выработки электрической энергии на Зеленчукской ГЭС и на каскаде Красногорских

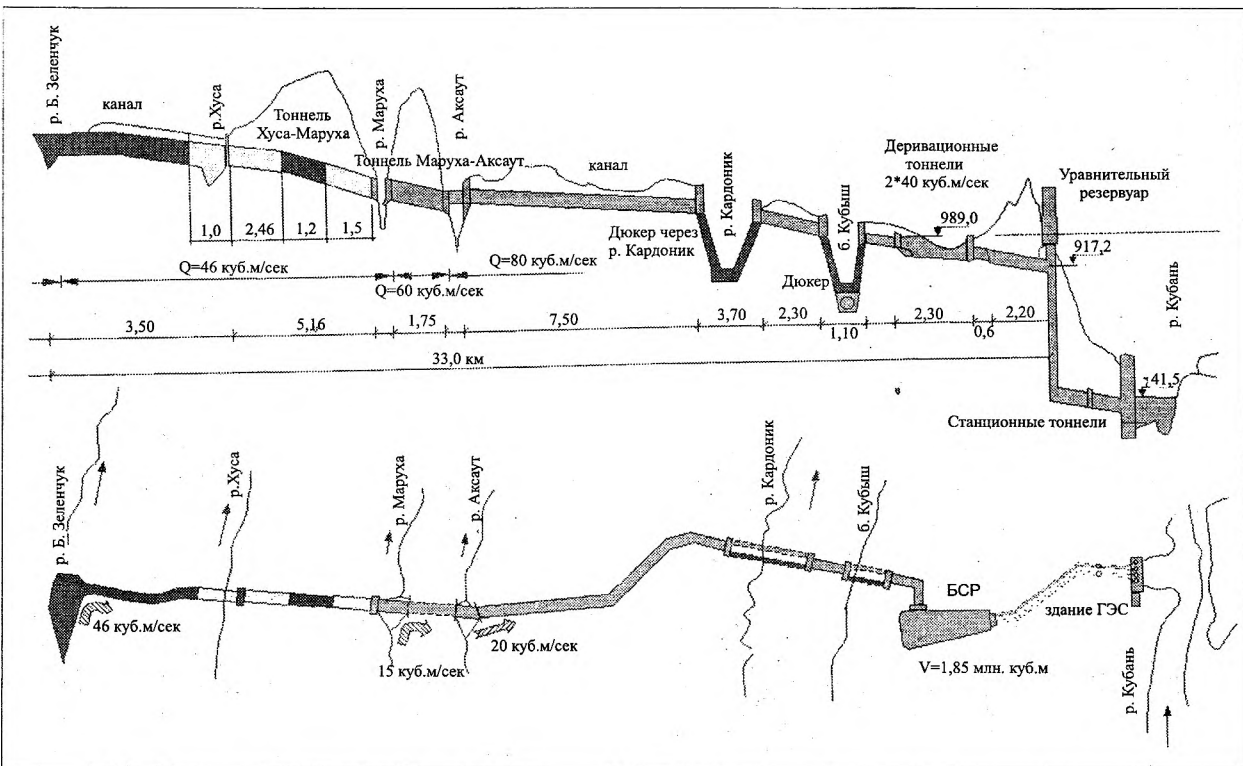


Рис. 1. Комплекс гидротехнических сооружений каскада Зеленчукской ГЭС



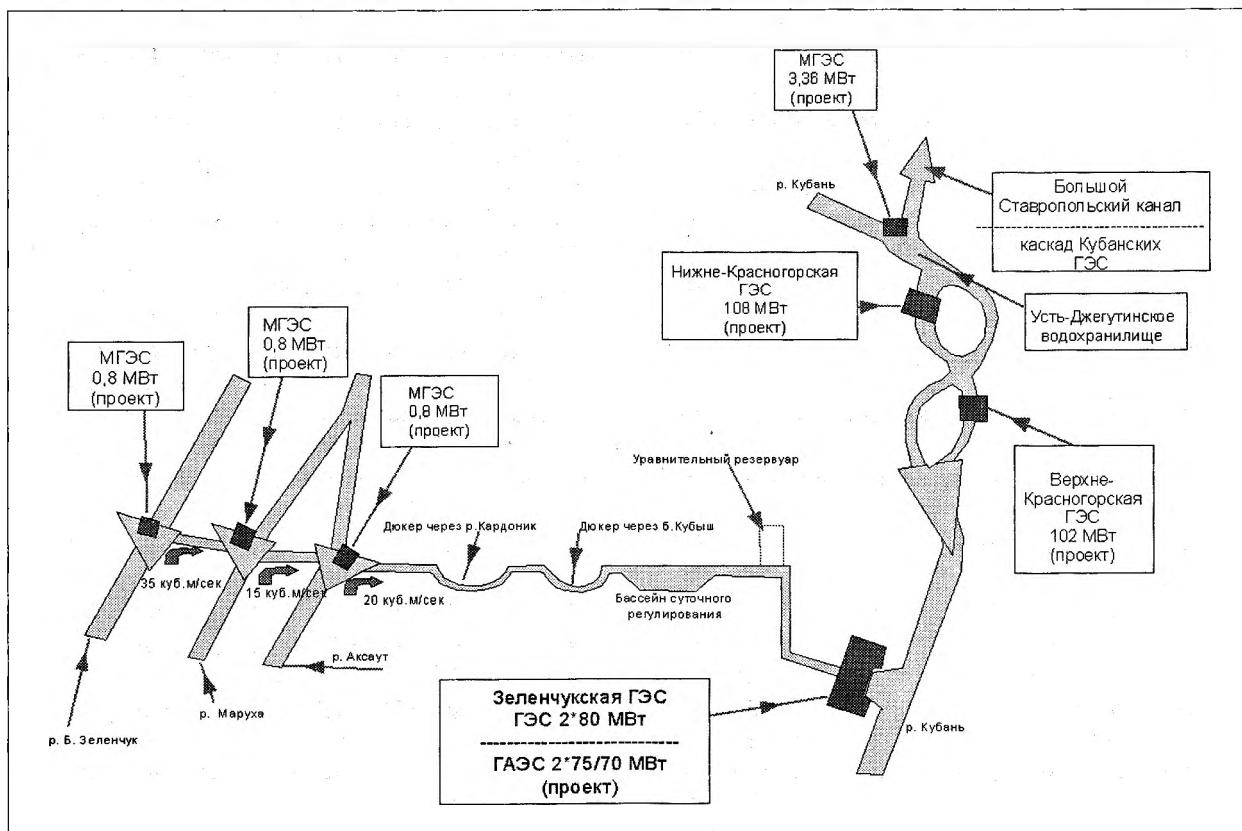


Рис. 2. Схема каскада Зеленчукской ГЭС

ГЭС с оптимальной эффективностью может быть достигнуто только путем внутрибассейнового перераспределения стока рек Большой и Малый Зеленчук. Такое перераспределение стока притоков Кубани возможно при создании перебросного деривационного канала «Зеленчуки – Кубань», который объединяет в себе комплекс гидротехнических сооружений, обеспечивающий отбор воды из рек Б. Зеленчук, Маруха, Аксаут и транспортировку речной воды до гидроагрегатов Зеленчукской ГЭС.

В составе проекта предусматривается строительство рыбоходов на реках Б. Зеленчук, Аксаут и Маруха, что позволит сохранить пути миграции форели и других ценных пород рыб. Параллельно решается вопрос обеспечения питьевой водой ряда населённых пунктов, расположенных ниже сооружений перебросного канала.

Чтобы создать экологически приемлемый проект Зеленчукской ГЭС, нужно было решить следующие задачи:

1. Разработать технический проект строительства гидросооружений.
2. Рассмотреть несколько альтернативных вариантов строительства Зеленчукской и Красногорских ГЭС, водозаборов и водоподводящих каналов.

3. Обосновать расчётные схемы водозаборов на реках Аксаут, Маруха и Большой Зеленчук.

4. Выполнить оценку воздействия проектируемых сооружений на окружающую природную среду и на условия жизни местного населения (разработать ОВОС для проекта строительства Зеленчукских ГЭС).

Технический проект строительства комплекса гидротехнических сооружений Зеленчукских ГЭС был разработан московским институтом «Мособлгидропроект». Раздел «Оценка воздействия на окружающую среду» (ОВОС) выполнен ФГОУ «Новочеркасская государственная мелиоративная академия» и Научно-производственным предприятием «Экологическая лаборатория».

Обоснование допустимого отбора стока в канал Зеленчуки – Кубань было выполнено в составе корректировки технического проекта первой очереди строительства Зеленчукских ГЭС (генеральный проектировщик – ОКБ «Гидропроект»). В проектных материалах рассматривались несколько возможных вариантов отбора стока рек Малый и Большой Зеленчук для нужд гидроэнергетики. Согласно одному из рассмотренных вариантов предполагалось отбирать в канал до 44% среднегогодового стока рек, во втором варианте – до 66% среднегогодового

стока. Третий вариант – отбор 50% объёма паводочно-паводкового стока, что соответствует отбору примерно 43% годового стока Большой и Малого Зеленчуков, был принят как основной в проекте строительства Зеленчукской ГЭС.

Для обоснования возможности увеличения водозабора с переброской вод в канал Зеленчуки – Кубань были проанализированы особенности формирования гидрохимического и гидробиологического режимов исследуемых рек, а также дана оценка экологического состояния рек в условиях расчётного отбора речных вод.

Анализ особенностей формирования гидрохимического и гидробиологического режимов исследуемых рек был проведён по ретроспективным (1989–2005 гг.), современным и прогнозным данным Управления природных ресурсов и охраны окружающей среды МПР РФ по Карачаево-Черкесской Республике, Комитета по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды по КЧР, республиканского управления «Роспотребнадзора», института гидробиологии АН Украины и Всесоюзного научно-исследовательского института по охране вод (ВНИИВО). Оценка экологического состояния рек выполнена по данным природоохранных организаций о качестве речной воды за последние годы (1999–2005 гг.) и результатам специальных гидрохимических, гидробиологических и литохимических исследований на реках Кубань, Аксаут, Маруха, Большой и Малый Зеленчук, проведённых в 2006 году Научно-производственным предприятием «Экологическая лаборатория» (г. Ростов-на-Дону) по заданию ОАО «Зеленчукские ГЭС».

Для определения возможности отбора речной воды с переброской в канал 50% и более от объёма паводкового стока рек выполнена серия прогнозных расчётов качества речной воды. Исходная информация для прогнозных расчётов была взята по материалам технического проекта, данным комитета природных ресурсов Карачаево-Черкесской Республики, республиканского управления «Роспотребнадзора», ОАО «Зеленчукские ГЭС», ОАО «Мособлгидропроект» и др. Прогнозное моделирование проводилось для восьми расчётных схем, отличающихся величинами изымаемого и остаточного стока рек. По результатам прогнозных расчётов сформированы рекомендации относительно режима частичного отбора паводкового стока рек в канал Зеленчуки – Кубань.

## В ОВОС:

– были рассмотрены природные условия и современное состояние окружающей природной среды, виды, характер и степень воздействия строительства гидротехнического комплекса на

реки Кубань, Большой и Малый Зеленчук и на прилегающие природные ландшафты;

– выполнена оценка вероятности аварийных ситуаций и их возможные последствия;

– рекомендован состав природоохранных мероприятий, снижающих, предупреждающих и компенсирующих вредное воздействие современной антропогенной нагрузки;

– сделан прогноз изменения состояния окружающей природной среды в условиях эксплуатации водозаборных сооружений и канала Зеленчуки – Кубань.

Климатические, геоморфологические, геологические, ландшафтные и техногенные особенности обследуемой территории учитывались при выборе масштаба исследований, при расположении пунктов комплексных наблюдений, при интерпретации полученных данных.

Пункты комплексных наблюдений – ключевые участки, где изучается загрязнение атмосферы, почвы и пород зоны аэрации, ответная реакция биоты на техногенное воздействие, должны закладываться в таком количестве, чтобы иметь достаточно полную информацию о загрязнении основных компонентов окружающей среды. Основой эколого-геохимических исследований является картографирование распределения тяжёлых металлов и некоторых других ингредиентов в почве, снежном покрове, донных отложениях, растительности, т. е. в природных средах, концентрирующих (депонирующих) загрязнения. По состоянию депонирующих сред можно судить об уровне загрязнения наиболее динамичных природных сред – воздуха и воды, одновременно являющихся главными жизнеобеспечивающими средами (Сает, 1990).

Необходимо отметить, что тяжёлые металлы, которые при современной лабораторной технике легко выявляются в объектах окружающей среды, имеют значение не только как загрязняющие вещества, но и как индикаторы других видов загрязнения среды, требующих более трудоёмких исследований. В частности, распределение металлов во многих случаях отражает структуру загрязнения окружающей среды соединениями серы, оксидами азота, синтетическими органическими соединениями.

Опыт картирования депонирующих сред показал, что во всех случаях источники загрязнения сопровождаются аномалиями в природных средах. Центры этих аномалий и, что важнее, центры наиболее интенсивных воздействий на живые организмы пространственно приурочены к источникам, создавая вокруг них ореол или поток того или иного размера. Именно в пределах этих центров наблюдаются наиболее опас-

ные уровни загрязнения воды и воздуха. Экспрессное геохимическое картирование без длительных стационарных наблюдений позволяет выявить и ранжировать источники загрязнения и зоны их воздействия и наметить территории, требующие оценки с позиций гигиенической и экологической опасности (Сагет, 1990; Приваленко, 1993, 1997, 2003; Касимов, 1996, «Методические рекомендации...», 1982, 1984, 1986).

Выявленные геохимические и биогеохимические корреляционные связи распределения химических элементов в окружающей среде являются эмпирическими статистическими моделями, позволяющими составлять карты, дифференцирующие обследуемую территорию по уровню загрязнения и дающие возможность проводить экологическую и гигиеническую оценку техногенных геохимических аномалий.

Для объективной оценки степени загрязнения природных сред необходимо иметь точку отсчета, за которую можно принять фоновое содержание химических элементов в ландшафтах, удалённых от индустриальных центров и мощных источников регионального и локального загрязнения (ГРЭС, крупные промышленные предприятия, интенсивное сельскохозяйственное воздействие, широко развитая сеть автомагистралей, высокая степень урбанизации региона). Для почв, кроме того, необходимо соответствие ландшафтно-геохимических условий изучаемой территории и фонового участка.

Условный фон для почвенного покрова природных ландшафтов определялся при проведении инженерно-экологических исследований в районе строительства ЗГЭС. Точкой отсчёта, своеобразным «репером» для дальнейших мониторинговых наблюдений в этом районе могут стать атмосферические, литогеохимические, гидрохимические и гидрогеохимические материалы, полученные во время весенне-летней экспедиции «Экологической лаборатории» 2006 года, а также данные геоэкологических исследований, проводившихся под руководством З.Х. Тамбиева в этом районе в 2005–2006 гг.

При опробовании основных компонентов окружающей среды на этапе геохимического картирования объектом исследований, в первую очередь, выступают депонирующие среды – снежный покров, почвы и донные отложения, растительность. Снежный покров обладает рядом свойств, делающих его удобным индикатором загрязнения окружающей природной среды, он может использоваться как естественный планшет-накопитель для характеристики атмосферных выпадений в холодный период. Так,

при выпадении снега, в результате процессов сухого и влажного вымывания, концентрации загрязняющих веществ в нём оказываются обычно на 2-3 порядка выше, чем в атмосферном воздухе. Отбор проб снега не требует сложного оборудования и специальной подготовки рабочего отряда.

Организация опробования имеет свою специфику на разных этапах работ. Как правило, на рекогносцировочном этапе сеть опробования равномерно покрывает всю исследуемую территорию. При отборе снеговых проб фиксируется время от начала снегостава, чтобы оценить ежесуточную нагрузку изучаемых загрязнителей. Каждая проба отбирается с 1 м<sup>2</sup> из шурфов, вскрывающих всю мощность снегового покрова (своеобразный «геохимический планшет») в полиэтиленовый кулек, в котором производится оттаивание снега (при комнатной температуре). Затем снеговая вода переливается в чисто вымытые дистиллированной водой стеклянные бутылки, при этом нельзя потерять даже доли миллиграмма пыли, осевшей на снег.

Твердая нерастворимая фракция выделяется путем фильтрования, просушивается и взвешивается. Масса пыли в снеговой пробе служит основой для определения пылевой нагрузки (**Pn**) – в мг/м<sup>2</sup> в сутки или кг/км<sup>2</sup> в сутки. Расчёт ведётся по формуле:  $Pn = M/St$ , где **M** – масса пыли в пробе (мг); **S** – площадь шурфа (м<sup>2</sup>); **t** – время от начала снегостава (сутки).

В лаборатории высушенная пыль озоляется в муфельной печи при температуре 450–500°С для удаления органических примесей и отправляется на спектральный анализ. Снеговая вода, полученная при оттаивании, после фильтрования подвергается полному химическому анализу с определением растворимых форм металлов и других химических элементов и их соединений.

При проведении литохимической съёмки на территории Карачаево-Черкесской Республики был применён метод ландшафтно-геохимического профилирования в пределах бассейна р. Кубани с её притоками в верхнем и среднем течении. На профиле, который, как правило, пересекал долину исследуемой реки, закладывалось 5 площадок комплексных наблюдений:

- верхняя часть склона правобережной надпойменной террасы (элювиальные и трансэлювиальные элементарные ландшафты);
- зона сочленения правобережного террасового склона с долиной реки (трансаккумулятивные ландшафты);
- донные отложения из русла реки (трансаккумулятивные ландшафты);

– зона сочленения левобережного террасового склона с долиной реки (трансаккумулятивные ландшафты);

– верхняя часть склона левобережной надпойменной террасы (элювиальные и трансэлювиальные элементарные ландшафты).

При литохимических исследованиях опробованию подвергается самый верхний почвенный горизонт (0,0–0,2 м), где наблюдается максимальная интенсивность геохимических процессов. Почвенные пробы отбирались на площадках комплексных наблюдений методом «конверта»: на каждой точке с площади около 10 м<sup>2</sup> исследователи брали по 5 проб почвы (четыре по углам, одну в центре) весом 200 г, тщательно перемешивали сборную пробу, квартовали её и четвертую часть сборной пробы отправляли на спектральный анализ и другие виды лабораторных исследований (рис. 3).

При гидрохимических исследованиях опробовались реки Кубань, Теберда, Аманаус, Аксаут, Маруха, Малый и Большой Зеленчук, на воды которых возможно будет оказываться негативное воздействие при строительстве гидроузлов и перебросного канала. Отобранные гидрохимические пробы – по 6 бутылок в одной пробе – консервировались по стандартным методикам и отправлялись в Региональный лабораторный центр ФГУП «Южгеология».

Речная вода – очень динамичный компонент окружающей природной среды, её состав сильно меняется в зависимости от времени года, при подпитке талыми и дождевыми водами, при изменении техногенной нагрузки. Донные отложения рек и водотоков в балках относятся к депонирующим средам,

здесь собирается информация о загрязнении водных потоков в течение нескольких лет. Донные отложения из русел рек были отобраны летом 2006 года по следующей методике: пластмассовым совком при наличии песчано-глинистых отложений – на каждой точке наблюдения по 5 проб (200–300 г) на профиле, вытянутом вдоль русла, примерно через 10 м. Из 5 отобранных единичных проб, после описания их морфологических свойств и механического состава, собирается сборная проба весом около 1 кг, она тщательно перемешивается и делится на две навески: 100 г – на спектральный анализ, 1000 г в водонепроницаемой кульке – на определение концентрации фенолов и нефтепродуктов.

На участках с валунно-галечниковым дном пробы донных отложений отбирались с помощью специального приспособления – черпателя, изобретенного В.В. Приваленко (патент оформляется). Гидробиологические пробы из русла реки отбирались по стандартным методикам отбора проб планктона, бентоса, макроскопических водных и прибрежно-водных организмов (рис. 4).

Геоботанические и почвенные исследования проводились по сокращённой программе биоценологических исследований на площадках комплексных наблюдений (на литохимических профилях). По результатам геоботанических и почвенных наблюдений составлены карты растительности и почвенного покрова.

Разнородный по фактуре материал геохимических проб требует постановки сложной системы предварительной обработки и лабораторных анализов. Основные требования к резуль-

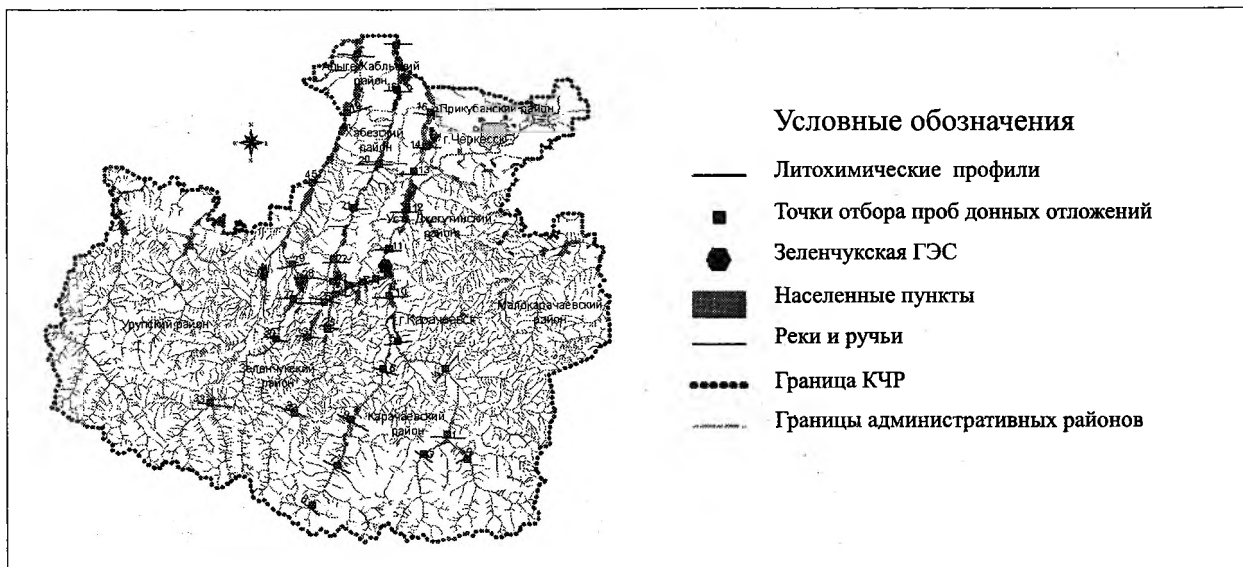


Рис. 3. Схема литохимического опробования почвенного покрова и донных отложений на территории Карачаево-Черкесской Республики



татам аналитических исследований определяются необходимостью экспрессного получения данных по максимально широкому комплексу химических элементов – потенциальных загрязнителей окружающей среды и оценки количественных отношений между элементами с целью выявления приоритетных загрязняющих веществ. В наибольшей степени на стадии геохимического картирования этим требованиям соответствует экспрессный приближённо-количественный и количественный спектральный анализ на дифракционном спектрографе типа ДФС-13 или на «Спектроскане».

Химические и спектральные анализы отобранных геохимических проб были произведены в Региональном лабораторном центре ОАО «Южгеология». Аттестат аккредитации РЛЦ №RU.0001.511374 выдан Федеральным агентством по техническому регулированию и метрологии 17 февраля 2006 года.

Наибольшие сложности исследователь обычно испытывает при оценке результатов геохимических наблюдений. В поисковой геохимии общепринятым является описание геохимического материала в виде суммарных характеристик ассоциаций химических элементов (аддитивные и мультипликативные ореолы и т. д.). Для экологических исследований нормативом, как правило, являются предельно-допустимые концентрации загрязняющих веществ. Однако не для всех природных сред и не для всех ингредиентов загрязнения такие нормативы сегодня разработаны.

Фоновая пылевая нагрузка для континентальных территорий в зимний период со-

ставляет 10-20 кг/км<sup>2</sup> в сутки (Сает, 1990). Для Карачаево-Черкессии за фоновую величину принята нагрузка в Кавказском биосферном заповеднике, вдали от крупных промышленных предприятий и ТЭЦ, здесь она равна 7-9 кг/км<sup>2</sup> в сутки.

При интерпретации результатов атмосферических исследований использовались ориентировочные материалы по концентрации химических элементов в пылевых выпадениях из атмосферы, приведённые в «Методических рекомендациях» ИМГРЭ (1986). Помимо этих материалов нами использованы данные по содержанию микроэлементов в пылевых выпадениях на фоновом участке.

Обработка результатов, полученных из аналитической лаборатории, производилась по методике ИМГРЭ (1982, 1986, 1990). Одна из главных характеристик геохимической аномалии – её интенсивность, которая определяется степенью накопления вещества-загрязнителя по сравнению с природным фоном. Уровень аномальности в этом случае определяется коэффициентом концентрации:

$K_c = C_i / C_{ф}$ , где  $C_i$  – содержание элемента в исследуемом объекте;  $C_{ф}$  – фоновое его содержание. Тогда нагрузка, создаваемая поступлением химического элемента в окружающую среду, рассчитывается по формуле:

$P = P_n \times C_i$ , где  $P_n$  – среднесуточная пылевая нагрузка, кг/км<sup>2</sup> в сутки;  $C_i$  – концентрация элемента в пыли, мг/кг.

Все перечисленные показатели могут быть определены как для содержаний микроэлементов в отдельной пробе, так и для любой геохи-

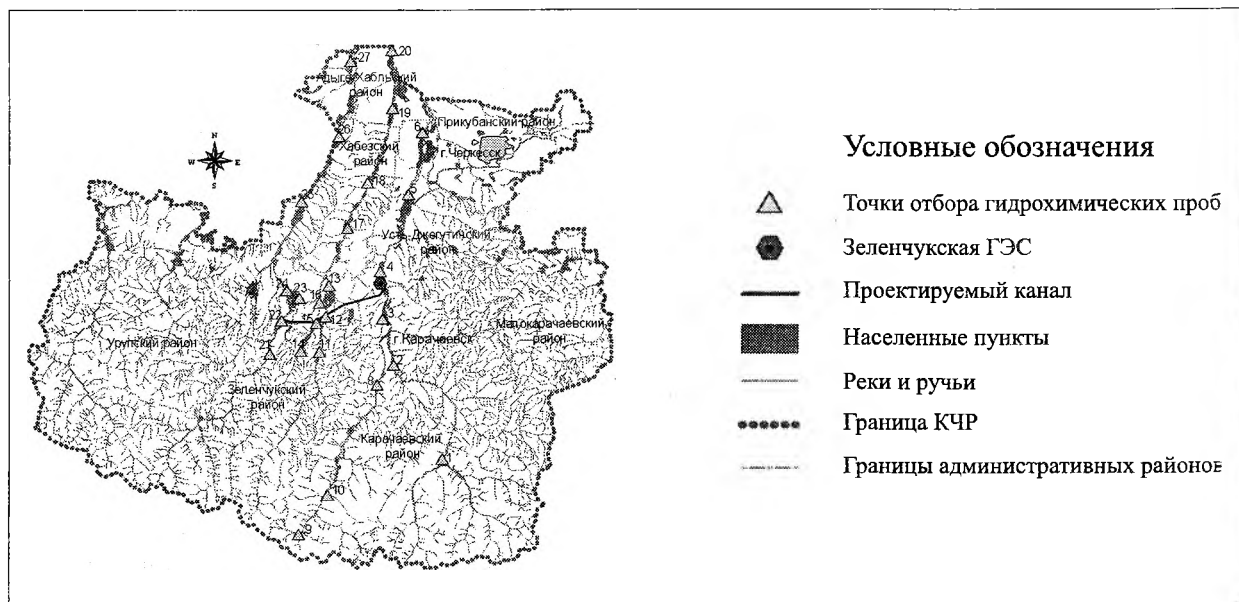


Рис. 4. Схема гидрохимического и гидробиологического опробования региона системы Верхней Кубани в 2006 году

мической выборки (для ландшафта, функциональной зоны, очага загрязнения).

Одна из важнейших задач геохимических исследований окружающей среды – установление пространственной структуры её загрязнения, дифференцирующей территорию по степени экологической опасности. Техногенные ореолы определяют общий размер и морфологию зоны воздействия отдельного источника загрязнения или группы сближенных источников. Общая структура загрязнения территории зависит от пространственного соотношения источника загрязнения и взаимного наложения контуров техногенных ореолов и потоков, сопровождающих эти источники.

Геоэкологические карты распределения загрязняющих веществ в различных компонентах ландшафтов строились с помощью геоинформационной системы ArcView 3.2 GIS и модулей Spatial Analyst 1.0 и 3D-Analyst.

Выполненные исследования показали, что при переброске 50% паводочно-паводочного стока рек Аксаут, Маруха и Б. Зеленчук в русло р. Кубани события будут развиваться по сценарию маловодного года в естественных условиях.

Наземная растительность, не испытывающая в этот период дефицита влаги из-за обилия атмосферных осадков, не будет ощущать негативного влияния уменьшения объёма паводкового стока.

Для населения сельских населённых пунктов, расположенных по берегам рек, уменьшится угроза затопления и подтопления жилищ и огородов в период высоких паводков, прекратятся катастрофические наводнения.

Запасы подземных вод аллювиальных отложений будут пополняться как в маловодный год – как показали наблюдения последних лет, такой подпитки вполне достаточно, чтобы не происходило истощение месторождений подземных пресных вод в долинах рек М. и Б. Зеленчуки.

Население посёлков, расположенных вблизи гидроузлов, получит источник отфильтрованных пресных вод, прошедших через гравийно-галечниково-супесчаную плотину Аксаутского, Марухского и Даусузского водохранилищ.

На этапе выполнения строительных работ существенных дополнительных воздействий на климат, гидрологию, наземные или водные экосистемы, здоровье населения, землепользование, промышленность и сельское хозяйство, рыбное хозяйство, энергопотребление, транспортную инфраструктуру, туризм и рекреацию, культурное наследие, качество подземных вод или донных осадков оказано не будет.

Все строительные работы окажут небольшое положительное воздействие на население,

занятость и доход, стимулируя занятость. Строительство Зеленчукских ГЭС позволит Карачаево-Черкесской Республике на 30% покрывать свои потребности в электроэнергии.

В целом заложенные в проекте технические решения соответствуют требованиям экологических, санитарно-гигиенических, противопожарных и других нормативов, действующих на территории Российской Федерации, и обеспечивают безопасную для жизни и здоровья людей эксплуатацию объекта при соблюдении предусмотренных проектом мероприятий. Они позволят минимизировать техногенную нагрузку на окружающую среду как в процессе строительства, так и при дальнейшей эксплуатации Зеленчукских ГЭС. При этом строительство ГЭС должно сопровождаться выполнением экологического мониторинга по специально разработанной программе экологических (геоботанических, почвенных, ландшафтно-геохимических и гидрогеологических) исследований с привлечением к её осуществлению ведущих ученых и опытных специалистов, работающих в области охраны окружающей среды Карачаево-Черкесской Республики.

Таким образом, при проектируемом строительстве комплекса гидротехнических сооружений Зеленчукских ГЭС намечаемое воздействие на окружающую природную среду будет допустимым, ущерб природе при строительстве – незначительным. Проектные материалы разработаны в соответствии с требованиями экологического законодательства, предусмотренная деятельность соответствует экологическим требованиям, установленным законодательством РФ в области охраны окружающей среды.

## Литература

1. Федеральный закон РФ от 10 января 2002 г. № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды».
2. Федеральный закон РФ от 30 марта 1999 г. № 52-ФЗ «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения».
3. Федеральный закон РФ от 23 ноября 1995 г. № 174-ФЗ «Об экологической экспертизе».
4. Положение об оценке воздействия на окружающую среду в Российской Федерации» №222 от 18.07.1994, Минприроды России.
5. Бондаренко В.Л., Дьяченко В.В. Основы методологии оценки экологической безопасности в процессах использования водных ресурсов бассейновых геосистем // Проблемы региональной экологии. 2005. №2. С. 86-92.
6. Пригожин И, Стенгерс И, Порядок и Хаос. М.: Прогресс, 1986. 432 с.

**Организация экологического мониторинга  
на территории нефтепромыслов Республики Коми**

**В.Г. Ильницкий, А.Е. Селюков, В.В. Захаров, Н.В. Сырчина**  
ОАО НИПИИ «Кировпроект»

Приведены материалы инженерно-экологических изысканий, выполненных на территории нефтегазопромыслов Республики Коми. Рассмотрены основные подходы к осуществлению экологического мониторинга на территории северных нефтегазопромыслов.

The materials of engineering-ecological researches implemented in territory of oil and gas fields in Republic of Komi are given. The basic approaches to realization of ecological monitoring in territory northern oil and gas fields are considered.

Важнейшим условием эффективной природоохранной деятельности на предприятиях нефтегазодобывающего комплекса является снижение уровня воздействия на окружающую среду до таких значений, при которых природные системы сохраняют способность к самовосстановлению. В связи с этим разработка и реализация программ комплексного локального экологического мониторинга территорий, расположенных в районах нефтепромыслов, является неотъемлемой составной частью общей системы управления охраной окружающей среды.

Необходимость осуществления экологического мониторинга вытекает из основных законодательных актов РФ, регламентирующих это направление природоохранного контроля (Федеральный закон РФ от 10 января 2002 г. №7-ФЗ «Об охране окружающей среды» (в редакции 31 декабря 2005г.), Федеральный закон Российской Федерации от 4 мая 1999 г. №96-ФЗ «Об охране атмосферного воздуха» (в редакции 31 декабря 2005 г.), Водный кодекс РФ от 3.06.06 №74-ФЗ и др.). Вместе с тем предприятия недропользователи уделяют этому виду природоохранной деятельности недостаточное внимание.

Эксплуатация нефтяных и газовых месторождений сопряжена с механическими, тепловыми, химическими и часто радиационными загрязнениями природной среды. Основными источниками загрязнений являются промышленные объекты, обеспечивающие добычу и транспортировку нефти, транспортные средства, а также хозяйственно-бытовая деятельность, осуществляемая на территории нефтепромыслов. При действующих технологиях негативное техно-

генное воздействие этих процессов на окружающую среду неизбежно.

Серьезный вред окружающей среде могут нанести буровые растворы, содержащие токсичные для живых организмов добавки, буровой шлам, факельные установки, промышленные и бытовые свалки, выбросы загрязняющих веществ от эксплуатируемой техники. Высокими токсическими и канцерогенными свойствами обладают нефтяные углеводороды, в той или иной мере попадающие в окружающую среду. Особую опасность представляют аварийные разливы нефти и пожары, случающиеся как на самих месторождениях, так и во время транспортных операций.

По данным Федерального информационного фонда социально-гигиенического мониторинга, газовая, нефтедобывающая и нефтехимическая промышленность в Республике Коми являются источниками загрязнения атмосферы 3,4-бенз(а)пиреном, диоксидом азота, оксидом углерода, взвешенными веществами, диоксидом серы, предельными углеводородами, бензолом, сероводородом, толуолом [1].

На современном этапе разработки месторождений воздействие промышленных объектов на природную среду не ослабевает, а иногда усиливается, что обусловлено:

- опасными экологическими характеристиками добываемого углеводородного сырья;
- слабой устойчивостью природных комплексов северных районов Республики Коми к техногенному воздействию;
- высокой степенью изношенности трубопроводов и техники, эксплуатируемых относительно длительный период времени;
- неполной и малоэффективной утилизацией побочных продуктов нефтедобычи

(газообразных углеводородов, сероводорода, опасных компонентов пластовых вод, нефтешламов и др.);

- недостаточной эффективностью природоохранных мероприятий;

- недостаточным вниманием со стороны нефтедобывающих компаний, общественных организаций и государственных органов к организации и проведению экологического мониторинга;

- слабо сформированным чувством личной ответственности персонала нефтепромыслов за состояние окружающей природной среды.

Добыча нефти и газа в Республике Коми осуществляется в специфических условиях, осложняющих экологические последствия. К факторам, осложняющим экологические последствия, можно отнести:

**1. Фактор времени.** Промышленная добыча нефти в Тимано-Печорской нефтегазодобывающей провинции началась с 1930 г. К концу XX века в разработке находились 39 месторождений углеводородов [2]. На территории эксплуатируемых месторождений неоднократно происходили аварии. Некоторые аварии имели катастрофические экологические последствия (авария 1994 г. на межпромысловом нефтепроводе «Возей-Головные сооружения») [3]. Временной фактор обусловил относительно высокую степень техногенного загрязнения территории, нарушение земель и природных биогеоценозов.

**2. Природно-климатический фактор.** Республика Коми характеризуется суровыми природно-климатическими условиями. В условиях Севера природные экосистемы проявляют низкую устойчивость к жёсткому техногенному воздействию и слабо выраженную способность к самоочищению и самовосстановлению. Биологическая деструкция нефти, вследствие низкой микробиологической активности, занимает длительный промежуток времени.

**3. Специфические гидрогеологические условия.** Многие площадки, отводимые под газодобывающие скважины, расположены на заболоченной местности с торфянистым грунтом, что затрудняет осуществление надежной гидроизоляции между техногенными объектами и поверхностными водами. Использование техники на заболоченных участках при проведении природоохранных мероприятий крайне затруднено.

**4. Антропогенная нарушенность ландшафтов.** По территориям нефтепромыслов проходят многочисленные линейные соору-

жения (насыпные автодороги, автоподъезды, железные дороги, ЛЭП, трубопроводы, телефонный кабель и др.). Линейные и площадные сооружения существенно изменяют рельеф местности, обуславливая, таким образом, разнообразные негативные экологические последствия.

**5. Слабый социальный контроль.** Большая часть нефтепромыслов расположена в труднодоступных районах, вдали от населённых пунктов. Территории, прилегающие к нефтепромыслам, строго охраняются, доступ на соответствующие объекты ограничен. Всё это приводит к резкому снижению социального контроля состояния природной среды.

В связи с этим основной целью экологического мониторинга является своевременное выявление и прогнозирование развития негативных процессов, влияющих на качество и состояние окружающей среды, комплексная оценка динамики состояния окружающей среды и степени техногенной нагрузки на неё, прогноз изменений природной среды и разработка мер по её охране и реабилитации.

Экологический мониторинг необходимо направить на решение следующих задач:

- оценку характера и степени воздействия нефтепромысла на элементы окружающей среды (подземные и поверхностные воды, донные отложения, почвы, атмосферный воздух, биологические объекты) и экосистемы в целом;

- определение границ, характера и источников развития загрязнения;

- определение условий локализации загрязнения;

- выявление особенностей перемещения вредных веществ по всем возможным каналам миграции, а также определение участков депонирования загрязняющих веществ и геохимических барьеров;

- экологическую оценку природоохранных мер, выполняемых нефтепромыслом для минимизации негативного воздействия на окружающую среду;

- расчёт уровней предельно допустимых вредных воздействий на объекты окружающей среды;

- учёт источников выбросов и мониторинг выбросов загрязняющих веществ в окружающую среду;

- обеспечение руководства предприятий, государственных органов и соответствующих общественных организаций актуальной информацией о состоянии объектов окружающей среды;



- разработку рекомендаций по снижению негативного действия производственной и хозяйственно-бытовой деятельности нефтепромысла на окружающую среду и отслеживание эффективности их реализации;

- оценку экологического риска и последствий возможных аварий.

При разработке программы комплексного локального экологического мониторинга каждого конкретного объекта необходимо выявить и оценить наиболее значимые факторы, способствующие или препятствующие распространению загрязнений в окружающей среде. Наличие вблизи от объекта болот, крупных и мелких водотоков, близкое залегание грунтовых вод, слабая защищенность верхних водоносных горизонтов, низкая вязкость нефти, высокий напор скважин, отсутствие геохимических барьеров повышают опасность распространения техногенных загрязнений.

К факторам, уменьшающим риск распространения загрязнений в окружающей среде, можно отнести: равнинный рельеф местности, затрудняющий сток поверхностных вод; отсутствие вблизи объекта крупных водотоков; относительно небольшую продуктивность месторождения; высокую вязкость нефти, препятствующую растеканию; наличие развитого мохового покрова, активно адсорбирующего нефть; физико-химические особенности почво-грунтов, обеспечивающие функции геохимических барьеров.

Периодичность осуществления наблюдений и отбора проб устанавливается в соответствии с конкретными условиями, складывающимися на объекте.

В перечень основных объектов комплексного локального экологического мониторинга должны быть включены:

- 1) атмосферный воздух и снежный покров (как индикатор состояния атмосферного воздуха);

- 2) поверхностные водные объекты (болота, озера, ручьи, реки);

- 3) подземные воды;

- 4) донные отложения;

- 5) почвы;

- 6) биота (растительный и животный мир, включая гидробионты);

- 7) радиационная обстановка;

- 8) техногенные объекты, представляющие особую опасность для окружающей среды (шламовые амбары, свалки, факельные установки и др.).

## Мониторинг атмосферного воздуха

Загрязнение атмосферы оказывает крайне негативное влияние на здоровье и нервно-психическое состояние человека, физическое состояние и репродуктивные функции животных, приводит к угнетению и уменьшению продуктивности растительного покрова, снижению сроков эксплуатации оборудования.

Главными источниками загрязнения атмосферного воздуха в районах действующих нефтегазопромыслов являются факельные установки, шламовые амбары, аварийные разливы нефти, технологические потери от эксплуатируемого оборудования и скважин, свалки, дизельные установки, котельные. Определённый вклад в загрязнение окружающей среды вносят и такие процессы, как работа транспортных средств, сварочные работы и механическая обработка металлов, хозяйственно-бытовая деятельность. Перечень источников загрязнения для каждого объекта имеет свою специфику, однако избежать загрязнения атмосферы в условиях эксплуатации месторождений не удастся.

В маловетренную погоду большая часть выбрасываемых в атмосферу веществ оседает в некотором отдалении от источников выбросов, загрязняя почвы, водные объекты, растительный покров. Осаждению загрязняющих веществ способствуют атмосферные осадки. В ветреную погоду загрязняющие вещества могут переноситься потоками воздуха на большие расстояния.

Исходя из характера загрязнений атмосферы, обусловленного процессами добычи и транспортирования нефти и газа, можно определить следующий перечень контролируемых химических показателей качества воздуха:

2-й класс опасности (высокоопасные вещества): диоксид азота, ароматические углеводороды (бензол), сероводород;

3-й класс опасности (опасные вещества): взвешенные вещества, диоксид серы, монооксид азота, сажа;

4-й класс опасности (умеренно опасные вещества): оксид углерода, алифатические углеводороды.

Кроме химических показателей качества атмосферного воздуха, в программе экологического мониторинга следует предусмотреть наблюдение за физическими показателями состояния атмосферы (температура, радиационный фон, волновые характеристики).

При оценке качества воздуха необходимо учитывать возможный эффект суммации дей-

ствия отдельных химических компонентов, а также специфический неблагоприятный фон, который создают физические факторы.

## Мониторинг снежного покрова

Снежный покров является аккумулярующей средой для различного рода атмосферных загрязнений. Наблюдения за состоянием снежного покрова позволяют оценить характер и границы загрязнения атмосферы, обусловленные влиянием нефтепромысла. Особенно наглядно область загрязнения выявляется на космоснимках заснеженных территорий, однако детализация характера загрязнений возможна только при проведении лабораторных исследований.

Отбор проб следует проводить в конце зимнего периода по всей толщине снежного покрова.

Рекомендуемый перечень контролируемых показателей: рН, общая минерализация, взвешенные вещества, сажа, сульфаты, фториды, азот аммонийный, нефтепродукты, фенолы, железо общее, свинец, марганец.

При выявлении высоких концентраций загрязняющих веществ в снежном покрове, перечень контролируемых показателей следует расширить.

## Мониторинг поверхностных водных объектов

Мониторинг поверхностных водных объектов в Республике Коми играет особую роль в связи с большим рыбохозяйственным значением рек.

Производственная деятельность нефтепромыслов сопряжена с загрязнением поверхностных водных объектов нефтью, продуктами физической, химической и биохимической трансформации нефти, поверхностно-активными и другими абиогенными и биогенными компонентами. Химическое загрязнение поверхностных водоёмов происходит при сбросах неочищенных или недостаточно очищенных сточных вод в поверхностные водотоки и на рельеф; переполнении шламовых амбаров; при аварийных разливах нефти и пластовых вод.

Особенно интенсивное загрязнение наблюдается в период снеготаяния, когда формируются временные водотоки, соединяющие отдельные поверхностные водные объекты между собой. В результате загрязнения происходит изменение химического

состава воды. Загрязнение, прежде всего, выражается в повышении содержания нефтепродуктов, аммонийного азота, нитратов, тяжёлых металлов. Уровень загрязнения определяется характером поступления загрязнителей в воды и интенсивностью протекания процессов самоочищения.

Результаты выполненных в ходе инженерно-экологических изысканий лабораторных анализов дают основания предположить наличие загрязнения поверхностных вод в районе нефтепромыслов пластовыми водами, буровыми растворами, нефтепродуктами. Для определения степени и характера развития загрязнения необходимо тщательное обследование территории мониторинга и отбор проб поверхностных вод в различные фазы гидрологического цикла.

Исходя из характера загрязнения поверхностных вод, обусловленного функционированием нефтепромыслов, можно предложить следующий перечень контролируемых химических и физико-химических показателей: рН, гидрокарбонаты, сульфаты, хлориды, нитраты, фосфаты, фториды, аммоний, кальция, магний, калий, натрий, цинк, железо, медь, свинец, кадмий, никель, мышьяк, ртуть, сухой остаток, БПК<sub>5</sub>, ХПК, СПАВ анионоактивные, нефтепродукты, фенолы, сероводород, окислительно-восстановительный потенциал (Eh).

**Органолептические показатели:** цветность, прозрачность, запах, взвешенные вещества.

**Микробиологические показатели:** возбудители кишечных инфекций, жизнеспособные яйца гельминтов, термотолерантные колиформные бактерии (ТБК), общие колиформные бактерии (ОКБ), колифаги.

Строительство площадных и линейных сооружений, обусловленных спецификой нефтедобычи, может привести к трансформации локального грунтового режима, изменению уровня режима и условий формирования жидкого и твердого стока. Вырубка леса на территории промышленных площадок, нарушение целостности почвенно-растительного покрова, трансформация локального грунтового режима способствуют заболачиванию новых участков местности и интенсификации эрозионных процессов.

В связи с этим локальный экологический мониторинг должен предусматривать определение следующих гидрологических показателей: расход воды ( $\text{м}^3/\text{с}$ ), скорость течения на водотоках ( $\text{м}/\text{с}$ ), уровень воды ( $\text{м}$ ).

**Мониторинг подземных вод**

Важнейшим объектом мониторинга являются грунтовые воды, поскольку через них загрязнения могут распространяться в подземные водоносные горизонты и поверхностные водные объекты. Исследования показывают, что повышение концентрации нефтепродуктов в грунтовых водах происходит со значительным временным сдвигом по сравнению с загрязнением почв. Загрязнение грунтовых вод практически неизбежно приводит к соответствующему загрязнению подземных водоносных горизонтов, особенно в условиях слабой защищённости.

В ходе инженерно-экологических изысканий на территории эксплуатируемых месторождений выявляются серьёзные загрязнения грунтовых вод нефтепродуктами, соединениями тяжёлых металлов, некоторыми анионами (чаще всего хлоридами, реже фосфатами и др.) и другими веществами. В большинстве отобранных проб обнаруживается превышение нормативов по таким показателям, как БПК и ХПК. Специфика загрязнений определяется особенностями добываемого продукта, характером используемых при нефтедобыче химических реагентов, особенностями функционирования нефтепромысла.

Перечень контролируемых показателей состояния грунтовых вод определяется в соответствии с перечнем основных поллютантов, попадающих в окружающую среду: гидрокарбонаты, сульфаты, хлориды, нитраты, фосфаты, фториды, кальций, магний, калий, натрий, цинк, железо, медь, свинец, кадмий, никель, мышьяк, ртуть, а также сухой остаток, БПК, ХПК, СПАВ, нефтепродукты, фенолы, моно и полициклические углеводороды, сероводород. Из физико-химических показателей следует контролировать рН и электропроводность, из микробиологических – наличие возбудителей кишечных инфекций, жизнеспособных яиц гельминтов, термотолерантных колиформных бактерий (ТБК), общих колиформных бактерий (ОКБ), колифагов.

Особое внимание следует уделить таким показателям, как БПК, ХПК, содержание в грунтовых водах железа, кадмия, никеля, мышьяка, так как по этим показателям достаточно часто выявляется превышение нормативов.

**Мониторинг донных отложений**

Мониторинг донных отложений выступает необходимым элементом комплексной

оценки влияния нефтепромыслов на окружающую среду. Донные отложения отбираются для анализа на загрязнённость с целью выявления характера и области распространения отдельных загрязняющих веществ, изучения закономерностей процессов самоочищения, условий вторичного загрязнения, учёта степени воздействия антропогенного фактора.

Активная эксплуатация нефтяных месторождений приводит к серьёзным загрязнениям донных отложений соединениями тяжёлых металлов (Cr, Zn, Mo, Cu, V, Pb, Hg, Ni, Co, Ba, Mn, Sr и др.), мышьяка, радионуклидами (<sup>226</sup>Ra, <sup>40</sup>K, <sup>232</sup>Th), нефтепродуктами, фенолами и другими веществами. Загрязнённые донные отложения служат источником вторичного загрязнения поверхностных вод.

Исходя из характера загрязнений, определяется перечень контролируемых показателей, который включает нефтепродукты, полициклические ароматические углеводороды (ПАУ), токсичные элементы (Cu, Zn, Pb, Cd, Ni, As, Hg и др.), нитраты, азот аммония, фосфор подвижный в пересчёте на P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, радиоактивные изотопы. Первоочередной выбор этой группы веществ на первом этапе наблюдений обусловлен их экологической опасностью и устойчивостью в окружающей среде.

При отборе проб донных отложений необходимо учитывать глубину концентрации загрязняющих веществ. На границе грунт/вода содержание загрязнений обычно ниже, чем в более глубоко расположенных слоях.

**Мониторинг почв и грунтов**

Почва – одна из главных составляющих природной среды. Загрязнённые почвы оказывают отрицательное влияние на все контактирующие среды (вода, воздух) и биологические объекты.

Основными веществами, загрязняющими почвы в районах нефтепромыслов, являются соединения тяжёлых металлов, нефтепродукты, полициклические ароматические углеводороды, попадающие в почву с нефтью, пластовыми и сточными водами, бурильными растворами. Специфика токсического эффекта выбросов нефтедобывающих скважин на почвы заключается в сочетании действий газовых компонентов (диоксид серы, оксиды азота и углерода, углеводороды) и твёрдых веществ (сажа), образующихся при сжигании попутного газа в факелах, а также при сгорании отработанных газов различного вида транспорта, ста-

ционарных двигателей внутреннего сгорания и продуктов испарения [4].

Способность аккумулировать нефть и другие загрязняющие вещества зависит от типа и состава почв, а также от степени их увлажнённости. Движение загрязняющих веществ в почве происходит вследствие действия капиллярных сил, гравитации, конвекции, диффузии, дисперсии. Существенное значение имеют процессы, обусловленные биологическим фактором.

Под влиянием нефтяных загрязнений разрушается структура почвы, изменяется её химический состав и свойства. Изменение минерального состава, происходящее в результате загрязнения почв пластовыми и сточными водами, может весьма негативно сказаться на состоянии растительного покрова.

Хозяйственно-бытовая деятельность человека непосредственно отражается на санитарном состоянии почв. Земельные участки и ландшафты загрязняются отходами производства, твёрдыми и жидкими бытовыми отходами.

Изменение состояния и качества почв может происходить в течение продолжительного периода, как под влиянием загрязняющих веществ, поступающих от техногенных источников, так и в результате ухудшения поверхностного и внутрипочвенного стока влаги после проведения земляных работ. Для северных территорий большую опасность представляют процессы техногенного нарушения почвенного покрова, происходящие в результате строительства, нефтедобычи и транспортных операций. Ввиду непродолжительного периода вегетации, восстановление нарушенных почв происходит крайне медленно. Техногенные нарушения естественных ландшафтов захватывают достаточно большие территории, прилегающие к площадным и линейным сооружениям, на этих территориях резко активизируются эрозионные процессы. В связи с этим мониторинг состояния рельефа в районе нефтепромыслов и принятие адекватных мер по защите почв от загрязнения и разрушения имеют важнейшее природоохранное значение. В программе мониторинга необходимо предусмотреть не только контроль химических и санитарно-эпидемиологических показателей состояния почвы, но и степени её механической нарушенности.

Рекомендуемые показатели экологического состояния почв, подлежащие контролю в процессе мониторинга: соединения Pb, Zn, Hg, Mo, Sr, As, Cr, Ni, Co, Cu, Ba, V, Mn, Sn, Fe, Se; нефтепродукты; нитратный и аммонийный

азот; хлориды; рН; фенолы; полициклические углеводороды; бенз(а)пирен; радиоактивные элементы; микробиологические показатели, характеризующие санитарное состояние почвы (индекс энтерококка, цисты кишечных патогенных простейших и жизнеспособные яйца гельминтов, индекс БГКП, патогенные бактерии, в т.ч. сальмонеллы).

## Мониторинг биоты

Биотой называют совокупность всех живых организмов, населяющих какую-либо территорию. Загрязнение территорий нефтепродуктами приводит к глубокому изменению всех звеньев естественных биоценозов или полной их трансформации. В нефтезагрязнённых почвах изменяется численность и уменьшается видовое разнообразие почвенной микрофлоры, мезо- и микрофауны. Наиболее токсичными для биологических объектов являются лёгкие фракции нефти. На почвах, загрязнённых нефтепродуктами, происходит повышение численности нефтеокисляющих бактерий, подавление фотосинтезирующей активности почвенных водорослей и высших растений, угнетение жизнедеятельности животных.

## Мониторинг растительных объектов

При организации мониторинга растительных объектов выбираются контрольные и фоновые участки с доминантными видами растительности. Контрольные участки должны располагаться в зоне наиболее разрушительного влияния объекта, условно фоновые – вне области воздействия. Растительные сообщества, рельеф и почвенно-климатические условия контрольного и фонового участков должны быть аналогичны друг другу.

Оценку состояния растительности можно проводить по следующим показателям: обилие (число особей на единицу площади); проективное покрытие видов-доминантов; частота (отношение числа особей одного вида к общей численности особей, выраженное в %); характер доминантных видов с наибольшей продуктивностью; наличие заносных видов; состояние аборигенных видов, в том числе видов с узкой экологической приспособляемостью и редких.

В комплексную программу мониторинга включаются разделы, предполагающие проведение наблюдений за общим состоянием флоры (видовое разнообразие, наличие признаков угнетения, состав и структура расти-



тельных сообществ и т. п.), а также выполнение лабораторных исследований для определения содержания загрязняющих веществ в биологических объектах.

Высокую чувствительность к загрязнению воздуха проявляют сосновые леса. Это обуславливает выбор сосны как важнейшего индикатора антропогенного влияния, принимаемого в настоящее время за своеобразный эталон биодиагностики. В программу наблюдений за состоянием растительности следует включить такие признаки экологического неблагополучия территории, как появление на хвое некрозов, снижение размеров, массы и продолжительности жизни ассимиляционных органов, усыхание нижних ветвей и сокращение сроков жизни растений, появление различного рода аномалий.

Наиболее серьёзные последствия для растительного покрова вызывает загрязнение территории нефтью, пластовыми и высокоминерализованными сточными водами. В полосе разлива погибают практически все растительные сообщества. Не меньшую роль играют процессы эрозии почвы и деградации растительного покрова, развивающиеся при механическом воздействии на рельеф в суровых условиях Севера.

Накопление токсичных элементов в дикорастущих пищевых и кормовых растениях может вызвать негативные последствия для человека и животных, употребляющих их в пищу. В связи с этим оценка пищевой и кормовой безопасности грибов, ягод и т. п. представляет большое практическое значение.

Химический анализ растительного материала должен включать следующий перечень наблюдаемых компонентов: нефтепродукты; соединения таких элементов, как: железо, марганец, никель, свинец, цинк, медь, кобальт, ртуть, мышьяк, кадмий и бенз(а)пирен.

## *Мониторинг животного мира*

К факторам, влияющим на состояние животного мира территорий нефтепромыслов, относятся: вырубка и нарушение древесно-кустарниковой растительности; шумовые и вибрационные эффекты, сопровождающие работу техники и транспорта, загрязнение природной среды токсичными веществами, охота, рыболовство и т. п. В результате действия указанных факторов происходит трансформация среды обитания, изменение кормовой базы, изменение численности популяций и видового состава фауны.

Оценка влияния нефтепромыслов на численность популяций животных представляет существенную проблему, поскольку естественная амплитуда колебаний численности очень изменчива по годам и определяется сочетанным воздействием различных факторов. Установить причинно-следственные связи между численностью, морфофизиологическими изменениями организмов животных и определёнными условиями среды обитания достаточно сложно.

При разработке и обустройстве месторождений формируются антропогенно измененные ландшафты, происходит заболачивание территорий, гибель или деградация естественных лесных массивов, в результате чего могут нарушиться пути миграции и очаги репродукции животных, образующих экосистему. Часть популяций, населявших уничтоженные биотопы, погибает.

Хозяйственная деятельность нарушает сложившиеся трофические цепи. В условиях северной природы изменение любого из трофических уровней оказывает значительное, а то и определяющее воздействие на другие уровни. Это обусловлено небольшим видовым разнообразием и, как следствие, ограниченными возможностями выбора пищи.

При высокой плотности расположения техногенных объектов на эксплуатируемом месторождении естественная среда обитания большинства животных существенно нарушается. В подобных условиях для сохранения животного мира крайне необходимо разработать и неукоснительно соблюдать научно обоснованный комплекс природоохранных мероприятий, базирующийся на результатах комплексного экологического мониторинга.

Исследование степени и характера загрязнения территории целесообразно проводить, используя животных с коротким жизненным циклом, что позволяет отслеживать распределение загрязняющих веществ по наблюдаемой территории, а также выявлять возможные тенденции изменения уровня и характера загрязнения. Локальные загрязнения можно оценить, основываясь на результатах наблюдений за оседлыми видами на сравнительно небольших индивидуальных участках.

Большое практическое значение имеет мониторинг промыслово-охотничьих, редких и охраняемых видов животных. В этом отношении необходимо организовать регулярные и систематические наблюдения за их численностью (плотностью популяции) и состоянием.

## *Гидробиологические объекты*

Производственная и хозяйственно-бытовая деятельность в районах нефтегазопромыслов часто приводит к существенному загрязнению поверхностных вод и донных отложений, что непосредственно отражается на состоянии обитателей водоёмов. Наиболее часто загрязнения проявляются в форме повышения значений ХПК, БПК, увеличении содержания азота аммонийного, железа общего, нефтепродуктов.

Загрязнение нефтью и нефтепродуктами рыбохозяйственных водоёмов приводит к снижению качества рыбы (появление необычной окраски, нехарактерного запаха или привкуса); гибели взрослых рыб, молоди, личинок, икры; появлению аномалий развития. Кормовая база рыб сокращается. Среда обитания, нереста и нагула рыб ухудшается. Нарушаются процессы миграции рыб. Отрицательное воздействие нефти и нефтепродуктов на рыб обуславливается выделяющимися из нефти токсическими веществами. Особую опасность представляют нафтеновые кислоты.

Мониторинг гидробиологических объектов позволяет выявлять факторы, создающие неблагоприятные последствия для водных объектов, корректировать антропогенную нагрузку, принимать обоснованные управленческие решения, направленные на оздоровление экологической обстановки, находить оптимальные подходы к решению задач рационального природопользования.

Важнейшим индикатором антропогенного загрязнения поверхностных водоёмов токсичными веществами является регресс водных сообществ. Состояние антропогенного экологического регресса характеризуется уменьшением разнообразия и пространственно-временной гетерогенности, увеличением энтропии, упрощением межвидовых отношений, временной структуры, трофических цепей. Под влиянием загрязнения токсичными химическими веществами (токсического загрязнения) из состава биоценозов выпадают наиболее чувствительные к загрязнению виды организмов, в том числе ценные промысловые виды, нарушаются условия их обитания, разрушается кормовая база, экосистема становится неустойчивой. Начинается процесс деградации водного объекта, приводящий к утрате его хозяйственного значения [5]. В этой связи контроль токсического загрязнения водных объектов является важной задачей мониторинга, значимость которого растёт с ростом антропогенной нагрузки.

Мониторинг гидробиологических объектов позволяет выявлять как ранние, так и более глубокие признаки регресса водных сообществ, устанавливать их причины и последствия; оценивать уровень экологического регресса, как отдельных сообществ, так и экосистем в целом.

В отличие от гидрохимического мониторинга гидробиологических объектов позволяет получить интегральную оценку экологического состояния водных объектов, отражающую химический состав воды и донных отложений, а также другие антропогенные факторы, ухудшающие качество среды обитания гидробионтов.

В качестве объектов гидробиологических наблюдений выбираются разнообразные группы организмов, населяющих водоёмы и водотоки: водоросли, бактерии, простейшие, высшая водная растительность, бентосные и планктонные сообщества. Каждая из групп организмов имеет свои преимущества и недостатки в качестве биоиндикаторов, которые учитываются при решении конкретных задач гидробиологического мониторинга.

Степень антропогенного воздействия на гидробиологические сообщества оценивается по результатам сопоставления данных наблюдений на фоновых и контрольных участках.

Оценка возможного экологического регресса пресноводных экосистем проводится на основании сопоставления результатов обобщения многолетней гидробиологической информации, полученной в пунктах наблюдений с разным уровнем антропогенного воздействия, в том числе и в условно фоновом пункте. Следует иметь в виду, что информационно-методическая база для проведения мониторинга гидробиологических объектов в районе расположения большинства нефтегазоносных месторождений Республики Коми разработана крайне недостаточно. В связи с этим проведение соответствующего экологического мониторинга будет представлять определённую трудность.

## **Мониторинг радиационной обстановки**

Энергоносители, такие как нефть, газ, газовый конденсат и сопутствующие им пластовые воды, содержат в своем составе многие химические элементы, включая естественные радионуклиды.

Наибольшую опасность для человека представляют естественные радиоактивные нуклиды из семейств радия и тория (уран-

238, торий-232), а также радионуклид калий-40. Эти радионуклиды определяют степень радиоактивной опасности нефти, газа и пластовых вод. На территории нефтегазопромислов возникают определённые уровни радиоактивного загрязнения, зависящие от количества и состава радионуклидов.

Радиационная обстановка в местах загрязнений по своим параметрам может быть в пределах безопасного фона или превышать его до величин, опасных для здоровья человека.

При осуществлении мониторинга радиологической обстановки желательно предусмотреть такие пункты, как:

- радиационное обследование местности для установления района, характера и масштабов возможного радиоактивного загрязнения;
- количественную оценку радиационной обстановки;
- анализ проб почвы, донных отложений, пластовых вод, шламов на содержание радионуклидов;
- экологическую оценку эффективности мероприятий по снижению радиоактивного загрязнения и доз облучения.

### **Мониторинг техногенных объектов, представляющих особую опасность для окружающей среды**

При проведении локального экологического мониторинга необходимо предусмотреть контроль состояния и экологической роли шламовых амбаров, свалок техноген-

ных отходов и т.п. Загрязнения окружающей среды, обусловленные данными объектами, являются долговременными и весьма опасными. Заключение о характере влияния подобных объектов на природные среды можно сделать по результатам химического, микробиологического и радиологического анализа почв, грунтовых вод, поверхностных водных объектов, атмосферного воздуха, биологических объектов.

### **Литература**

1. Материалы о влиянии нефтегазовой промышленности на загрязнение среды обитания и здоровье населения Арктического региона. – <http://www.fcgsen.ru>
2. Оберман Н.Г., Шеслер И.Г., Рубцов А.И. Экология Республики Коми и восточной части Ненецкого автономного округа. – Сыктывкар: ПрологПлюс, 2004. – 256 с.
3. Иванов В.Г. Комплексное решение проблемы ликвидации зоны экологического бедствия в Усинском районе Республики Коми // Научно-технический сборник филиала ООО «ЛУКОЙЛ-Коми» «ПЕЧОРНИПИ-НЕФТЬ», 2005. – С. 225-232.
4. Безносиков В.А., Лодыгин Е.Д., Кондратенко Б.М. Экологическая оценка почв в районе эксплуатации нефтяных месторождений в условиях Севера. Институт биологии КомиНЦ УрО РАН, г. Сыктывкар. <http://ib.komisc.ru>
5. Отчёт по государственному контракту № И-20-05 на информационное обеспечение и другие работы в области водных ресурсов для федеральных государственных нужд по теме: «Разработка программно-методического обеспечения отраслевой системы мониторинга» И-20.

## Комплексное биотестирование нефтезагрязнённых почв

Н.А. Киреева, Т.Р. Кабиров, И.Е. Дубовик  
Башкирский государственный университет

Предпринята попытка разработать комплексную тест-систему для многофакторной оценки состояния почв, подвергшихся нефтяному загрязнению. Используются различные группы организмов и изменения в активности почвенных ферментов для диагностики токсикометрических показателей нефтезагрязнённых почв.

Investigation was held to maintain a complex biotest system for indication of oil polluted soils toxicity levels for different groups of organisms. Soil enzymes, plants, soil animals, bacteria and algae were tested for there co-operative response for oil pollution. A pattern was observed, allowing approximate evaluation of oil polluted soil condition based on this biotests.

Нефть является одним из наиболее распространённых загрязнителей окружающей среды. Большие объёмы нефти попадают в экосистему в результате аварий при транспортировке, незаконных врезок в нефтепроводы, нарушений при добыче и т. д. Не являясь ксенобиотиком, нефть при извлечении из недр на поверхность земли, способна, тем не менее, проявлять сильные загрязняющие свойства. Попадая в почву, нефть оказывает токсическое воздействие на растения и животных, подавляет активность почвенной микробиоты и нарушает баланс почвенных ферментов [1]. В этой связи остро стоит проблема диагностики токсического влияния нефтяных углеводородов на многоуровневую экосистему почв.

На сегодняшний день одним из важнейших инструментов предупреждения и оценки антропогенного воздействия на экосистему является биомониторинг. Биотестирование, биоиндикация и экотоксикология, наряду с методами аналитической химии, позволяют построить наиболее полную картину деградации почв, загрязнённых нефтяными углеводородами. Принцип биоиндикации строится на том, что каждый организм в отношении любого действующего фактора обладает уникальным физиологическим диапазоном реакции. В то же время на каждую конкретную группу организмов будет влиять множество факторов, помимо исследуемого, которые не всегда возможно учесть. Наиболее рациональным является использование комплексного биотестирования, учитывающего изменения в балансе почвенных экзоферментов, микроорганизмов и водорослей, а также токсиметрии высших растений и животных.

При построении комплексной тест-системы для оценки токсичности почвенного покрова мы руководствовались следующими принципами: тест-система должна иметь представителей двух трофических уровней – автотрофов и гетеротрофов; кроме того, в её составе должны быть представители из основных царств живого – бактерий, грибов, растений, животных; тест-система должна включать тест-организмы, хорошо растущие в лабораторных условиях; организмы, обладающие высокой чувствительностью к исследуемым загрязнителям природной среды и такие тест-реакции тест-объектов, регистрация которых не требует использования сложной и дорогостоящей аппаратуры, но в то же время несущих достаточный объём информации [2].

Основываясь на перечисленных принципах и лабораторных исследованиях, нами были отобраны следующие факторы и тест-объекты, достоверно отзывающиеся на внесение загрязнителя – почвенные ферменты (каталаза и липаза), активности которых определяются по методам, описанным Ф.Х. Хазиевым [3], и легко диагностируются и дополняют друг друга. Водоросли являются важным компонентом автотрофного звена комплекса почвенных микроорганизмов [4]. Критерием степени нарушения почвенных ценозов является показатель изменения их видового разнообразия [5], определённый по принятым в альгологии методам [6, 7]. Высшие растения – овёс посевной (*Avena sativa L.*) и редис (*Raphanus sativa L.*) относятся к эукариотам, автотрофам, продуцентам. Овёс наряду с редисом и кресс-салатом является одним из наиболее часто используемых для биотестирования организмов с хорошо изученной биологией и экологией [8].



Влияние нефтяного загрязнения на высшие растения определялось с использованием стандартных методик [9]. Степень зоотоксичности нефтезагрязнённой почвы определяли с использованием ногохвосток (*Collembola*) – одной из наиболее многочисленных и широко распространённых групп педобионтов, используемых, в последнее время для оценки степени антропогенной нагрузки [10]. Два вида коллембол: 1 – *Folsomia candida* – неприхотливый, быстро размножающийся вид, удобный для быстрой оценки степени зоотоксичности; 2 – *Onychiurus stachianus* – вид характеризуется менее подвижными и более крупными особями, которыми легко манипулировать и вести подсчёт. Соответствующими тест-реакциями явились: для ферментов – относительная активность, для цианобактерий и микроскопических водорослей – видовое разнообразие, для высших растений – всхожесть семян и морфометрические характеристики растений, выращенных на исследуемых почвах. Для коллембол – процент выживаемости, значения  $LC_{50}$  и  $LC_{100}$ , способность к размножению.

Несмотря на то что каждый из перечисленных объектов достаточно стабильно реагировал на изменение концентрации поллютанта и теоретически позволял достаточно точно определить степень загрязнения, часто реакции разных тест-объектов противоречили друг другу. Вероятно, это связано с тем, что в процессе биodeградации различные промежуточные продукты распада углеводов могут быть более токсичны для одних организмов и менее или нетоксичны для других; также возможны ситуации, когда вещества А и В не токсичны по отдельности, но, присутствуя в среде одновременно, они могут оказать

остро токсическое действие на живые организмы. В наших исследованиях довольно стабильными оказывались реакции ферментов для разных концентраций нефти в пределах одного типа почвы, но значительно изменялись для другого из-за различий в контрольной активности, температуре и влажности, и наоборот, ногохвостки стабильно реагировали на наличие поллютанта, независимо от типа почвы. При проведении экспериментов по фитотоксичности у высших растений энергия прорастания семян и морфометрические характеристики зависели от величины эндосперма. Количество углеводородоокисляющих микроорганизмов зависело от наличия аборигенных видов и видов, внесённых в процессе биоремедиации. Нами выявлены некоторые закономерности по согласованной реакции тест-объектов на загрязнитель и ведётся дальнейшая работа по поиску тест-комплексов для быстрого и достоверного биотестирования нефтезагрязнённых почв.

Предполагается пошаговая диагностика почв с возможным нефтяным загрязнением. Сначала целесообразно провести экспресс-оценку *in situ* на изменение каталазной активности, фито- и зоотоксичности. Эти тесты просты и дают быстрые результаты. Если наблюдается значительное отклонение каталазной активности от контрольного или от фонового значения для данного типа почв, или если в течение 24 часов появились мертвые особи, или нарушение жизнедеятельности коллембол, или недостаточная всхожесть семян, почву следует признать условно загрязнённой и направить в лабораторию для проведения более полного и длительного биотестирования. Также всегда целесообразно направить образцы в лабораторию аналитической химии для определения компонентного состава загрязнителя.

В лабораторных и полевых условиях была сделана попытка выявить в достаточной мере достоверные закономерности реакций почвы и её обитателей на загрязнение нефтью, которые можно было бы экстраполировать на другие зоны с аналогичными условиями и ожидать там похожих тенденций в изменении токсической активности.

Использование коллембол оказалось одним из наиболее простых и в то же время результативных способов оценки почвенной токсичности. В отличие от некоторых других оценочных факторов между зоотоксичностью и концентрацией нефти наблюдалась практически линейная зависимость. По результатам нескольких исследований была построена

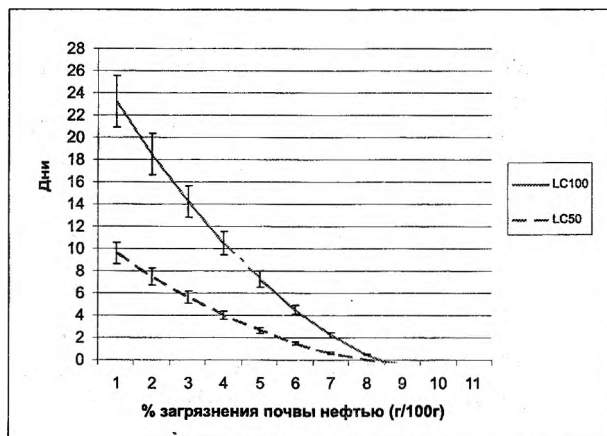


Рис. 1. Зависимость величин летальной и полулетальной дозы для коллембол *Onychiurus stachianus* от концентрации загрязнителя (1 мес. после загрязнения нефтью, чернозем)

кривая, характеризующая зависимость концентрации нефти от сроков наступления  $LC_{50}$  и  $LC_{100}$  (летальная концентрация, при которой гибнет 50 и 100% особей соответственно). В данном случае эти величины использовались как накопительные, например, если за 4 дня в колонии в результате жизнедеятельности накапливалось количество поллютанта, летального для половины особей, а за 10 дней – для 100%, то количество нефти в почве составляло 3-4% (рис. 1).

Наиболее достоверная зависимость между концентрацией загрязнения и наступлением гибели 50 и 100% особей достигалась примерно через месяц после загрязнения, так как в это время токсический эффект наблюдался в течение длительного периода времени и диагностируемые величины достигали наибольшего разброса по временной шкале. В то время как в первые недели после загрязнения отравление и гибель коллембол наступали уже на 1-2 суток, а по прошествию 2-3 месяцев величины  $LC_{50}$  и  $LC_{100}$  обычно вообще не достигались. Как и многие биотесты, приведённые значения применимы для концентрации загрязнителя до 10%. Нами также предпринята попытка создания единого коэффициента для определения концентрации и давности загрязнения по показаниям зоотоксичности, но ввиду невозможности учёта большого количества факторов и недостаточного объема выборки на данный момент достоверный вариант не был найден.

Исследования фитотоксического влияния нефти показали, что нефтяное загрязнение в значительной мере ингибирует рост и развитие растений. Выявлена зависимость от концентрации нефти в почве таких параметров, как всхожесть семян, вес и длина проростков, развитие корневых волосков. Отмечено, что при массовой доле нефти 1% фитотоксический эффект практически незаметен. В то же время при более высоких концентрациях на-

блюдалось значительное отставание всхожести семян и развития растений от контрольных параметров. Наиболее выраженный фитотоксический эффект наблюдался при использовании почвы, недавно подвергшейся нефтяному загрязнению.

В диагностических целях были выбраны почвенные ферменты – каталаза и липаза, так как ферментативная активность почв – это один из показателей её биологической активности, характеризующий потенциальную способность экосистемы сохранять гомеостаз. Выбор ферментов был обусловлен различной их реакцией на нефтяное загрязнение и довольно простым способом регистрации результатов. Выявлено, что попадание в почву нефти даже в концентрации 1% существенно ингибировало каталазную активность. Чем выше количество поллютанта, тем значительнее снижалась активность этого фермента. При концентрациях средних и выше среднего (4-10%) активность каталазы восстанавливалась медленно и возвращалась к контрольному уровню только спустя 1,5-2 года. В то же время при малых концентрациях активность каталазы восстанавливалась уже через 6 месяцев и продолжала нарастать, опережая контрольные значения и оставаясь повышенной в течение длительного времени (рис. 2А).

Динамика изменения липолитической активности нефтезагрязненных почв имела иной характер. Активность почвенной липазы при нефтяном загрязнении сначала резко падала, но уже через 2-3 месяца достигала контрольного значения и длительное время оставалась на высоком уровне, причем стимуляция активности липазы происходила пропорционально концентрации загрязнителя (в диапазоне до 15%), так же как и её ингибирование сразу после контаминации. Таким образом, при мониторинге величин активности этих двух ферментов в почвах с возможным загрязнением можно получить следующие

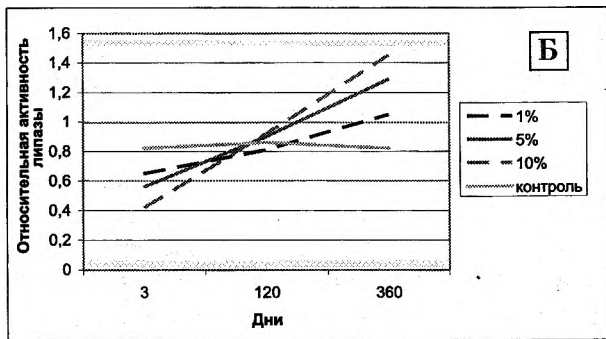
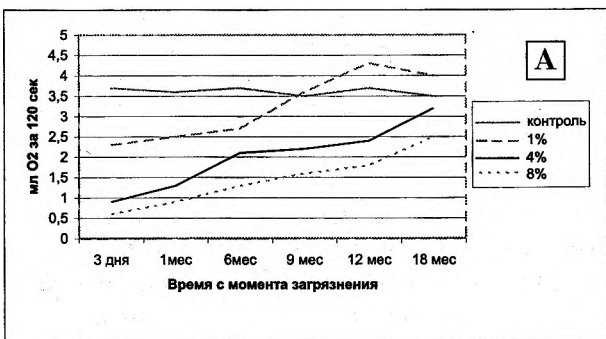
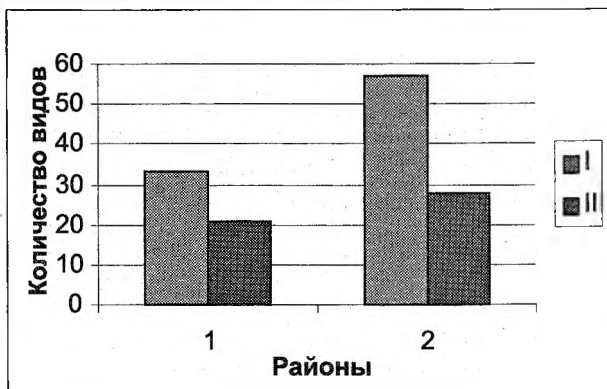


Рис. 2. Динамика изменения каталазной (А) и липазной (Б) активности со временем в почвах с разными дозами нефтяного загрязнения.



**Рис. 3.** Число видов водорослей в почвенных пробах нефтяных месторождений (I – ненарушенный участок – контроль/ II – техногенно-нарушенный участок): 1 – Уфимский район; 2 – Краснокамский район)

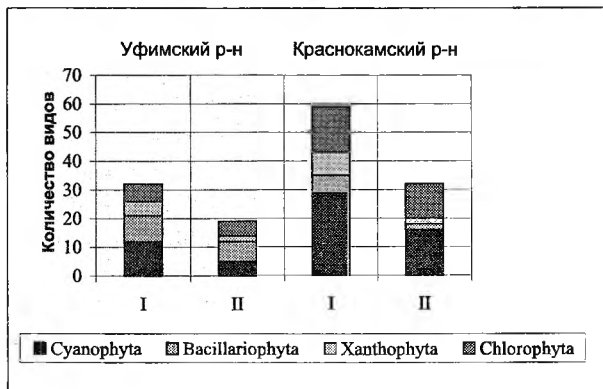
результаты: 1 – активности обоих ферментов ниже нормы. Это говорит о том, что загрязнение произошло не раньше, чем несколько месяцев назад, и чем ниже показатели, тем оно интенсивнее. 2 – уровень каталазы ниже, а липазы выше контрольного. С начала загрязнения прошло больше 3-4 месяцев, и в зависимости от соотношения активностей двух ферментов можно сделать предварительную оценку концентрации и сроков загрязнения. 3 – активности обоих ферментов слегка выше контрольных. Скорее всего, с момента загрязнения прошло больше шести месяцев, и концентрация поллютанта не превышала 2-3%.

Весьма интересные данные были получены при изучении видового разнообразия водорослей и цианобактерий в почвах нефтяных месторождений.

За весь период исследований на территории нефтяных месторождений Уфимского и Краснокамского районов обнаружено 82 вида водорослей из четырех отделов: синезелёные – 32 (39%), зелёные – 25 (30,5%), желто-зелёные – 11 (13,5%), диатомовые – 14 (17%), относящиеся к 8 классам, 13 порядкам, 25 семействам, 46 родам. Основная часть разнообразия почвенной альгофлоры выявлена на контрольных участках (74 вида, или 88%). Общими с нефтезагрязнёнными территориями являются 37 видов, или 44% выявленной на месторождениях альгофлоры.

Видовое разнообразие водорослей в контроле всегда превышало этот показатель на нарушенном участке. В Уфимском районе эта разница составляет 39,4%, а в Краснокамском – 50% (рис. 3).

В альгоценозах нефтезагрязнённых почв выявлено меньше видов водорослей (на 43%), чем в контроле, из них синезелёных –



**Рис. 4.** Число видов в отделах водорослей альгоценозов (на оси ординат) на контрольных (I) и техногенно-нарушенных (II) участках

на 23 %, зеленых – на 15%, диатомовых – на 57% и желто-зелёных – на 77% (рис. 4).

Среднее число видов в пробе ненарушенных альгоценозах в 2,7 раза выше (на 37 %), чем в нарушенных. Коэффициент сходства флористического состава Серенсена-Чекановского изученных альгоценозов нефтяных месторождений составляет 37%.

Биотестирование позволяет выявить распределение участков почвенного покрова с различной токсичностью, обусловленной как воздействием промышленных предприятий за длительный отрезок времени, так и одновременными попаданиями поллютанта в экосистему в результате аварий или утечек. По результатам биотестирования составляется карта токсичности почвенного покрова обследованной территории. Второй этап предусматривает ежегодную оценку токсичности почвы в ключевых точках. Биотестирование почвенного покрова позволит контролировать динамику накопления и разрушения токсических веществ. В конечном итоге это характеризует процессы самоочищения почвы.

Следует отметить, что биоиндикация и биотестирование нефтезагрязнённых почв рационально могут быть использованы при малых и средних концентрациях загрязнителя, до 10-15%, выше которых для большинства тест-объектов наступают абсолютно летальные концентрации. Это вполне оправдано, т. к. сильнозагрязнённые территории легко выявляются органолептически, в то время как биотестирование позволяет провести экспресс-оценку природной среды и выявить наличие загрязнения там, где это не так очевидно, но, тем не менее, губительно для экосистемы и требует рекультивационных мероприятий.

**Литература**

1. Киреева Н.А., Водопоьянов В.В., Мифтахова А.М. Биологическая активность нефтезагрязнённых почв. Уфа: Гилем, 2001. 376 с.

2. Кабиров Р.Р., Киреева Н.А., Кабиров Т.Р. Принципы составления модельных тест-систем для оценки качества окружающей среды // Актуальные проблемы регионального экологического мониторинга: научный и образовательный аспекты: Мат-лы Всеросс. научной школы, Киров, 2006. – С. 173-174.

3. Хазиев Ф.Х. Методы почвенной энзимологии. М.: Наука, 2005. 252 с.

4. Штина Э.А. Почвенные водоросли как компонент биогеоценоза // Почвенные организмы как компоненты биогеоценоза. М.: Наука, 1984. С. 66-81.

5. Ашихмина Т.Я., Домрачева Л.И., Кондакова Л.В., Дабах Е.В., Кантор Г.Я., Калинин А.А., Вараксина А.И., Огородникова С.Ю. Эколого-аналитический

мониторинг антропогенно-нарушенных почв // Вестник ВятГГУ. 2006. №14. С. 153-169

6. Кузяхметов Г.Г., Дубовик И.Е. Методы изучения почвенных водорослей: учебное пособие. Уфа: Изд-во БашГУ, 2001. 56 с.

7. Кабиров Р.Р. Альготестирование и альгоиндикация (методические аспекты, практическое использование). Уфа: БашПИ, 1985. 112 с.

8. Кабиров Р.Р., Сагитова А.Р., Суханова Н.В. Разработка и исследование многокомпонентной тест-системы для оценки токсичности почвенного покрова городской территории // Экология. 1997. №6. С. 408-411.

9. Бабьева И.П., Зенова Г.М., Биология почв М.: МГУ, 1989. 336 с.

10. Ханисламова Г.М. Использование коллембол для лабораторной оценки токсичности загрязняющих почву соединений // Проблемы охраны окружающей среды на Урале. Межвуз. сб. научн. трудов. Уфа, 1995. С. 152-157.

УДК 577.4+576.809

## **Чувствительность к арсениту натрия тест-организмов, используемых в многокомпонентной системе биотестирования качества природных сред**

**В.Н. Чупис, Е.А. Луцай, И.Н. Ларин, А.А. Загреков, Е.В. Ильина, Д.Е. Иванов**  
ФГУ Государственный научно-исследовательский институт промышленной экологии

Приведены результаты оценки влияния арсенита натрия в растворах различных концентраций на интенсивность биолуминесценции бактерий, смертность дафний и цериодафний, хемотаксическую реакцию инфузорий, двигательную активность дафний, рост хлореллы и флуоресценцию хлорофилла водоросли сценедесмус. Наибольшая чувствительность к арсениту натрия отмечена у дафний и цериодафний. Сделан вывод о целесообразности использования низших ракообразных при проведении экологического мониторинга предприятий по переработке арсенита натрия.

The results of an estimation of influence of natrium arsenite in solutions of various concentration on intensity of bioluminocity of bacteria, mortality of daphnia and ceriodaphnia, chemotaxic reaction of infusoria, impellent activity of daphnia, growth of chlorella and scenedesmus alga chlorophyll fluorescence are given. The greatest sensitivity to natrium arsenite is found for daphnia and ceriodaphnia. The conclusion about expediency of use lowest crayfishes in ecological monitoring of the enterprises on natrium arsenite processing is made.

**Введение**

Арсенит натрия образуется в процессе уничтожения боевого отравляющего вещества люизита на специальных заводах по уничтожению химического оружия (Белов и др., 2006). Для проведения эффективного биомониторинга зоны влияния опасных химических предприятий, занимающихся переработкой солей мышьяка, принципиальное значение имеет выбор тест-объек-

тов, имеющих выраженные реакции на эти вещества.

В настоящее время для проведения экотоксикологического анализа природных сред применяется система биотестов, как правило, включающая тест-организмы различных систематических групп (Кабиров и др., 1997). Достоверность оценки обеспечивается первоочередным использованием методик биотестирования, допущенных для целей государственного экологического контроля.



В связи с этим целью настоящей работы являлся поиск наиболее чувствительных к арсениту натрия тест-организмов.

Для этого нами проведено сравнительное исследование влияния растворов различных концентраций арсенита натрия на интенсивность биолюминесценции бактерий, смертность дафний и цериодафний, хемотаксическую реакцию инфузорий, двигательную активность дафний, рост хлореллы и флюоресценцию хлорофилла водоросли сценедесмус.

### **Объекты и методы исследования**

Изменение интенсивности биолюминесценции бактерий (*Escherichia coli M-17*) при воздействии различных концентраций арсенита натрия оценивали с помощью аттестованной методики (Методика., 2004). Острое токсическое действие растворов на бактерии определялось по гашению их биолюминесценции за 30-минутный период экспозиции.

Определение токсичности исследуемых растворов по реакции инфузорий оценивали по аттестованной методике (Методика., 2004). Инфузории (*Paramecium caudatum*) способны реагировать на присутствие в исследуемой среде веществ, представляющих опасность для их жизнедеятельности, и направленно перемещаться по градиенту концентраций (в направлении изменения концентраций) этих веществ (хемотаксическая реакция), избегая их вредного воздействия. Критерием токсического действия является значимое различие в числе клеток инфузорий, наблюдаемых в верхней зоне кюветы в пробе, не содержащей токсических веществ (контроль), по сравнению с этим показателем, наблюдаемым в исследуемой пробе (опыт).

Влияние растворов различных концентраций арсенита натрия на рост водоросли хлореллы (*Chlorella vulgaris* Beijer) изучали с помощью методики Ю.С. Григорьева (2004). Методика основана на регистрации различий в оптической плотности тест-культуры водоросли хлорелла, выращенной на среде, не содержащей токсических веществ (контроль), и тестируемых проб, в которых эти вещества присутствуют. Критерием токсичности воды являлось снижение на 20% (подавление роста) или увеличение на 30% (стимуляция роста) величины оптической плотности культуры водоросли, выращиваемой в течение 22 часов на тестируемом растворе, по сравнению с ее ростом на контрольной среде, приготовленной на дистиллированной воде.

Оценку изменений уровня флюоресценции хлорофилла клеток водорослей сценедесмус

(*Scenedesmus quadricauda* Breb.) под воздействием токсиканта осуществляли по методике Н.С. Жмур и Т.Л. Орловой (2001). Критерием токсичности являлось подавление уровня флюоресценции на 50% и более или стимуляция на 30% и более по сравнению с контролем в течение 96-часовой экспозиции.

Влияние растворов на смертность дафний (*Daphnia magna straus*) и цериодафний (*Ceriodaphnia affinis*) исследовали с помощью методик Н.С. Жмур (2001 а, б), позволяющих достоверно определить степень токсичности среды. Острое токсическое действие исследуемого раствора на дафний и цериодафний определяли по их смертности (летальности) за определенный период экспозиции. Критерием острой токсичности являлась гибель 50% и более тест-объектов за 96 часов в исследуемом растворе при условии, что в контрольном эксперименте их гибель не превышала 10%.

Влияние растворов на спонтанную двигательную активность дафний (*Daphnia magna straus*) оценивали следующим образом: в стаканы с культивационной водой (контроль) и тестируемыми растворами (опыт) помещали по 6 особей. Через 3, 6 и 24 часа каждую дафнию помещали в центр чашки Петри (дно расчерчено на квадраты 1 см<sup>2</sup>) и регистрировали число пересеченных квадратов за каждую минуту опыта в течение трех минут. Степень изменения активности оценивали по среднему количеству пересеченных дафниями квадратов. Статистическую обработку полученных с помощью этой методики результатов проводили по критерию Вилкоксона-Манна-Уитни (Гублер, Генкин, 1973).

### **Результаты исследований**

Установлено, что концентрации арсенита натрия 0,1 и 0,05 г/л являются сильно токсичными и значительно ингибируют интенсивность биолюминесценции бактерий (индексы токсичности, соответственно, T1=93 и T2=90). Растворы с концентрациями 0,01 и 0,005 г/л не влияли на интенсивность биолюминесценции, следовательно, не оказывали острого токсического действия (табл. 1).

Достоверное влияние арсенита натрия на рост хлореллы было отмечено (табл. 2) при концентрациях раствора 0,1 г/л (среднетоксично) и 0,2 г/л (гиперттоксично).

Химические токсиканты могут оказывать влияние на животных и растения не только в больших дозах, но и в сверхмалых. Так, например, обнаружено токсическое влияние на

# БИОИНДИКАЦИЯ И БИОТЕСТИРОВАНИЕ КСЕНОБИОТИКОВ

Таблица 1

Влияние различных концентраций арсенита натрия на интенсивность биолюминесценции бактерий (*Escherichia coli M-17*)

Концентрация арсенита натрия, г/л	Значение индекса токсичности, Т	Степень токсичности
0,1	93,00±4,04	Сильная токсичность
0,05	90,00±6,50	Сильная токсичность
0,01	0	Не токсично
0,005	0	Не токсично

Таблица 2

Оценка токсичности различных концентраций арсенита натрия по изменению оптической плотности культуры водоросли хлорелла (*Chlorella vulgaris Beijer*)

Концентрация арсенита натрия, г/л	Величина разбавления исходного раствора, %	Результат анализа (оптическая плотность)	Процентное отклонение от контроля	Степень токсичности
0,2	100	0,195±0,004	-45,5	Гипертоксично
	33	0,258±0,009	-92,5	
	11	0,214±0,004	-59,7	
	3,7	0,188±0,010	-40,3	
	1,2	0,175±0,006	-30,6	
0,1	100	0,490±0,008	-226,8	Среднетоксично
	33	0,296±0,008	-37,0	
	11	0,260±0,008	-20,4	
	3,7	0,227±0,006	-5,1	
	1,2	0,231±0,002	-6,9	
0,01	100	0,192±0,010	-2,7	Не токсично
	33	0,195±0,007	-4,3	
	11	0,197±0,008	-5,3	
	3,7	0,197±0,003	-5,3	
	1,2	0,196±0,002	-4,8	
6·10 <sup>-6</sup>	100	0,258±0,017	-24	Не токсично
6·10 <sup>-9</sup>	100	0,226±0,017	-9	Не токсично
6·10 <sup>-12</sup>	100	0,248±0,009	-20	Не токсично
6·10 <sup>-15</sup>	100	0,237±0,002	-14	Не токсично
6·10 <sup>-18</sup>	100	0,231±0,001	-11	Не токсично

дафний сверхмалых концентраций инсектицидов (Ратушняк и др., 2000). Поэтому представляет также интерес изучение биологических эффектов сверхмалых доз. Однако изученные нами малые и сверхмалые концентрации арсенита натрия не оказывали существенного влияния на рост водоросли хлореллы и хемотаксическую реакцию инфузорий.

Одноклеточная водоросль сценедесмус также показала невысокую чувствительность к арсениту натрия. При измерении флюоресценции хлорофилла водорослей стимуляция, пре-

вышающая контроль на 36,1% и 41,6%, отмечалась для растворов с концентрациями 0,2 и 0,06 г/л, что говорит об их токсичности (>30%). Растворы с концентрациями 0,02-0,006 г/л не оказывали существенного влияния на интенсивность флюоресценции хлорофилла (табл. 3).

В экспериментах по установлению острого токсического действия арсенита натрия на цериодафнии была установлена высокая (80% и 90%) летальность тест-объектов при концентрациях раствора арсенита натрия 0,006 и 0,007 г/л соответственно (табл. 4).

**Таблица 3**

Влияние растворов арсенита натрия на интенсивность флюоресценции хлорофилла водорослей *Scenedesmus quadricauda* (через 96 час. от начала биотестирования)

Концентрация арсенита натрия, г/л	Среднее значение по повторностям, у. е.	Отклонение от контроля, %	Оказывает (не оказывает) острое токсическое действие
Контроль	295,5±21,0	—	—
0,2	402,3±28,2	36,14	Оказывает
0,06	418,5±29,3	41,6	Оказывает
0,02	300,7±21,0	1,7	Не оказывает
0,007	296,5±20,8	1,0	Не оказывает
0,006	272,4±19,1	7,8	Не оказывает

Нетоксичной была концентрация 0,005 г/л (смертность не превысила 10%).

При определении острого токсического действия на дафниях в концентрациях 0,1 г/л и 0,01 г/л гибель составила 100%. Концентрация 0,005 г/л обусловила гибель 40%, 0,003 г/л – гибель 26%, 0,0025 г/л – гибель 23% особей (табл. 5). Достоверное снижение двигательной активности дафний наблюдалось под влиянием растворов арсенита натрия с концентрациями 0,2; 0,02; 0,006 г/л (табл. 6).

Данные о влиянии различных концентраций арсенита натрия на хемотаксическую реакцию инфузорий представлены в таблице 7. Высокая степень токсичности обнаружена у раствора с концентрацией 0,2 г/л. Остальные растворы являлись умеренно токсичными.

Проведённые исследования позволяют сделать вывод о том, что водоросли, инфузории и бактерии менее чувствительны к арсениту натрия, чем дафнии и цериодафнии. Следовательно для проведения биомониторинга зоны

**Таблица 4**

Оценка токсичности различных концентраций арсенита натрия по смертности цериодафний (*Ceriodaphnia affinis*)

Концентрация, (г/л)	Кол-во выживших особей, шт.	Гибель особей, %	Оказывает (не оказывает) острое токсическое действие	ЛКР <sub>50-48</sub>	БКР <sub>10-48</sub>
0,05	0	100	Оказывает	0,0058	0,0050
0,01	0	100	Оказывает		
0,005	9±0,72	10	Не оказывает		
0,003	10±0,8	0	Не оказывает		
0,0025	10±0,8	0	Не оказывает		

**Таблица 5**

Оценка токсичности различных концентраций арсенита натрия по смертности дафний (*Daphnia magna straus*).

Концентрация арсенита натрия, г/л	Количество выживших дафний	Смертность (%)	Оказывает (не оказывает) острое токсическое действие	ЛКР <sub>50-96</sub>	БКР <sub>10-96</sub>
0,1	0	100	Оказывает	0,00416	0,00234
0,01	0	100	Оказывает		
0,005	6±0,5	40	Не оказывает		
0,003	7,3±0,6	26	Не оказывает		
0,0025	7,6±0,6	23	Не оказывает		

**Таблица 6**

Влияние различных концентраций арсенита натрия на двигательную активность дафний (*Daphnia magna straus*).

Концентрация, г/л	Среднее число пересечённых квадратов через 3 час.	Среднее число пересечённых квадратов через 6 час.	Среднее число пересечённых квадратов через 24 час.
Контроль	17,2±3,2	17,2±3,2	12,8±3,2
0,2	0	0	0
0,02	6,05±2,37 <sup>1</sup>	6,1±3,6 <sup>1</sup>	0
0,006	10±3,6 <sup>2</sup>	8,4±3,9 <sup>1</sup>	12,2±4,3

**Таблица 7**

Определение острой токсичности различных концентраций арсенита натрия по хемотаксической реакции инфузорий (*Paramecium caudatum*)

Концентрации арсенита натрия, г/л	Среднее значение индекса токсичности, Т	Степень токсичности
0,2	0,93±0,01	Высокая степень токсичности
0,02	0,70±0,00	Умеренная степень токсичности
0,006	0,47±0,08	Умеренная степень токсичности
0,002	0,54±0,01	Умеренная степень токсичности
0,0006	0,47±0,03	Умеренная степень токсичности
6 · 10 <sup>-18</sup>	0,43±0,07	Допустимая степень токсичности

влияния промышленных предприятий по переработке арсенита натрия целесообразно использовать низших ракообразных как наиболее чувствительных тест-объектов.

### Литература

- Белов Ю.А., Никифоров Г.Е., Хохлов Р.В. и др. Переработка реакционной массы от детоксикации люизита в арсенит натрия гидролизный // Проблемы уничтожения и утилизации ОМП. – М.: 2006. №2. – С. 16-19.
- Григорьев Ю.С. Методика определения токсичности проб поверхностных пресных, грунтовых, питьевых, сточных вод, водных вытяжек из почв, осадков сточных вод и отходов по изменению оптической плотности культуры водоросли хлорелла. Красноярск: КГУ. – 2004. – 19 с.
- Гублер Е.В., Генкин А.А. Применение непараметрических критериев статистики в медико-биологических исследованиях. – Л.: Медицина, 1973. – 141 с.
- Жмур Н.С. Методика определения токсичности воды и водных вытяжек из почв, осадков сточных вод, отходов по смертности и изменению плодовитости дафний. – М.: Акварос, 2001а. – 48 с.
- Жмур Н.С. Методика определения токсичности воды и водных вытяжек из почв, осадков сточных

вод, отходов по смертности и изменению плодовитости цериодафний. – М.: Акварос, 2001б. – 52 с.

- Жмур Н.С., Орлова Т.Л. Методика определения токсичности вод, водных вытяжек из почв, осадков сточных вод и отходов по изменению уровня флуоресценции хлорофилла и численности клеток водорослей. – М.: Акварос, 2001. – 44 с.
- Кабиров Р.Р., Сагитова А.Р., Суханова Н.В. Разработка и использование многокомпонентной тест-системы для оценки токсичности почвенного покрова городской территории // Экология. 1997. №6. С. 408-411.
- Методика определения токсичности воды и водных вытяжек из почв, осадков сточных вод и отходов по изменению интенсивности бактериальной биолюминесценции тест-системой «Эколюм». МПР РФ. – М.: 2004. – 16 с.
- Методика определения токсичности проб вод (природных, хозяйственно-питьевых, промышленных сточных) экспресс-методом с применением прибора «Биотестер». – Санкт-Петербург: Спектр-М, 2005. – 13 с.
- Ратушняк А.А., Андреева М.Г., Махнин В.Г. Эффект действия малых и сверхмалых доз пиретроидов на *Daphnia magna*. // Токсикологический вестник. 2000. №2, март-апрель. – С. 17-23.



**Высокоэффективная технология комплексной переработки растительного сырья и получение препаратов для сельского хозяйства**

**Т.В. Хуршкайнен, Н.Н. Скрипова, А.В. Кучин**  
 Институт химии Коми научного центра Уральского отделения РАН

Разработан эмульсионный способ извлечения биологически активных веществ из отходов древесной зелени, которые образуются в процессе лесозаготовок и лесопиления. Новый экологически безопасный метод переработки растительного сырья позволяет выделять физиологически активные природные соединения и использовать их в сельском хозяйстве в качестве ростстимулирующих и фунгицидных препаратов, а также в медицине для создания лекарственных средств широкого спектра действия. Планируется получение витаминной кормовой добавки для птицеводства и животноводства.

An emulsion method of extraction of biologically active substances from vegetative raw material is developed. On its basis the new biopreparation «Verva» is created. This preparation is a regulator of plants growth with fungicide action.

Фундаментальные и прикладные исследования в области химии и технологии природных соединений представляют научную основу комплексного и рационального использования растительного сырья, имеют важное народнохозяйственное значение. Запасы возобновляемого растительного сырья в Республике Коми необычайно велики и при разумном использовании могут стать неисчерпаемым источником производства высокоценных препаратов.

Комплексное рациональное использование лесных ресурсов предусматривает переработку отходов древесной зелени, которые образуются в процессе лесозаготовок и лесопиления. Основная масса отходов не перерабатывается и остается на лесосеках, только незначительная часть хвойной лапки (пихты, сосны и ели) идет на переработку для получения хвойных эфирных масел, хвойного экстракта, хлорофилл-каротиновой пасты и др.

Компоненты экстрактивных веществ древесной зелени обладают высокой физи-

ологической активностью и могут быть использованы в сельском хозяйстве в качестве ростстимулирующих и фунгицидных препаратов, а также для создания лекарственных средств широкого спектра действия с иммунотропной, антивирусной, противовоспалительной активностью, с витаминной и бактерицидной активностью.

Для выделения биологически активных соединений из древесной зелени хвойных и лиственных пород применяются различные технологии с использованием органических растворителей – пожароопасных и токсичных реагентов. В Институте химии Коми научного центра разработан эмульсионный способ извлечения биологически активных веществ из растительного сырья [1]. Это новый экологически безопасный метод переработки с использованием водных растворов оснований. Эмульсионный способ экстракции растительного сырья позволяет выделять природные соединения и использовать их в медицине, сельском хозяйстве и т. п.

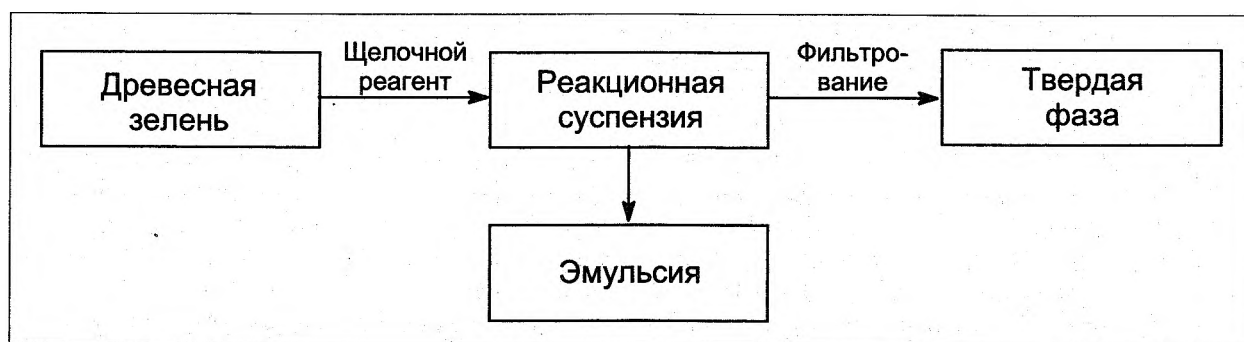
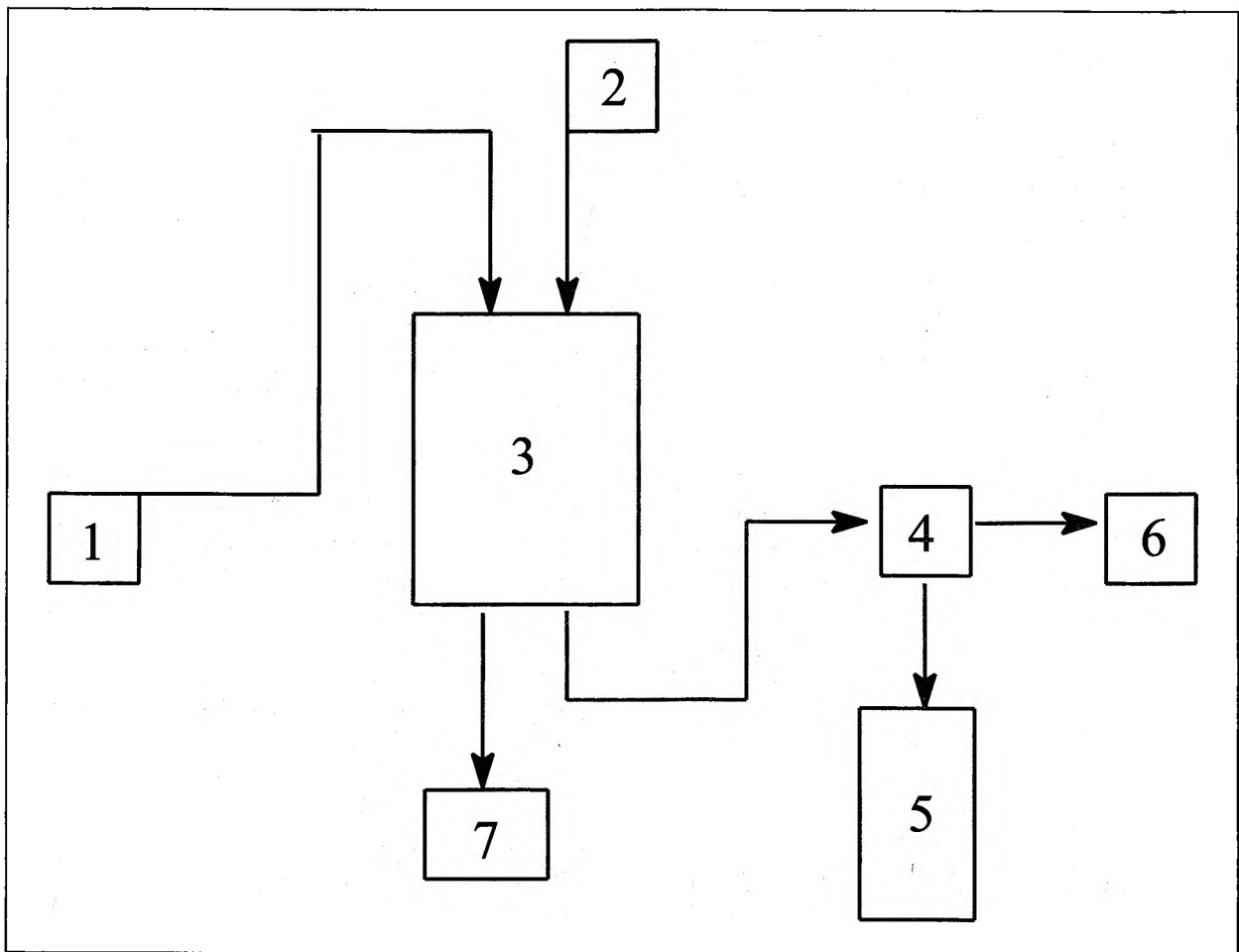


Рис. 1. Способ эмульсионного выделения экстрактивных веществ



**Рис. 2.** Принципиальная технологическая схема извлечения экстрактивных веществ из растительного сырья.

1 – мельница для размола сырья. 2 – ёмкость для экстрагента. 3 – экстрактор. 4 – вакуумный испаритель. 5 – сборник экстракта. 6 – сборник эфирного масла. 7 – сборник для шрота.

На рисунке 1 представлен эмульсионный способ извлечения экстрактивных веществ из древесной зелени.

В процессе изучения способа эмульсионной экстракции проводились экспериментальные исследования зависимости выхода экстрактивных веществ от условий эмульсионной экстракции древесной зелени – концентрации водно-щелочного раствора и поверхностно-активных веществ, температуры и времени проведения процесса. Установлено, что при оптимальных условиях выделения степень извлечения экстрактивных веществ увеличивается по сравнению с бензиновой экстракцией в 1,5-1,8 раза [2].

На основе полученных экспериментальных данных разработана технологическая схема переработки растительного сырья (рис. 2) с использованием автоматизированного реакционно-фильтрационного модуля. Модуль представляет собой комбинированный аппарат с высокоэффективным режимом пульсацион-

ного перемешивания и фильтрования в одном объёме. К преимуществам пульсационного аппарата относятся: простота конструкции и обслуживания, отсутствие механического привода и связанная с этим полная герметичность рабочего объёма, исключение возможности попадания туда посторонних примесей, пожаро- и взрывобезопасность.

Как уже упоминалось, экстрактивные вещества древесной зелени обладают высокой биологической активностью. Отличительной особенностью пихты является наличие в ней ланостановых тритерпеноидов [3]. В других хвойных породах они не обнаружены. Изучение влияния этих тритерпеноидов на важнейшие сельскохозяйственные растения показало, что они повышают урожайность сельскохозяйственных культур, скорость прорастания семян, снижают заболеваемость растений [4].

Современные прогрессивные технологии возделывания сельскохозяйственных культур

должны обеспечивать получение высоких урожаев качественной продукции с минимизацией отрицательного воздействия на окружающую среду. Экологическая безопасность сельскохозяйственного производства требует сокращения объёма использования химических средств защиты. В качестве альтернативы им особого внимания заслуживает применение природных биологически активных веществ, повышающих устойчивость растений к патогенам, а также стимулирующих продуктивность сельскохозяйственных культур.

На основе тритерпеноидов древесной зелени пихты, извлекаемых в процессе эмульсионной экстракции, разработан новый высокоэффективный натуральный биопрепарат «Вэрва» – регулятор роста растений с фунгицидным действием [5]. По своей активности новый препарат не уступает известным аналогам «Силк» и «Новосил». Важным преимуществом биопрепарата «Вэрва» является то, что при его производстве не используются органические растворители, т. е. он получен экологически безопасным способом. Биопрепарат не загрязняет сельскохозяйственную продукцию и окружающую среду.

Биопрепарат «Вэрва» прошёл многолетние испытания в Научно-исследовательском и проектно-технологическом институте агропромышленного комплекса Республики Коми на картофеле, овощных культурах, многолетних травах. Испытания биопрепарата на посевах картофеля показали, что обработка клубней и растений в период вегетации способствует достоверному повышению ранней урожайности на 12-20% и общей урожайности на 15-20%. Установлено, что обработка картофеля препаратом снижает восприимчивость картофеля к таким болезням, как ризоктониоз, фитофтороз и альтернариоз. Химический анализ клубней показал, что применение биопрепарата не влияет на качество картофеля.

В исследованиях на моркови столовой отмечено повышение содержания сахара на 0,7%, витамина С на 0,3-0,4 мг/% и такого ценного показателя, как содержание каротина – от 2,2 до 6,4 мг/%. Обработка посевов моркови в период вегетации повысила сохранность корнеплодов за 7 месяцев хранения до 75-92% против 57% – без обработки препаратом.

В результате испытаний биопрепарата «Вэрва» установлено, что он не уступает по своей активности известным аналогам. Препарат опробован в сельхозпредприятиях Республики Коми и других регионов России

на различных культурах, отмечен дипломами на российских и международных выставках, золотой медалью IV Международного московского салона инноваций и инвестиций. Распоряжением Правительства Республики Коми от 18.08.2006 г. за цикл работ по теме «Разработка комплексной технологии переработки растительного сырья и получение высокоэффективного препарата «Вэрва» коллектив авторов награжден премией Правительства Республики Коми. Препарат «Вэрва» прошел Государственную регистрацию и разрешён к продаже в России.

В настоящее время проводится изучение эмульсионного способа переработки древесной зелени ели и березы – основных лесобразующих пород Коми Республики. Известно, что продукты переработки древесной зелени ели обладают репеллентной и инсектицидной активностью в отношении вредителей и могут быть рекомендованы в качестве средства защиты растений различных сельскохозяйственных культур [6].

Листья и кора берёзы содержат тритерпеноиды даммаранового ряда, по структуре сходные с агликонами гликозидов женьшеня. Установлено, что тритерпеноиды берёзы проявляют гемолитическую и противоопухолевую активность [7]. Переработка древесной зелени березы новым эмульсионным способом позволит извлекать тритерпеноиды водными растворами оснований. Тритерпеноиды берёзы могут быть использованы в качестве исходного материала для синтеза аналогов гликозидов женьшеня.

Набор ценных природных соединений, которые содержатся в биопрепарате «Вэрва», позволяет предложить его в качестве кормовых добавок для животных и антисептического средства. Предварительные испытания препарата «Вэрва» и его фракций на теплокровных животных в Кировской государственной медицинской академии показали адаптогенный эффект – устойчивость к заболеваниям и физическим нагрузкам.

При концентрировании препарата «Вэрва» из флорентинной воды с выходом до 1% от веса абсолютно сухого сырья выделены эфирные масла, основным компонентом которых является борнеол. Эфирные масла, обладающие широким спектром биологического действия, являются товарным продуктом переработки растительного сырья. Борнеол применяется в медицине в качестве антисептического, противовирусного, антидепрессивного средства, в парфюмерно-косметичес-

## Литература

кой, деревообрабатывающей промышленно-сти, сельском хозяйстве и других отраслях производства.

Из отходов переработки древесной зелени планируется также получение витаминной добавки для птицеводства и животноводства. В хвое содержатся полипренолы – иммуномодулирующие вещества, используемые при лечении различных нарушений равновесия в иммунной системе живых организмов. Известно, что введение кормовой муки из отходов древесной зелени стимулирует продуктивность птиц и животных, повышает их иммунитет [8].

Таким образом, разработана новая ресурсосберегающая, экологически безопасная технология переработки растительного сырья. В технологическом цикле не используются токсичные и экологически опасные вещества и реагенты. Кроме того, внедрение такой технологии переработки растительного сырья позволяет в одном потоке получать стимуляторы роста и средства защиты растений, эфирные масла и кормовые добавки за счёт использования возобновляемых природных видов сырья и менее энергоёмких процессов. На основе выделенных низкомолекулярных компонентов древесной зелени хихты получен высокоэффективный препарат «Вэрва» для сельского хозяйства.

1. Карманова Л.П., Кучин А.В., Королева А.А., Хуршкайнен Т.В., Сычев Р.Л. Эмульсионный способ выделения липидов. // Патент № 2117487, БИ № 23, 1998
2. Хуршкайнен Т.В. Выделение и исследование кислых компонентов липидов древесной зелени хихты (*Abies sibirica*) и ели (*Picea sibirica*). Автореф ... дис. канд. наук, М., 2004. 26 с.
3. Ралдугин В.А., Шевцов С.А. Тритерпеноиды растений рода *Abies* Hill. // Химия природных соединений, 1990, № 4. С.443.
4. Чекуров В.М., Сычев И.П., Сычев А.И., Ралдугин В.А. Способ защиты картофеля и овощных культур от болезней. Патент № 2083110, БИ № 6, 1994.
5. Кучин А.В., Хуршкайнен Т.В., Кучин В.А., Скрипова Н.Н. Регулятор роста растений с фунгицидным действием «ВЭРВА». Патент № 2298327, БИ № 13, 2006.
6. Черменская Т.Д. Вторичные метаболиты растений и перспективы их использования при защите тепличных культур от вредителей и патогенов. Автореф ... дис. канд. с.-х. наук. Спб., 2000. 24 с.
7. Похилло Н.Д., Уварова Н.И. Тритерпеноиды даммаранового ряда различных видов рода *Betula*. // Химия в интересах устойчивого развития, 1998 г., № 6, с. 461.
8. Ягодин В.И. Основы химии и технологии переработки древесной зелени. Издательство ЛГУ, Ленинград. 1981. с.131.

## Реакции растений на действие метилфосфоновой кислоты

С.Ю. Огородникова, Т.К. Головки, Т.Я. Ашихмина

Институт биологии Коми научного центра Уральского отделения РАН

Исследовано влияние фосфорорганического ксенобиотика – метилфосфоновой кислоты (МФК) на жизнедеятельность культурных (ячмень, пелюшка) и дикорастущих растений (клевер ползучий, подорожник большой, одуванчик лекарственный, чина луговая, бодяк полевой, лютик едкий, ежа сборная). Установлено, что МФК вызывает в растениях окислительный стресс и влияет на важнейшие процессы жизнедеятельности – рост, накопление биомассы, дыхание, тепловыделение и содержание пигментов. Предложена схема действия МФК, сделано заключение об опасности появления в окружающей среде устойчивых продуктов деструкции фосфорсодержащих отравляющих веществ.

The influence of phosphororganic xenobiotic - methylphosphonic acid (MPA) on cultural (barley, fodder pea) and wild plants (*Amoria repens*, *Plantago major*, *Taraxacum officinale*, *Lathyrus pratensis*, *Pisum arvense*, *Ranunculus acris*, *Dactylis glomerata*) was investigated. It was shown that MPA causes oxidative stress in plants, effects on plant growth, accumulation of biomass, rates of respiration, heat production and pigment complex. The scheme of MPA action was offered.

Химическое загрязнение биосферы является одной из серьезных экологических проблем. Растения в связи с неподвижным образом жизни и как основной компонент экосистем в первую очередь подвергаются воздействию загрязняющих веществ. Поллютанты оказывают токсическое действие на растительный организм: индуцируют развитие окислительного стресса [1], подавляют активность ферментов [2], повреждают фотосинтетический аппарат [3], нарушают развитие вегетативных и генеративных органов [4], что приводит к нарушению роста и развития, а иногда и гибели растений. Поэтому под влиянием загрязняющих веществ снижается продуктивность и изменяется структура растительного покрова.

Среди химических загрязнителей наибольшую опасность для живых организмов и природных комплексов представляют вещества, чуждые биосфере, – ксенобиотики. К ксенобиотикам относятся и фосфорорганические соединения – фосфонаты, которые широко применяются в качестве пестицидов (гербициды, нематоциды, фунгициды, регуляторы роста и др.). Наиболее токсичные соединения данного класса составляют основу фосфорсодержащих отравляющих веществ (зарин, зоман, Vx-газы). В соответствии с Конвенцией о запрещении разработки, производства, накопления и применения химического оружия и его уничтожения в ряде регионов РФ начато строительство объектов по уничтожению химического оружия [5]. Одним из таких регионов является Кировская область, где сосредоточено 17,4%

от общего запаса химического оружия России, большая часть из которого – фосфорсодержащие отравляющие вещества.

При функционировании объекта по уничтожению химического оружия возможно появление в окружающей среде большого числа продуктов деструкции отравляющих веществ [6]. Конечным продуктом гидролиза в природном комплексе фосфорсодержащих отравляющих веществ является устойчивая к разложению в природе метилфосфоновая кислота. Известно, что она сохраняется в почве десятилетиями и характеризуется низкой токсичностью для млекопитающих [7, 8]. Сведения об эффектах МФК на растения практически отсутствуют. Ранее нами было показано, что МФК вызывает ингибирование прорастания семян, торможение роста и развития проростков ячменя и пелюшки [9, 10]. Выявленные нами эффекты подтверждены в опытах на проростках подсолнечника [11].

Целью данной работы было изучение реакции культурных и дикорастущих видов растений на действие метилфосфоновой кислоты разной концентрации. Функциональное состояние растений оценивали по показателям линейного роста, накопления биомассы, дыхания, тепловыделения, состояния пигментного комплекса и активности перекисного окисления липидов.

### Материал и методы

Исследования проводили на культурных одно- и двудольных растениях: ячмень



(*Hordeum vulgare* L.) сорта Новичок и пелюшка (*Pisum arvense* L.) сорта Надежда, и дикорастущих растениях, широко распространённые в естественных фитоценозах: клевер ползучий (*Trifolium repens* L.), подорожник большой (*Plantago major* L.), одуванчик лекарственный (*Taraxacum officinale* Wigg.), чина луговая (*Lathyrus pratensis* L.), мышиный горошек (*Vicia cracca* L.), бодяк полевой (*Cirsium arvense* (L.) Scop.), лютик едкий (*Ranunculus sceleratus* L.), ежа сборная (*Dactylis glomerata* L.), мятлик луговой (*Poa pratensis* L.), пырей ползучий (*Agropyron repens* (L.) Beauv.).

В опытах применяли метилфосфоновую кислоту фирмы Lancaster (Англия), содержащую 98% действующего вещества, из которой были приготовлены растворы разной концентрации (0,0005 – 0,1 моль/л) для опрыскивания растений. Опыты проводили в лабораторных и полевых условиях.

Влияние МФК на растения ячменя изучали в вегетационном и полевом опытах. Растения выращивали в климатической камере ВКШ-0.6 (Россия) на питательном растворе, который подавали с учётом скорости роста растений. В полевых опытах ячмень выращивали на участке со среднеокультуренной подзолистой почвой в соответствии в агротехническими рекомендациями. В обоих случаях проводили однократное опрыскивание растений (до полного смачивания) растворами МФК разной концентрации в фазу 3-4 листьев. Растения пелюшки выращивали в полевых условиях. На 20-й день после всходов (фаза вегетативного роста) растения опрыскивали растворами МФК. Для изучения влияния МФК на ростовые процессы и накопление биомассы отбирали по 30 растений каждого варианта. Определяли линейные размеры, массу сырых и сухих органов.

При исследовании состояния растений природной флоры на злаково-разнотравном лугу закладывали площадки по 1 м<sup>2</sup> с однородным травостоем. Опрыскивание растений проводили в конце июня однократно. Действие МФК изучали на сходных по развитию растениях, с опытных площадок отбирали 10-15 растений каждого вида.

Дыхание измеряли по поглощению O<sub>2</sub> манометрическим методом при 20°C [12]. Скорость выделения метаболического тепла тканями растений измеряли на микрокалориметре «Биотест-2» (ИБП, Пущино, Россия). Содержание хлорофиллов и каротиноидов в зрелых листьях определяли спектрофотометрически на СФ-46 («Ломо», Россия) [13]. Интенсивность перекисного окисления липидов (ПОЛ) анализировали по цветной реакции тиобарбитуровой кислоты (ТБК) с малоновым диальдегидом, образующимся в процессе ПОЛ [14].

Все опыты проводили в 3-4-кратной биологической повторности, аналитические определения проводили в 3-6-кратной повторности в зависимости от показателя. Полученные данные обрабатывали с использованием стандартных статистических методов [15]. На рисунках 1-3, 5 и в таблицах 1-3 приведены средние арифметические величины со стандартным отклонением.

### Результаты и их обсуждение

Опрыскивание надземной части растений МФК приводило к ингибированию ростовых процессов. В опытах с 0,01 моль/л МФК выявили снижение роста и накопления биомассы растений (табл. 1). Так, через 2 недели после обработки у молодых растений ячменя длина корней и высота побегов была на 40% меньше, чем в контроле.

Таблица 1

Влияние метилфосфоновой кислоты на рост и накопление биомассы ячменя

Вариант	Длина, см		Сухая биомасса, мг	
	Побег	Корень	Побег	Корень
Контроль	53.7±3.2	29.5±4.2	160.3±26.4	47.1±2.9
0.0005	51.8±2.9	32.5±4.2	177.0±18.6	47.0±1.3
0.01	41.5±3.0*	17.4±2.5*	104.9±21.7*	29.0±2.9*

Примечание \* P<0.05

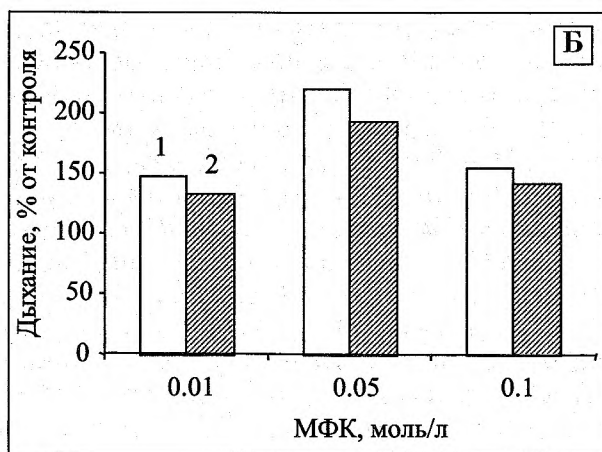
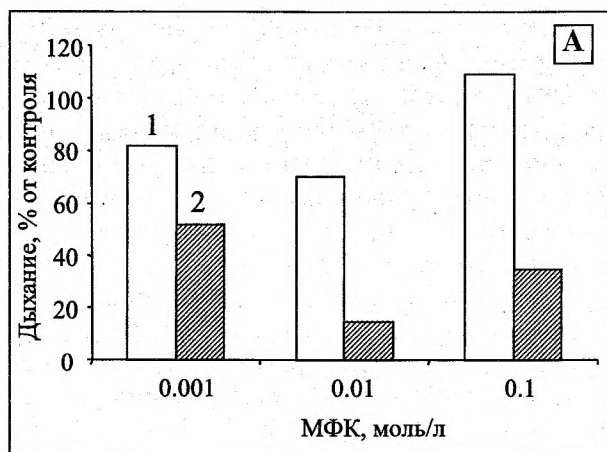


Рис. 1. Изменение дыхательной активности ячменя (А) и подорожника большого (Б) под влиянием метилфосфоновой кислоты. 1 – листья, 2 – корни

ле. Наряду с торможением линейного роста снижались темпы накопления биомассы. Биомасса опытных растений не превышала 65% от контрольных. Угнетение роста и накопления биомассы корней свидетельствует о том, что МФК хорошо поглощается листовой поверхностью, обладает системным действием и транспортируется по сосудистой системе в корни. Сходные эффекты ранее мы отмечали на растениях ячменя и пелюшки при другом способе обработки – добавлении МФК в среду выращивания [9,16]. Следовательно, МФК вызывает ингибирование ростовых процессов, независимо от способов обработки.

Замедление роста является ответной реакцией растений на действие стресс-факторов и, по-видимому, направлено на расширение энергетических возможностей для адаптации растительного организма к дей-

ствию стрессора. Для оценки влияния МФК на энергопластический обмен растений изучали активность дыхания и скорость тепловыделения. Дыхание как процесс, связанный с различными сторонами жизнедеятельности растений, является хорошим показателем метаболической активности и её изменений под влиянием факторов среды [17].

Результаты опытов свидетельствуют о том, что МФК вызывала изменение дыхательной активности растений. В полевом опыте обработка ячменя растворами МФК приводила к угнетению дыхания (рис. 1А). При этом корни реагировали на МФК сильнее, чем листья. У подорожника большого, напротив, отмечали возрастание дыхания под действием МФК в концентрациях 0,01, 0,05 и 0,1 моль/л (рис. 1Б). Однако прямой зависимости между действующей концентрацией МФК и усилением дыхания не выявлено. Потребление кислорода повышалось максимально при действии 0,05 моль/л МФК. Увеличение концентрации МФК до 0,1 моль/л приводило к снижению поглощения  $O_2$ , что может быть результатом подавления активности ферментов дыхательного пути и/или угнетения обменных процессов в повреждённых тканях.

Обработка МФК (0,1 моль/л) вызывала активацию дыхательного газообмена в листьях одуванчика лекарственного, лютика едкого и бодяка полевого (рис. 2). Так, на 6-й день после применения МФК дыхание одуванчика лекарственного повышалось на 40%, а лютика едкого и бодяка полевого на 25-27%.

Таким образом, обработка МФК оказывала влияние на дыхательную активность

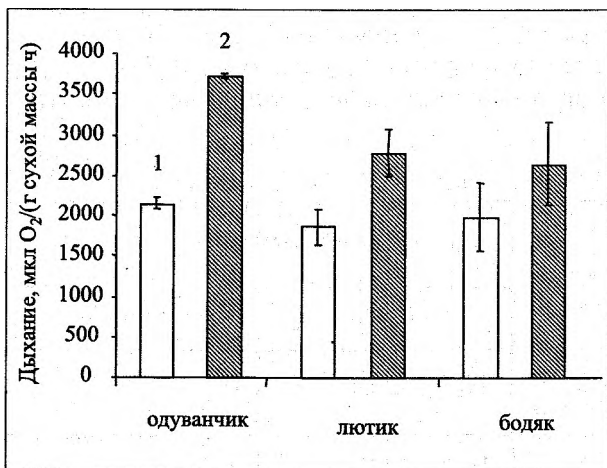


Рис. 2. Влияние метилфосфоновой кислоты на дыхание листьев. 1 – контроль, 2 – МФК (0,1 моль/л)

растений. Во всех случаях, за исключением ячменя, происходило возрастание дыхания, что связано с увеличением энергетических затрат на поддержание функциональной активности клеток и репарацию повреждений клеточных структур [18,17]. Снижение скорости дыхания, скорее всего, свидетельствует об угнетении функциональной активности растений под действием стрессора – МФК.

Информативным показателем функционального состояния растения является выделение метаболического тепла [17]. Тепловыделение коррелирует с изменениями всех анаболических и катаболических процессов в живом организме и служит показателем эффективности использования энергии. Как видно из рисунка 3, под действием различных концентраций МФК скорость тепловыделения корней пелюшки повышалась в 1,5-2 раза. По-видимому, МФК вызывала повреждение клеток и ускоряла катаболические процессы, связанные с рассеиванием энергии. Таким образом, установленные нами изменения дыхательной активности и скорости тепловыде-

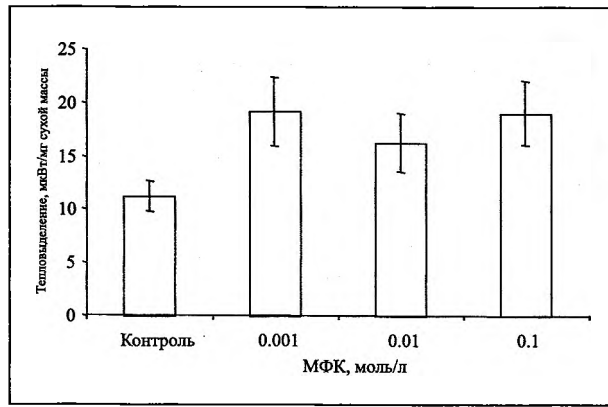


Рис. 3. Изменение тепловыделения корней пелюшки под влиянием метилфосфоновой кислоты

ления растений свидетельствуют о нарушении энергопластического обмена под действием МФК.

Растения являются автотрофными организмами, и способность противостоять стрессу во многом зависит от сохранности фотосинтетического аппарата. Обработка МФК вызывала нарушения в пигментном комплексе листьев, причём реакция пигментного комплекса зависела от вида растений и концентрации кислоты (табл. 2). Под влиянием МФК в концентрациях 0,001-0,1 моль/л происходило достоверное снижение содержания зелёных пигментов в листьях ячменя. Жёлтые пигменты отличались повышенной устойчивостью к действию МФК.

Обработка 0,1 моль/л МФК вызывала появление на листьях злаков (ячмень, ежа сборная, мятлик луговой, пырей ползучий) небольших хлорозных пятен. У подорожника большого листья не имели видимых повреждений, но содержание зелёных и жёлтых пигментов в них существенно снижалось, на 35-40%, под действием 0,1 моль/л МФК.

МФК в концентрации 0,05 и 0,1 моль/л вызывала видимые повреждения листьев пелюшки, клевера, чины и одуванчика. Наблюдалась потеря тургора, появление хлорозных и некротических пятен. Так, при действии МФК 0,1 моль/л содержание зелёных и жёлтых пигментов в листьях пелюшки снизилось на 20-25% по сравнению с контролем. Достоверное уменьшение содержания пигментов в листьях клевера выявили при действии МФК в концентрации 0,05 моль/л.

Можно полагать, что снижение содержания хлорофиллов в листьях при обработке растений МФК происходило в результа-

Таблица 2

Влияние метилфосфоновой кислоты на содержание пигментов в листьях

Вариант	Содержание пигментов, мг/г сухой массы	
	Сумма хлорофиллов (a+b)	Каротиноиды
Подорожник большой		
Контроль	5.86±0.36	1.81±0.22
0.01	5.09±0.28	1.82±0.29
0.05	5.32±0.65	1.81±0.25
0.1	3.65±0.32*	1.19±0.05*
Клевер ползучий		
Контроль	8.54±0.73	2.62±0.15
0.01	7.48±0.64	2.62±0.13
0.05	6.59±0.42*	2.54±0.19
0.1	5.06±0.21*	2.12±0.24
Пелюшка		
Контроль	4.12±0.02	2.07±0.01
0.001	5.08±0.22*	2.38±0.19
0.01	4.06±0.29	1.83±0.02*
0.1	3.46±0.07*	1.55±0.17*
Ячмень		
Контроль	6.59±0.09	2.56±0.21
0.001	5.21±0.24*	2.22±0.34
0.01	5.70±0.26*	2.33±0.11
0.1	5.77±0.41*	2.29±0.07

Примечание \* – P ≤ 0,05

**Таблица 3**

Содержание малонового диальдегида в листьях растений после обработки метилфосфоновой кислотой (0,1 моль/л)

Вид	МДА, мкмоль/г сырой массы	
	Контроль	Опыт
Подорожник большой	4.32±0.27	7.27±0.33*
Лютик едкий	2.46±0.06	3.81±0.33*
Одуванчик лекарственный	4.0±0.08	5.53±0.43*
Бодяк полевой	2.55±0.25	3.48±0.42
Пелюшка	1.73±0.05	2.30±0.06*
Ячмень	2.54±0.04	2.80±0.02*

Примечание \* -  $P \leq 0,05$

те деструкции (окисления) молекул пигментов и/или ингибирования ферментов синтеза хлорофиллов. Известно, что производное метилфосфоновой кислоты – N-(фосфонометил) глицин подавляет биосинтез предшественника хлорофилла – 5-аминолевулиновой кислоты [19].

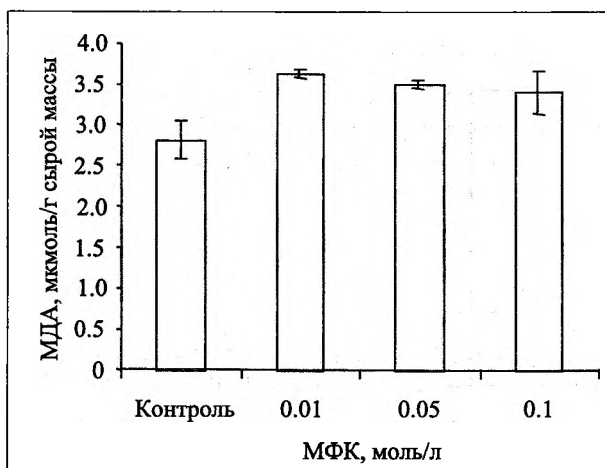
Многие стрессоры индуцируют образование активированных форм кислорода (АФК), которые вызывают повреждение клеточных структур [13,18]. Судя по наблюдаемым эффектам на фотосинтетический аппарат и дыхание, можно предположить, что МФК усиливает окислительные процессы в тканях растений. Уровень окислительного стресса мы оценивали по накоплению в тканях продукта перекисного окисления мембранных липидов малонового диальдегида (МДА). Как видно из таблицы 3, на второй день после обработки 0.1 моль/л МФК уровень МДА повышался у всех исследованных видов растений, что является следствием усиления перекисного окисления липидов (ПОЛ). Важно отметить, что наряду с активацией ПОЛ в листьях происходило накопление МДА в корнях растений (рис. 4). Увеличение содержания МДА в тканях опытных растений свидетельствует об усилении генерации активных форм кислорода, которые приводят к окислению биологических молекул и повреждению клеточных мембран.

Таким образом, результаты показывают, что МФК вызывает в растениях окислительный стресс и влияет на важнейшие

процессы жизнедеятельности – рост, накопление биомассы, фотосинтез, дыхание и тепловыделение. Другими словами, МФК в сравнительно низких концентрациях (0,001-0,1 моль/л) оказывает комплексное воздействие на растительный организм. На основе полученных данных можно представить следующую схему действия МФК (рис. 5).

Даже при однократном воздействии МФК вызывает увеличение содержания АФК в тканях растений (окислительный стресс), о чём свидетельствует возрастание активности перекисного окисления липидов. Избыточная генерация АФК приводит к снижению функциональной активности белков, повреждению клеточных структур и нарушению интенсивности метаболизма [20]. О нарушении метаболизма свидетельствуют изменение дыхательной активности и тепловыделения растений, обработанных МФК.

Снижение содержания хлорофиллов связано с ингибированием МФК ферментов их биосинтеза. Нарушение метаболизма приводит к угнетению роста и накопления биомассы опытных растений. Продолжительное действие МФК при выращивании на питательном растворе с добавлением МФК [9,15] и/или обработка растений МФК в концентрациях 0,1 моль/л и выше вызывают необратимые повреждения (образование на листьях некрозов, засыхание и отмирание листьев, верхушечных почек). В случае, когда сила действия стресс-фактора (МФК) превышает адаптивные возможности организма, они погибают.



**Рис. 4.** Влияние метилфосфоновой кислоты на активность перекисного окисления липидов в корнях подорожника большого

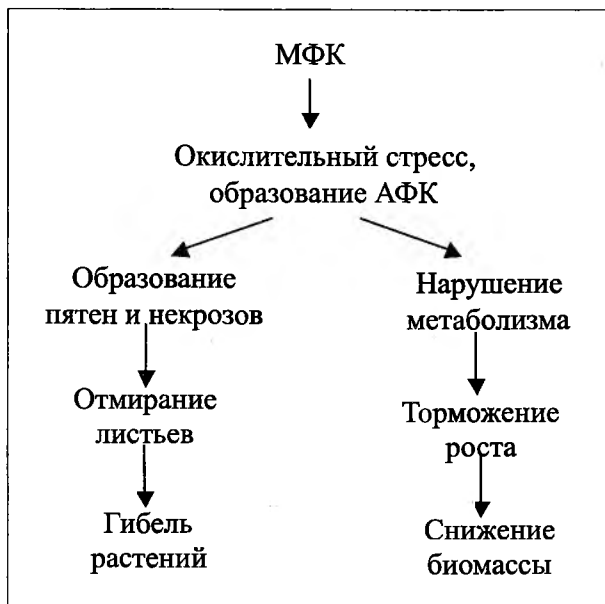


Рис. 5. Схема стрессорного действия метилфосфоновой кислоты на растения

Таким образом, выявленные нами эффекты метилфосфоновой кислоты на жизнедеятельность растений указывают на опасность появления в окружающей среде устойчивых продуктов деструкции фосфорсодержащих отравляющих веществ.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ №04-04-48255 и Интеграционно-го гранта УрО РАН по проекту № 49.

### Литература

1. Минибаева Ф.В., Гордон Л.Х. Продукция супероксида и активность внеклеточной пероксидазы в растительных тканях при стрессе // Физиология растений. 2003. Т. 50. №3. С. 459-464.
2. Пахомова В.М. Основные положения современной теории стресса и неспецифический адаптационный синдром у растений // Цитология. 1995. Т.37. Вып. 1 /2. С. 66.
3. Малева М.Г., Некрасова Г.Ф., Безель В.С. Реакция гидрофитов на загрязнение среды тяжёлыми металлами // Экология. 2004. № 4. С. 266-272.
4. Меннинг У.Д., Федер У.А. Биомониторинг загрязнения атмосферы с помощью растений. Л.: Гидрометеоздат, 1985. 144 с.
5. Петров С.В. Основные проблемы уничтожения химического оружия в Российской Федерации // Российский химический журнал. 1993. Т. 37. №3. С. 5-7.
6. Ашихмина Т.Я. Комплексный экологический мониторинг объектов хранения и уничтожения химического оружия. Киров: Вятка, 2002. 544 с.

7. Кононова С.В., Несмеянова М.А. Фосфонаты и их деградация микроорганизмами // Биохимия. 2002. Т. 67. № 2. С. 220-233.
8. Савельева Е.И., Зенкевич И.Г., Кузнецова Т.А., Радиллов А.С., Пшеничная Г.В. Исследование продуктов превращений фосфорорганических отравляющих веществ методом газовой хроматографии – масс-спектрометрии // Российский химический журнал. 2002. Т. 46. № 6. С. 82-91.
9. Огородникова С.Ю., Головки Т.К., Ашихмина Т.Я. Действие метилфосфоновой кислоты на рост и развитие проростков ячменя // Актуальные проблемы регионального экологического мониторинга: Матер. Всерос. науч. школы. Киров: Изд-во Старая Вятка, 2003. С. 215-218.
10. Огородникова С.Ю., Головки Т.К. Действие низких концентраций метилфосфоновой кислоты на проростки пелюшки // Агрехимический вестник. 2004. № 3. С. 26-27.
11. Скоробогатова В.И., Щербаков А.А., Сотников Н.В., Щербакова Л.Ф., Федоров Е.Е., Любунь Е.В., Крючкова Е.В. Воздействие фосфорорганических загрязнителей на растения // Молекулярные механизмы взаимодействия микроорганизмов и растений: фундаментальные и прикладные аспекты. Матер. Всерос. конференции. Саратов: Изд-во Научная книга, 2005. С. 44-45.
12. Семихатова О.А., Чулановская М.В. Манометрические методы изучения дыхания и фотосинтеза. М.: Наука, 1965. 168 с.
13. Шлык А.А. Определение хлорофиллов и каротиноидов в экстрактах зелёных листьев // Биохимические методы в физиологии растений. М.: Наука, 1971. С. 154-171.
14. Лукаткин А.С. Холодовое повреждение теплолюбивых растений и окислительный стресс. Саранск: Изд-во Мордовского ун-та, 2002. 208 с.
15. Лакин Г.Ф. Биометрия. М.: Высшая школа, 1973. 343 с.
16. Огородникова С.Ю., Головки Т.К. Влияние метилфосфоновой кислоты на растения пелюшки // Агрехимия. 2005. №4. С. 37-41.
17. Головки Т.К. Дыхание растений (физиологические аспекты). СПб.: Наука, 1999. 204 с.
18. Семихатова О.А. Энергетика дыхания растений в норме и при экологическом стрессе. Л.: Наука, 1990. 72 с.
19. Гольдфельд М.Г., Каралетян Н.В. Физико-химические основы действия гербицидов // Итоги науки и техники. Биологическая химия. Т. 30 М., 1989. 164 с.
20. Alexieva V., Ivanov S., Sergiev I., Karanov E. Interaction between stresses // Bulg. J. Plant Physiol. 2003. Special Issue. P. 1-17.
21. Finkel T. Redox-dependent signal transduction // FEBS Letters. 2000. V. 476. P. 52-54.



**Адаптивные реакции растений на факторы кислотности  
и токсичности алюминия**

**И.Г. Широких**

Институт биологии Коми научного центра Уральского отделения РАН

В лабораторных опытах оценивали сортовую реакцию проростков озимой ржи и ячменя на факторы кислотности и токсичности алюминия по показателям роста и корневой экскреции растений. Показано, что по соотношению продукционной и средообразующей компонент в структуре отклика растений на стресс можно судить о различиях в стратегии адаптации к алюмокислотно-стрессу отдельных генотипов.

In laboratory experiments variety reaction of winter rye and barley shoots on the factors of acidity and toxicity of aluminium on parameters of growth and root excretion was estimated. It is shown, that distinctions in strategy of adaptation to aluminium-acidic stress of separate genotypes can be appreciated on a ratio of production and environmental components in structure of the response of plants on stress.

Ускоренное подкисление почв в результате промышленного загрязнения и сельскохозяйственной практики существенно влияет на продуктивность сельскохозяйственных культур [1]. Стресс, обусловленный высокими концентрациями в почвенном растворе ионов водорода и алюминия, снижает возможности растений реализовать свою генетическую программу. Формируя специфический фенотип, токсичность ионов накладывает ограничения на интенсивность продукционного процесса и, следовательно, на конечный урожай. Чувствительность растений к стрессу в значительной степени определяется способностью корней индуцировать в условиях повреждающего действия ионов алюминия высокие значения pH в прикорневой зоне. Как правило, толерантные формы растений способны индуцировать в зоне корней более высокие значения pH по сравнению с чувствительными [2].

Целью нашей работы явилось изучение адаптивных реакций различных сортов озимой ржи и ячменя на факторы токсичности ионов водорода и алюминия по параметрам

роста растений и активности изменения pH среды корневыми экссудатами.

**Методика**

Объектом исследования служили районированные и перспективные сорта озимой ржи и ячменя (*Secale cereale* L. и *Hordeum vulgare* L.) с различной степенью устойчивости к почвенной кислотности и алюминию (табл. 1). Семена проращивали при температуре 20°C в трубочках из фильтровальной бумаги в течение трёх суток. Проростки высаживали в пенопластовые пластинки с отверстиями для корней. Пластинки помещали в стеклянные сосуды объёмом 250 мл с питательным раствором Кнопа, разведённым 1:2. В каждом сосуде размещали по 10 проростков. В каждом варианте использовали 4 сосуда. Варианты опыта: 1 – pH 6,0 (контроль); 2 – pH 4,0; 3 – pH 4,0+20 мг/л Al<sup>3+</sup>. Необходимая концентрация ионов алюминия создавалась введением в питательный раствор соли Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>·6H<sub>2</sub>O. Кислотность при необходимости корректировали добавлением 0,01 Н

Таблица 1

Дифференциация сортов по степени устойчивости к кислым почвам

Сорт		Степень устойчивости
Озимая рожь	Ячмень	
Вятка 2, Фаленская 4	Новичок, Дуэт	Высокоустойчивые
Кировская 89, Снежана	Винер, 889-93	Устойчивые
Дымка, Крона	Дина, 999-93	Слабоустойчивые
Альфа, Саратовская 5	Кумир, Одесский 100	Неустойчивые

Таблица 2

Изменение pH растворов и показателей роста озимой ржи в водной культуре

Сорт	pH исходное	Al <sup>3+</sup> , мг/л	pH индуцированное	Длина корня, мм	Прирост корня, мм	Масса 10 растений, г
Вятка 2	6,0	0	6,74	47,8	31,9	1,80
	4,0	0	6,31	46,3	29,7	1,99
	4,0	20	6,46	59,3	42,9	1,06
Альфа	6,0	0	6,06	39,0	30,2	1,77
	4,0	0	5,69	28,6	21,0	1,31
	4,0	20	6,70	22,0	16,3	1,06
Дымка	6,0	0	6,21	76,6	62,2	2,26
	4,0	0	6,27	49,6	35,6	2,05
	4,0	20	5,47	44,8	34,2	1,81
Крона	6,0	0	6,26	53,4	39,0	2,49
	4,0	0	5,55	71,0	58,1	3,20
	4,0	20	5,48	72,1	59,5	2,43
Фаленская 4	6,0	0	6,27	47,1	33,2	2,31
	4,0	0	6,42	45,9	32,6	2,21
	4,0	20	6,77	52,8	41,2	1,92
Саратовская 5	6,0	0	6,03	52,6	42,2	2,56
	4,0	0	5,34	49,3	39,8	2,23
	4,0	20	5,55	49,8	42,6	2,38
Кировская 89	6,0	0	6,90	90,9	73,8	3,20
	4,0	0	6,92	57,8	40,3	2,31
	4,0	20	6,86	69,1	52,2	2,49
Снежана	6,0	0	6,84	74,8	59,0	2,95
	4,0	0	6,98	63,5	42,9	2,14
	6,0	20	6,77	77,5	61,0	2,67

растворов  $H_2SO_4$  и NaOH. Инкубацию проростков проводили при 23°C и световом периоде 16 часов. Ежедневно определяли pH раствора потенциометрически со стеклянным измерительным электродом и хлорсеребряным электродом сравнения. Продолжительность инкубации 8 дней. В качестве функций отклика на действие стрессовых факторов оценивали длину и прирост корня за время инкубации, накопление проростками массы (10 растений), индуцированные корнями значения pH питательного раствора.

Статистическую обработку результатов проводили стандартными методами с использованием программ EXCEL и STATGRAPHICS Plus. В таблицах представлены средние значения из четырёх биологических повторностей.

### **Результаты и обсуждение**

Основным визуальным признаком токсического действия ионов водорода и алюминия на растения является угнетение роста их корневой системы. За время инкубации проростков в кислых растворах прирост длины корня в среднем по сортам озимой ржи сократился на 18%, а по сортам ячменя на 40% к контролю. Добавление в кислый питательный раствор алюминия в зависимости от культуры и сорта снижало его ещё на 35-50%. В наибольшей степени под воздействием стресса была угнетена корневая система у сортов озимой ржи Альфа, Дымка, Кировская 89, незначительно – у сортов Вятка 2, Фаленская 4, Крона (табл. 2).

У ячменей максимальный прирост длины корня в условиях стресса отмечен для сорта 999-93, незначительно от него отличался сорт 889-93. Наибольшей абсолютной длиной главного корня характеризовались растения сорта Винер, наименьшей – сорта Одесский 100 (табл. 3).

Показателем общего уровня физиологической активности растений служила сухая масса проростков. При выращивании различных сортов озимой ржи в водной культуре с реакцией раствора, близкой к нейтральной, накопление массы проростками изменялось от  $1,77 \pm 0,2$  г у сорта Альфа до  $3,2 \pm 0,2$  г у сорта Кировская 89. В кислой среде масса проростков снизилась в среднем по сортам на 10%. Добавление в кислый питательный раствор ионов алюминия снизило в среднем массу проростков ещё на 5% к контролю (табл. 2). Наиболее чувствительной к действию ионов

водорода и алюминия в ряду исследованных генотипов оказалась рожь Альфа. Высокой чувствительностью к стрессу на ранних этапах развития обладали также сорта Кировская 89 и Снежана. Накопление массы проростками сортов Фалёнская 4, Дымка и Саратовская 5, напротив, изменилось при стрессе незначительно, а сорта Вятка 2 и Крона не снизили массу при выращивании на кислых растворах.

Масса проростков ячменя, выращенных при кислой реакции среды без алюминия и при pH 6, достоверно не различалась и составила у сортов Винер, 999-93, Кумир, Дуэт, Дина  $3,05-3,28 \pm 0,15$  г. Другие сорта в этих условиях существенно им уступали (табл. 3). Достоверное снижение массы проростков по сравнению с контролем отмечено под воздействием алюминия. Наибольшую массу при этом накапливали растения сортов 999-93 и Винер, другие сорта уступали им и достоверно между собой не различались.

Как проявление средообразующей деятельности растений рассматривали возрастные исходные значения pH среды при выращивании проростков на кислых растворах. Анализ динамики значений pH, индуцируемых корнями озимой ржи в водной культуре, выявил существенные межсортные различия в способности растений кондиционировать среду. Так, сорта Дымка, Крона, Снежана, Кировская 89 и Фалёнская 4 при выращивании в кислых условиях уже на 3-й день сместили значения pH с 4,0 до 5,5-5,9 единиц pH, в то время как значения pH, индуцированные корнями остальных сортов, находились в пределах 4,4-5,2. На 7-й день экспозиции в кислых условиях сортов Фалёнская 4 и Вятка 2 реакция среды изменилась до pH 6,3-6,4, а при выращивании сортов Кировская 89 и Снежана – до 6,92-6,98. Сорта Дымка, Крона, Альфа и Саратовская 5 в тех же условиях оказали существенно меньшее влияние на кислотность питательных растворов, сместив её менее чем на две единицы pH (табл. 2). Добавление в питательный раствор ионов алюминия существенно не снизило способность сортов Кировская 89, Снежана и Саратовская 5 подщелачивать питательную среду. Значения pH, индуцируемые в присутствии алюминия сортами Альфа, Вятка 2 и Фалёнская 4, превосходили значения, отмеченные в кислых условиях без алюминия. Активность корневой экскреции сортов Крона и Дымка, напротив, под влиянием алюминия существенно снижалась.

Изменение pH растворов и показателей роста ячменя в водной культуре

Сорт	pH исходное	Al <sup>3+</sup> , мг/л	pH индуцированное	Длина корня, мм	Прирост корня, мм	Масса 10 растений, г
Дина	6,0	0	6,54	83	14	3,07
	4,0	0	6,32	77	7	3,06
	4,0	20	4,39	72	0,6	2,87
Винер	6,0	0	5,90	91	5	2,99
	4,0	0	5,55	83	4	3,24
	4,0	20	4,35	87	2	3,11
Новичок	6,0	0	6,35	85	15	3,57
	4,0	0	6,42	79	13	2,55
	4,0	20	4,67	78	3	2,78
Кумир	6,0	0	6,49	78	5	2,97
	4,0	0	6,05	73	3	3,19
	4,0	20	5,39	73	0,5	2,63
Дуэт	6,0	0	5,90	79	9	2,93
	4,0	0	5,71	77	8,5	3,17
	4,0	20	5,04	73	3	2,60
889-93	6,0	0	6,15	62	4	2,69
	4,0	0	6,09	66	3	2,79
	4,0	20	4,47	67	5	2,85
999-93	6,0	0	6,93	82	20	3,58
	4,0	0	7,14	71	11	3,42
	4,0	20	4,56	65	6,5	3,29
Одесский 100	6,0	0	6,25	65	5	2,91
	4,0	0	6,54	62	6	2,75
	4,0	20	5,06	65	4	2,68

Выращивание на кислых питательных растворах проростков ячменя сопровождалось также увеличением исходных значений рН среды. На 8-й день экспозиции сортов Одесский 100, Дина, Новичок рН среды повысился до 6,3-6,5 ед., а сорта 999-93 – до 7,1 (табл. 3). В меньшей степени влияли на этот показатель сорта Винер и Дуэт. Добавление алюминия в питательный раствор снижало способность проростков подщелачивать среду также в зависимости от генотипа растений. Растения сортов Одесский 100, Дина, 889-93 и Новичок оказались более чувствительными к присутствию в среде токсичных ионов, чем растения сортов 999-93 и Дуэт. Различия между сортами в способности кондиционировать среду за счёт корневой экскреции, очевидно, обусловлены комплексом физиологических и биохимических свойств отдельных генотипов. В частности, сорта могут существенно отличаться по соотношению в тканях фитогормонов, участвующих в регуляции ионного транспорта [3, 4] или активности в клетках корней некоторых ферментов, например, кислой и щелочной фосфатазы, цитохромоксидазы, АТФ, роль которых, в свою очередь, связана с энергетическим обменом, поддерживающим функциональное состояние клеточных мембран [2].

Анализ полученных результатов показал, что под воздействием высоких концентраций ионов водорода и алюминия у одних сортов на первых этапах развития в большей степени изменялись функции отклика, связанные с продукционным процессом (длина и прирост корня, масса проростков), у других сортов – средообразующая функция. Так, сорта ячменя 999-93, Дуэт и сорт озимой ржи Вятка 2 отличались в условиях стресса постоянством ростовых характеристик и высокой способностью кондиционировать среду за счёт экскреторной деятельности корней, что говорит об активной стратегии адаптации этих сортов к ионной токсичности. В тех же условиях у ячменей Дина, Новичок, 889-93, Одесский 100 и озимой ржи Саратовская 5, Дымка и Альфа средообразующая активность была значительно ниже. Показатели продукционного процесса у этой группы сортов при стрессе существенно не изменились, за исключением резкого снижения длины и прироста корня у озимой ржи Дымка и Альфа, что свидетельствует об отсутствии механизмов активной адаптации к фактору кислотности у этих генотипов.

У ряда сортов (ячмени Кумир, Винер; озимая рожь Крона) при стрессе наблюдалось

увеличение показателей продукционного процесса по сравнению с показателями растений, выращенных при рН 6,0. Избыточная реакция на первых этапах онтогенеза, согласно теории стрессов, может привести как к состоянию адаптации, так и к истощению организма [5]. Поэтому в числе генотипов, выделенных по показателям массы проростков и длины корня на ранних этапах развития, могут оказаться чувствительные сорта, снижающие урожайность под воздействием кислотности.

Оптимальным с точки зрения адаптационного выигрыша можно считать соотношение между продукционной и средообразующей компонентами отклика у сортов озимой ржи Кировская 89, Фалёнская 4, Снежана и ячменя 889-93. Адаптационный эффект к токсическому действию ионов водорода и алюминия у них достигался постепенным и значительным усилением активности кондиционирования среды при умеренном снижении значений показателей продукционного процесса.

Для объяснения биологического смысла выявляемых различий в генотипической реакции культур и сортов на идентичные условия или изменение условий среды в последнее время часто привлекается концепция адаптивных жизненных стратегий [6-9]. Методология идентификации типов адаптивной стратегии в разработанном и формализованном виде практически отсутствует. Чаще других в агрофитоценологии с этой целью используется R- и S-континуум. У видов с выраженной R-стратегией (эксплеренты) ряд морфофизиологических показателей более чувствителен к изменению условий выращивания, чем у стресс-толерантов, реализующих S-стратегию (пациенты) [10].

Некоторые авторы считают надежным признаком, дифференцирующим тип стратегии, изменение под влиянием определённых факторов среды «корневого индекса» (отношение массы корней к массе надземной части растения) [8]. Так, снижение «корневого индекса» ряда сортов овса в водно-бумажной культуре в ответ на кислотный стресс считается достаточным основанием для причисления их к R-стратегам [9].

Другие авторы связывают различия в типах адаптивных стратегий видов с накоплением эндогенных ИУК и АБК в определённых соотношениях, регулирующих при стрессовом воздействии переход к цветению или сохранение способности к вегетативному росту [11].



Стратегии адаптации организмов к стрессу практически всегда складываются из многих разнохарактерных элементарных реакций. Проведённые нами исследования показали, что физиологическая адаптация различных сортов озимой ржи к токсическому действию ионов водорода и алюминия сопровождается изменением интенсивности продукционного и средообразующего процессов. Исходя из этого в основу дифференциации различных типов стратегии адаптации растений к алюмокислотному стрессу могут быть положены параметры роста растений и активность кондиционирования среды их корневыми экссудатами на первых этапах онтогенеза. Замедление растениями под воздействием стресса темпов роста связано с проявлением ими свойств эксплентности, а способность кондиционировать среду в прикорневой зоне – свойств пациентности. Дифференциация сортов озимой ржи и ячменя по степени стрессоустойчивости обусловлена различным соотношением пациентности и эксплентности частных физиологических систем.

Изменение растением характера продукционного и средообразующего процессов при отклонении факторов среды от оптимальных значений может рассматриваться как система адаптационных реакций, обеспечивающих определённую компенсацию неблагоприятного действия лимитирующих факторов.

### Литература

1. Von Uexkull H.R., Mutert E. Global extend, development and economic impact of acid soils. // *Plant soil*. 1995. V.171. № 1. P.1-15.

2. Климашевский Э.Л. Генетический аспект минерального питания растений. – М.: Агропромиздат, 1991. – 413 с.

3. Воробьев Л.Н. Регулирование ионного транспорта. М.: ВИНТИ, 1988. 179 с.

4. Рункова Л.В., Талиева М.Н. О роли и взаимосвязи индольных и фенольных соединений в физиологии больного и здорового растения // *Фитогормоны и рост растений*. М.: Наука, 1978. С. 95-117.

5. Unger K. Zur Modellierung der Reaktionsnorm von Kulturpflanzen und deren Bedeutung für die Prüfung der Stress-Reaktionen/ *Umwelt-Stress, Wiss.Beitr. Martin-Luther-Univ., Halle-Wittenberg.* – 1982.V.35.P17 – S.190-199.

6. Grime J.P. Plant strategies and vegetation processes. Chichester etc. J.Wiley and Sons. 1979. 222 p.

7. Глянько А.К. Аутэкологические особенности реагирования растений пшеницы на изменяющиеся условия среды // *С.-х. биология*. 1998. №3. С. 56-59.

8. Рамазанова Г.А. Распределение биомассы между надземной частью и корнем у представителей различных типов адаптивных стратегий // *Актуальные проблемы биологии: V молодежная научная конференция*. Сыктывкар. 1998. С. 156.

9. Лисицын Е.М. Вариация стратегии адаптации растений к стрессу на сортовом и внутрисортовом уровнях / *Здоровье-питание-биологические ресурсы: Мат. междунауч.-практ.конф.* В 2 т. Киров: НИИСХ Северо-Востока. 2002. Т. 1. С. 334-339.

10. Миркин Б.М. Теоретические основы современной фитоценологии. М.: Наука, 1985.

11. Усманов И.Ю., Кудоярова Г.Р., Мартынова А.В., Гюли-Заде В.З., Мустафина А.Р. Соотношение индолилуксусной и абсцизовой кислот у растений с разными типами адаптивных стратегий // *Физиология и биохимия культурных растений*. 1990, Т. 22, №1. С. 65-68.

Учебно-научный центр Московского государственного университета  
имени М.В. Ломоносова  
«Химия в интересах устойчивого развития – зелёная химия»

В.В. Лунин, Е.С. Локтева

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова

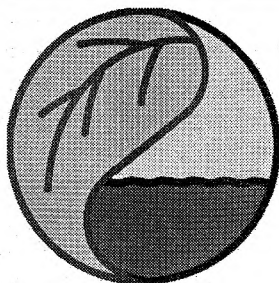
В 2002 году Генеральная Ассамблея ООН своей резолюцией №57/254 постановила объявить 2005–2014 годы десятилетием образования устойчивого развития. Термин «Устойчивое развитие» определяют по-разному. Наиболее часто приводят определение, которое дала Комиссия Брунтланд в докладе «Наше общее будущее» в 1987 году: «Это такое развитие, которое удовлетворяет потребности настоящего времени, но не ставит под угрозу способности будущих поколений удовлетворять свои собственные потребности». В этой фразе сфокусированы цели устойчивого развития. Позже организация UNISEF подробнее описала задачи устойчивого развития. В частности, было отмечено, что необходимо изыскивать новые возможности для внедрения этой концепции в содержание национальных реформ образования, а также выйти за рамки образования в области окружающей среды, постепенно преобразовав его в образование в интересах устойчивого развития.

Сейчас в России образование в интересах устойчивого развития развивают в основном энтузиасты, это касается и организаций, и отдельных личностей. Однако все понимают, что только государственная поддержка, только государственная стратегия позволят добиться серьёзных успехов в этом деле. Поэтому в МГУ усилиями представителей химического, географического, экономического, юридического и других факультетов начата подготовка Национальной стратегии в области образования в интересах устойчивого развития.

Выйти за рамки экологического образования – вторая цель, намеченная UNISEF, причём это означает не только развитие социально-экономического образования. В области химии также в последние годы развивается новый подход, который называют химией в интересах устойчивого развития, или зелёной химией. Химия окружающей среды изучает источники, распространение, устойчивость и воздействие химических загрязнителей; в отличие от неё, зелёная химия обеспечивает

химические решения для того, чтобы избавиться от загрязнений. Обучение этому подходу позволит перейти от утилизации отходов к налаживанию такого производства химических продуктов, при котором количество отходов будет сведено к минимуму, сами продукты будут не опасны с точки зрения экологии и здоровья человека и будут легко разлагаться в природе после применения.

В материалах ООН подчеркивается, что совершенствование методов обучения становится первоочередной задачей для осуществления устойчивого развития. Это касается всех уровней образования, начиная от школьного, вузовского, послевузовского и заканчивая повышением квалификации. обучением на рабочих местах, а также просвещением широких кругов общественности. Такие широкие задачи трудно осуществить в рамках образовательной деятельности химического факультета МГУ. Для осуществления этой деятельности в области зелёной химии в 2006 году в МГУ им. М.В. Ломоносова был создан Научно-образовательный центр «Химия в интересах устойчивого развития – зелёная химия». Создание такого центра было предусмотрено планом работы по инновационному проекту МГУ «Инновационные образовательные программы в области химии», который осуществляется в соответствии с Национальным проектом «Образование». Возглавил центр декан химического факультета МГУ, академик РАН, профессор В.В. Лунин. Центр уже начал проводить образовательную и научную деятельность. Создан проект магистерской программы «Химия в интересах устойчивого развития». Программа получила одобрение на пленуме совета по химии УМО по классическому университетскому образованию и направлена для утверждения в Министерство образования и науки РФ. Магистерская программа позволит готовить специалистов, основной задачей которых будет разработка методических принципов, оценка международного опыта и внедрение идей зелёной химии на всех стадиях преподавания химии.



Эмблемы Научно-образовательного центра  
«Химия в интересах устойчивого развития – зелёная химия»

Пока подготовка таких специалистов ещё в проекте, сотрудники центра занимаются инвентаризацией курсов, которые читаются на химическом факультете МГУ, для того чтобы выделить те курсы и подходы, которые соответствуют идеям и задачам химии в интересах устойчивого развития. Уровень преподавания на химическом факультете высокий, поэтому, конечно, идеи зелёной химии находят свое отражение в преподавании уже сейчас. Например, проф. Л.М. Кустов читает студентам спецкурс «Зелёная химия»; широко и на разных кафедрах представлены в образовании каталитические методы осуществления химических реакций, использование «зелёных» растворителей (главным зелёным растворителем является вода), энергосбережение при осуществлении химических процессов и другие темы, которые традиционно входят в область ответственности зелёной химии.

Важным направлением деятельности является обучение школьных учителей идеям устойчивого развития и зелёной химии. Специалисты центра (В.В. Лунин, Е.С. Локтева) читают лекции методистам и учителям средних школ Москвы и центральных областей России. Центр готов оказывать разнообразную методическую помощь учителям средних школ, колледжей и лицеев. На встречах учителя нередко отмечали дефицит литературы по проблемам устойчивого развития и химии в интересах устойчивого развития, написанной на русском языке. Чтобы ликвидировать этот пробел, в 2005 году была издана и бесплатно распространена по университетским библиотекам России книга – сборник статей «Зелёная химия в России». В 2007 году начата работа по подготовке новой книги, которую планируется издать в виде сборника обзорных статей по тематике, связанной с зелёной химией. Эту книгу можно будет использовать как учебное пособие в вузах.

Летом 2006 года начал свою работу интернет-сайт Научно-образовательного центра [www.greenchemistry.ru](http://www.greenchemistry.ru), который пока существует только на русском языке. На нём можно найти ссылки на другие сайты и литературу по данной проблеме, информацию о прошедших и планируемых событиях. В течение 2007 года по договорённости с немецкими коллегами будет осуществлён перевод интернет-пособия «Новый органический практикум» на русский язык (уже сейчас можно бесплатно использовать немецкую и английскую версию, адрес последней [www.oc-praktikum.de/en](http://www.oc-praktikum.de/en)). Это чрезвычайно интересное и важное пособие создали немецкие химики (авторский коллектив под руководством Б. Кенига). В нём наглядно описаны задачи, выполняемые в практикуме по органической химии, шаг за шагом наглядно представлен процесс сборки приборов для синтеза, приведены результаты анализа продуктов и побочных веществ самими современными методами. Кроме затрат материалов, в практикуме оцениваются и затраты энергии на проведение химических синтезов, и способы снижения этих затрат. Описано применение возобновляемых ресурсов в органическом синтезе. Очень важно, что авторы систематически проводят анализ токсичности исходных веществ и продуктов лабораторных синтезов, называют и описывают способы регенерации и утилизации целевых и побочных продуктов синтеза, а также вспомогательных веществ (растворители и др.). Приведены фотографии самого современного оборудования. Используя эти данные, даже небогатый университет сможет вести учебный процесс с использованием самых современных методик синтеза и анализа. Этот ресурс также будет предоставлен в бесплатное пользование на сайте Научно-образовательного центра.

Научно-образовательный центр «Химия в интересах устойчивого развития – зелёная

химия» проводит большую научно-исследовательскую работу, в первую очередь, в области катализа. Известно, что катализ относится к ключевым направлениям зелёной химии, поскольку позволяет проводить реакции с большой атомной эффективностью и снижать затраты энергии и материалов, включая вспомогательные. В центре разработаны новые высокоэффективные катализаторы утилизации хлорсодержащих экотоксикантов. Ведутся работы по применению в химии возобновляемых ресурсов, таких как лигнин, шелуха подсолнечника, солома и др. Показано, что на их основе можно получать широкий спектр разнообразных востребованных промышленностью продуктов. Интересные исследования проводятся в области применения сверхкритических растворителей (например, воды) для синтеза новых материалов, катализаторов и др. Большая работа по исследованию состава, строения, химических свойств и направлений применения гуминовых веществ проводится в группе д.х.н. И.В. Перминовой (<http://www.mgumus.chem.msu.ru>)

В 2008 году на базе центра при поддержке Международного союза по чистой и прикладной химии (ИЮПАК) планируется проведение 2-й Международной конференции по зелёной химии – химии в интересах устойчивого развития в России. Первая конференция ИЮПАК этого направления прошла в сентябре 2006 г. в Дрездене, Германия, и привлекла более 450 участников со всего мира.

НОЦ «Химия в интересах устойчивого развития – зелёная химия» ведёт активную деятельность по повышению квалификации химиков. В октябре этого года круглый стол по проблемам зелёной химии был организован в рамках школы-конференции «Актуальные проблемы нефтехимии», в которой приняли участие около 100 молодых нефтехимиков со всей России. Молодые учёные химического факультета повысили квалификацию на школе молодых учёных «Новые органические реакции и методологии зелёной химии» в Лечче, Италия, в октябре 2006 года. Представители центра выступили с научными докладами на 1-й конференции ИЮПАК по зелёной химии в Дрездене, на 1-й международной конференции «Зелёная промышленность» в Манаме, Бахрейн, на международной конференции «Химия атмосферы в межслоевых пространствах». В ходе выполнения инновационного проекта

повышение квалификации в работе с приборами, которыми оборудован Научно-образовательный центр, прошли сотрудники и аспиранты химического факультета на фирмах Неч, Авантис, в университетах и исследовательских центрах Австрии, Франции, Петербурга, Германии и других. В 2007 году при участии центра будут организованы Международный симпозиум «Зелёная химия, устойчивое развитие и социальная ответственность химиков» в рамках 18-го Менделеевского съезда; научная конференция и школа молодых учёных «Глубокая переработка твёрдого ископаемого топлива – стратегия России в XXI веке» и другие важные мероприятия.

Ещё одна важнейшая задача, поставленная UNISEF, – это объединение усилий. Понятно, что ни одна отдельная организация, даже международная, не в силах сделать так, чтобы устойчивое развитие стало термином, знакомым каждому, а цели устойчивого развития – целями государств, народов и каждого отдельного жителя Земли. В области химии объединение усилий различных образовательных и научных учреждений уже идёт. Так, в РХТУ им. Д.И. Менделеева создан Институт проблем химии и устойчивого развития, которым руководит чл.-корр. РАН, профессор Н.П. Тарасова. В РХТУ также разрабатывается магистерская программа по химии в интересах устойчивого развития; достигнуто соглашение о взаимной аккредитации программ. Это особенно важно потому, что РХТУ – это университет технологической направленности, а МГУ известен своей высокой научной репутацией. Взаимопомощь позволит усилить технологическую подготовку магистров в МГУ и научную – в РХТУ.

При участии российских учёных в конце 2005 года в Венеции (Италия) состоялось учредительное собрание международной организации «Международная Зелёная Ассоциация» (International Green Network). Основная цель этой организации – содействовать международному сотрудничеству в научной и образовательной сфере по тематике зелёной химии. Возглавил Международную зелёную ассоциацию Президент итальянского межуниверситетского консорциума «Химия в интересах окружающей среды» профессор Пьетро Тундо, который был одним из идеологов и инициаторов данного движения. В работе Международной зелёной ассоциации принимают участие

## Литература

представители России, США, Канады, Франции, Германии, Японии, Италии, Индии, Египта, Аргентины, Китая и многих других стран. В России ответственным за работу этой сети является В.В. Лунин.

Приведённые материалы показывают, что Научно-образовательный центр «Химия в интересах устойчивого развития – зелёная химия» проводит большую и разнообразную работу в области зелёной химии, включающую научные исследования, образовательную и просветительскую деятельность.

1. Our Common Future. Oxford: Oxford University Press. 1987, 400 P.;

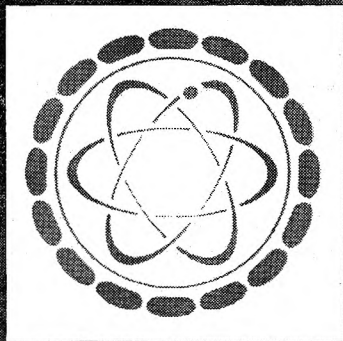
2. The United Nations Programme of Action from Rio (1993) *Agenda 21, Earth Summit*, United Nations Publisher 1993, P. 294;

3. R.A. SHELDON // *Chem.Ind.*, 1997. P. 12;

4. P.T. ANASTAS, J.C. WARNER, "Green Chemistry: Theory and Practice", Oxford, 1998, 148 p.

5. R.A. SHELDON // *Pure Appl.Chem.* 2000. V.72. P. 1233.





## Общественный форум-диалог «Атомная энергия, общество, безопасность»

18-19 апреля 2007 г. в Москве в красном зале заседаний Президент-отеля проходил первый международный общественный форум-диалог «Атомная энергия, общество, безопасность».

Организаторами форума выступили Международный Зелёный Крест и Росатом. Участниками форума являлись представители всех сегментов общества: федеральных ведомств, региональных органов власти, средств массовой информации, общественных организаций. Форум-диалог проходил с широким участием иностранных представителей различных ведомств и организаций из 14 стран: США, Великобритания, Нидерланды, Швеция, Финляндия, Канада, Франция, Норвегия, Италия, Швейцария, а также сотрудников посольств в России из Швейцарии, США, Новой Зеландии, Франции, Германии, Японии, Австралии.

Председателем пленарного заседания «Состояние и перспективы развития атомной

энергетики» был академик РАН, председатель Российской экологической академии Ю.А. Израэль. В начале открытия форума-диалога он зачитал приветствие от С.В. Кириенко – руководителя Федерального агентства по атомной энергии. В своём выступлении Юрий Антонович отметил, что форум-диалог посвящён острейшей проблеме современности – перспективам развития атомного энергетического комплекса. В настоящее время основное потребление энергии у нас в стране обеспечивается за счёт её получения из органических продуктов нефти, газа, угля – на 80% и лишь на 6% путем выработки её атомной энергетикой, а также 2% за счёт гидроресурсов. В связи с чем развитие атомного энергетического комплекса представляет для России огромное значение. Важным аспектом деятельности в этом направлении является установление конструктивного диалога между странами, глубокое понимание проблем

гражданского общества, создание систем экологической безопасности.

С вступительным словом к участникам форума-диалога обратился и президент Российского Зелёного Креста, профессор *С.И. Барановский*, который подчеркнул широкую географию участников форума-диалога, что должно позволить в рамках развития гражданского общества содействовать нахождению компромисса по вопросам обеспечения ядерной безопасности. Противостояния в решении данной проблемы быть не должно. Государственные структуры откликнулись на наше приглашение, – отметил он, – и теперь мы вместе. Важными проблемами этой отрасли являются утилизация высокотоксичных радиоактивных отходов, проблемы топливно-энергетического комплекса. Куда девать эти отходы, как их перерабатывать, эти проблемы остро обозначились после Кыштымской и Чернобыльской аварий, решение которых с каждым днём становится все актуальнее. Главная цель форума – это открытый диалог в решении проблем обеспечения радиационной безопасности.

С докладом «Приоритетные программы ядерно-энергетического комплекса» выступил *В.Г. Асмолов* – профессор, заместитель генерального директора ФГУП Концерн «Росэнергоатом». Владимир Григорьевич в своём выступлении обратил особое внимание на внешние и внутренние условия и требования по ускорению развития атомной энергетики. К внешним условиям он отнес:

- неравномерность распределения ресурсов органического топлива;
- рост напряжённости на энергетическом рынке.

Внутренние требования включают обеспечение:

- гарантированной безопасности;
- экономической эффективности;
- завершённости ядерно-топливного цикла в плане обращения с радиоактивными отходами и отходами ядерного топлива.

В плане ближнесрочной стратегии докладчик отметил необходимость:

- реализации данной задачи на освоенных технологиях;
- повышения эффективности действующих АЭС;
- создания глобальных атомных электростанций мощностью более 1000 кВт/час;
- создания малой энергетики по примеру плавучих АЭС для Чукотки и Северодвинска;
- развертывания программных работ по замыканию ядерно-топливного цикла по урану и плутонию;
- обоснование использования ядерно-энергетических источников для расширения рынков сбыта.

Правительством РФ утверждена ФЦП «Ядерная и радиационная безопасность», для её реализации выделено 140 млрд. руб. По мнению оратора, в этой отрасли нужны новые знания, технологии, развитие машиностроения, высокопрофессиональные, подготовленные кадры, технические решения.

Свой доклад Владимир Григорьевич завершил удачным сравнением: «Атомная энергетика – это дочка атомной бомбы. Она выросла из бомбы, затем пути разошлись, потеряли свой язык, после чего перестали понимать друг друга. Военные программы сокращаются, а ядерно-энергетический комплекс активно развивается».

С докладами на данном пленарном заседании выступили также *Troy Lulashnyk* – генеральный директор Программы глобального Партнерства (министерство иностранных дел и международной торговли Канады); *Д.В. Мальшев* – заместитель директора по страхованию корпоративных клиентов Страховой Группы «СОГАЗ»; *В.М. Кузнецов* – директор программы «Ядерная и радиационная безопасность» Зелёного креста России.

Вторая часть пленарного заседания прошла по теме «Пути развития атомной энергетики», которую вёл профессор, академик РАН *Г.А. Филиппов*. Руководителем третьей части пленарного заседания «Альтернативная энергетика» был профессор, академик РАН *А.И. Савин*. Четвертое пленарное заседание «Медико-биологические и социально-экологические аспекты использования атомной энергии» вела профессор, председатель Научного совета по радиобиологии РАН, заместитель директора Института биохимической физики РАН *Е.Б. Бурлакова*. Руко-





водителем пятого пленарного заседания «Общественное мнение и радиационная безопасность» являлся *М.И. Рылов* – директор Центра ядерной и радиационной безопасности, г. Санкт-Петербург. Шестое пленарное заседание было посвящено теме «Международное взаимодействие в рамках Глобального партнерства», его работой руководил *Paul Walker* – директор Программы «Наследие», Глобал Грин (Зелёный крест) США.

Кроме того, в ходе форума было проведено два круглых стола «Региональные аспекты при использовании атомной энергии» – руководитель профессор *С.И. Барановский* и «Наследие холодной войны» –

руководитель *Stephan Robinson*, международный координатор программы Международного Зелёного Креста «Наследие холодной войны».

После каждого пленарного заседания и в ходе круглых столов проходила дискуссия по обсуждаемой теме. Участников интересовал прогноз и планы развития атомной энергетики; решение вопросов по консервации атомных станций, подводных лодок; по утилизации жидких и твёрдых радиоактивных отходов. Они указывали на необходимость получения достоверной информации об изменении состояния окружающей природной среды и здоровья людей, работающих на объектах и проживающих вблизи действующих ядерно-промышленных комплексов.

В заключение форума-диалога *С.И. Барановский* отметил высокий уровень его проведения, выразил надежду на ежегодное проведение таких мероприятий. Он призвал к единению в понимании и решении вышеотмеченных проблем, особое внимание обратив на создание системы экологической безопасности действующих и законсервированных объектов, проведение экологического мониторинга окружающей природной среды и санитарно-гигиенического мониторинга здоровья населения.

Материалы форума-диалога «Атомная энергия, общество, безопасность» будут изданы в виде сборника докладов и презентаций.

**Т.Я. Ашихмина**



## Пятый Всероссийский конгресс по медицинской микологии

В Центральном доме учёных г. Москвы с 28 по 30 марта проходил Пятый всероссийский конгресс по медицинской микологии. Собрать в Москве врачей, экологов, микробиологов, заинтересованных в развитии науки о грибах, – стало доброй традицией Национальной академии микологии и находит широкую поддержку мировом медицинском сообществе. Спонсорами конгресса выступили крупнейшие российские и зарубежные компании: «Янсен-Силаг», «Нижфарм», «Биотек», «Пфайзер», «Биосинтез», «Био-Рад», «Канонфарма» и другие организации, работающие в области фармакологии, биотехнологии и экологии.

Научная программа конгресса включала все аспекты, связанные с влиянием грибов на здоровье человека: грибковые инфекции, микотоксикозы и отравления грибами, микогенную аллергию. Значительное внимание уделено экологии грибов и новым грибным биотехнологиям и их использованию в медицине. В работе конгресса приняли участие более 400 специалистов из России и 6 из других стран. В течение 3-х дней работы конгресса на секциях заслушано 73 устных доклада по медицинской микологии, экологии и биотехнологии грибов.

Работа конгресса началась с церемонии открытия, на которой с приветственным словом выступил президент конгресса академик РАЕН, заслуженный врач РФ Ю.В. Сергеев. Далее были представлены три пленарных доклада, посвящённых микологическим проблемам здравоохранения, новым биотехнологиям получения БАВ из мице-

лиальных грибов и миконосительству домашних животных как источнику микозов у людей.

Второй день конгресса начался с работы междисциплинарной сессии по клинической микологии. Доклады, представленные на этой сессии, были посвящены проблемам диагностики и терапии микозов человека. Далее доклады участников были представлены на 4-х секциях: «Микозы в гематологии» (секция №1), «Микотоксикология» (секция №2), «Грибы и экология человека» (секция №3), «Дерматомикозы: новые решения» (секция №4).

В докладах секции №1 рассматривались проблемы аспергиллёзов в гематологии, а также микозы, вызванные редкими мицелиальными грибами. На второй секции наибольший интерес вызвали доклады о токсинообразующих микромицетах – возбудителях болезней зерновых культур (О.В. Бабаянц, СГИ-НЦССА, Украина) и иммуноанализе микотоксинов в продукции пивоварения (А.Ф. Буркин, ВНИИ ветеринарной санитарии, гигиены и экологии, РФ). Автор второго доклада приводит интересные данные о содержании микотоксинов в продукции пивоварения, реализующейся через торговую сеть Москвы.

На секции, посвящённой грибам и экологии человека, О.Е. Марфенина (МГУ им. М.В. Ломоносова) в своём докладе представила анализ современных данных о потенциально патогенных грибах в среде обитания человека. В докладе о кератинофильных грибах А.Е. Иванова (МГУ им. М.В. Ломоно-



сова) привела новые данные о распространении этих потенциально опасных для животных и человека грибов в почвах. По данным автора, кератинофилы, почти не встречающиеся в естественных почвах, в то же время являются обычными обитателями городских почв (урбанозёмов). На этой же секции были сделаны сообщения о микробиоте домашней пыли (А.Б. Антропова, НИИ вакцин и сывороток РАМН), съедобных грибах как источниках поступления тяжёлых металлов в организм человека (А.Г. Медведев, Тверской институт экологии и права) и исследовании плесневых грибов в целях производства судебной экспертизы (О.Б. Градусова, ГУ РФЦ судебной экспертизы при Минюсте РФ).

В докладах 4-й секции рассматривались проблемы диагностики и терапии онихомикозов (грибковые заболевания ногтей). Практически все авторы в своих докладах отмечали рост числа подобных заболеваний у населения России.

В рамках работы конгресса во второй день проведено пять семинаров по проблемам диагностики и терапии микозов и один форум, посвящённый грибам рода *Candida* и кандидозам.

На третий день продолжила работу междисциплинарная сессия по клинической микологии и секция по дерматомикозам. Среди докладов, представленных на сессии, необходимо отметить сообщение С.М. Озёрской (Все-российская коллекция микроорганизмов ИБФМ РАН) «Категоризация биологического риска и таксономическое разнообразие патогенных грибов» и доклад Л.В. Гарибовой (МГУ им. М.В. Ломоносова) «Грибы как продукт питания: пищевая ценность и лечебно-профилактические свойства».

На секциях «Грибные биотехнологии в медицине» и «Лекарственные препараты из грибов» рассматривались проблемы промышленного культивирования грибов, биосинтеза грибами биологически активных веществ и производства на их основе лекарственных препаратов. Много докладов было посвящено различным аспектам культивирования базидиомицетов *Lentinus edode*, *Ganoderma lucidum*, *Flammulina*

*velutipes*. Эти макромицеты синтезируют большой спектр антиоксидантных соединений и антибиотиков, которые обладают противоопухолевой активностью. В докладе Т.С. Гвоздиков (Ин-т микробиологии НАН, Беларусь) даётся оценка возможности использования базидиальных грибов как источников биоактивных липидных компонентов. Доклад В.В. Щерба (Ин-т микробиологии НАН, Беларусь) был посвящён лечебно-профилактическим препаратам на основе комплекса соединений лекарственных грибов. Интересные данные по глубинному культивированию лекарственных грибов приведены в докладе Л.М. Краснопольской (ГУ НИИ по изысканию новых антибиотиков, Москва).

В докладах секции «Российский опыт фармакотерапии микозов» обобщён опыт по терапии инвазивных микозов, смешанных инфекций, озвучены современные стандарты в лечении грибных заболеваний в России.

На симпозиуме «Грибы, животные и человек» рассматривались проблемы миконительства и терапии оппортунистических микозов домашних животных. В докладе А.А. Широких (НИИСХ Северо-Востока) приведены данные о роли условно патогенных грибов в патогенезе домашних животных. На основе микологических посевов клинического материала, полученного в ветклиниках г. Кирова, показано, что «современные» возбудители, с которыми сталкивается ветеринарная клиническая микология, – это чаще всего не традиционные микопатогены, а ранее неизвестные в качестве возможных возбудителей организмы из окружающей среды, присутствующие в воздухе, в почве или на органических остатках разного рода. Выгул домашних животных в условиях городской среды увеличивает риск заболевания оппортунистическими микозами кожи и волосяного покрова.

Новые научные и практические данные, полученные врачами и исследователями-микологами, нашли отражение в IX и X томах сборника «Успехи медицинской микологии» составленных на основе научных трудов конгресса.

А.А. Широких



## XVIII Менделеевский съезд. Международный симпозиум «Зелёная химия, устойчивое развитие и социальная ответственность химиков»

23-28 сентября в Москве состоится XVIII Менделеевский съезд по общей и прикладной химии, посвящённый 100-летию Менделеевских съездов. XVIII Менделеевский съезд открывает серию научных мероприятий, приуроченных к празднованию в 2009 году 175-летия со дня рождения Д.И. Менделеева. В программе съезда предусмотрены заседания 9 секций, 5 спутных симпозиумов, 2 круглых столов. Один из спутных симпозиумов съезда – это Международный симпозиум «Зелёная химия, устойчивое развитие и социальная ответственность химиков». Руководители этого симпозиума – академик В.В. Лунин и чл.-корр. РАН Н.П. Тарасова. Симпозиум вызвал большой интерес в научной среде. В организационный комитет подали заявки на доклады более 80 российских и более 20 иностранных учёных. В программе предусмотрено всего три заседания, поэтому, естественно, часть сообщений будет представлена на стендовой сессии. Тематика заявленных докладов самая разнообразная – от образовательных проблем (Этика преподавания химии в 21-м веке, проф. В.С. Петросян, химический факультет МГУ им.М. В.Ломоносова; Знания в области химии окружающей среды как фактор повышения социальной ответственности, к.т.н. В.А. Кузнецов, Институт химии и проблем устойчивого развития РХТУ им. Д.И. Менделеева и др.) до сельскохозяйственных (Новые набухающие гидрогели для озеленения пустынь, к.х.н. А.О. Асмагдинов, Комплексный институт естественных наук АН РУзКЮ; Перспективы реализации проектов по снижению эмиссии парниковых газов на животноводческих комплексах Республики Марий Эл, д.х.н. В.П. Ившин, ГОУ ВПО «Марийский государственный университет»).

Можно выделить группу докладов, посвящённых химии и применению гуминовых веществ (Дизайн «зелёных» химикатов и биоматериалов с заданными свойствами на основе гуминовых веществ, д.х.н. И.В. Перминова, химический факультет МГУ им.М.В.Ломоносова; Оптимизация процессов фотоиндуцированного биоразложения устойчивых ксенобиотиков в водных средах, в том числе с участием гуминовых веществ, к.х.н. О.Н. Чайковская, Томский государственный университет, и др.). Интересные сообщения будут посвящены внедрению подходов зелёной химии при переработке растительной биомассы (д.х.н. Б.Н. Кузнецов, Институт химии и химической технологии СО

РАН), в том числе детоксикации ДДТ с применением растительных алкалоидсодержащих экстрактов (д.х.н. Х.М. Шахидоятов, Институт химии растительных веществ АН РУз). Вообще оценка состава и путей трансформации в окружающей среде химических отходов привлекает большое внимание участников симпозиума. Перспективные направления зелёной химии представлены работами в области «Зелёного» органического синтеза (П. Тундо, Италия, «Зелёные реагенты, зелёные катализаторы и новые условия реакций»; акад. В.Н. Чарушин, ИОС Уро РАН, «Принципы зелёной химии в органическом синтезе»; А.А. Додонова, РХТУ им. Д.И. Менделеева, «Зеленая химия фосфора и его соединений», и многие другие).

Тематика симпозиума тесно переплетается с тематикой другой секции Менделеевского съезда – Химическое образование (руководители – академик П.Д. Саркисов, академик В.В. Лунин); не случайно В.В. Лунин возглавляет обе секции. Действительно, некоторые доклады могли бы быть прочитаны на обеих секциях, поскольку задача внедрения идей и подходов зелёной химии в образовательный процесс представляется чрезвычайно важной в мировоззренческом и социальном аспектах.

Тематика лекций некоторых иностранных участников необыкновенно важна и будет интересна, как надеются организаторы, не только участникам симпозиума, но и всем участникам Менделеевского съезда. Например, ожидается, что проф. Хей Алестер (Университет Лидса, Великобритания) выступит с секционной лекцией «Для добра или для зла: этические проблемы для химиков»; проф. Лерман Зафра (Колледж Колумбия, Чикаго, США) – с лекцией «Устойчивость: грядущие вызовы для студентов настоящего», а Др. Некерс Дуглас (Университет Боулинг Грин Стейт, США) – с лекцией «Учёные в мировом сообществе». Наконец, секционная лекция Шервина Мартина (Университет Джорджа Мейсона, США) «Тень Оппенгеймера: его ядерный мир и наш» посвящена чрезвычайно актуальным для нашей страны и других ядерных держав проблемам.

По своей тематике, составу участников и глубине охвата насущных проблем симпозиум «Зелёная химия, устойчивое развитие и социальная ответственность химиков» обещает стать знаковым событием в российской науке и образовании.

Е.С. Локтева

## Правила для авторов

К публикации принимаются статьи в соответствии с тематикой журнала, объёмом (включая подписи к рисункам, таблицы, аннотацию и список литературы) до 16 машинописных страниц.

В предлагаемых для публикации научных статьях должно содержаться:

- обоснование актуальности,
- чёткая постановка целей и задач исследования,
- методика, результаты и их обсуждение, заключение или выводы.

Заглавие должно быть кратким (8-10 значащих слов), информативным и по возможности точно отражать содержание статьи.

Статья должна иметь индекс УДК.

К статье прилагается аннотация на русском и английском языках (объёмом до 400 знаков). В английском переводе перед текстом аннотации помещается английское название статьи: инициалы и фамилия автора в английской транскрипции, название учреждения и почтовый адрес на английском языке.

Все материалы должны быть набраны в текстовом редакторе Word книжным шрифтом (14 кегль) с одной стороны листа бумаги стандартного формата (А4). На странице рукописи должно быть не более 30 строк, отпечатанных через 1.5 интервала, в каждой строке не более 65 знаков, включая пробелы между словами. Все поля рукописи должны быть не менее 20 мм. Размер абзацного отступа – 5 знаков.

Ссылки на литературу даются цифрами в квадратных скобках по порядку упоминания в тексте.

Список литературы прилагается в конце статьи. Приводятся фамилии всех авторов и полное название цитируемой работы. Следует строго соблюдать следующий порядок библиографического описания.

### Для журнальных статей:

1. Кабиров Р.Р., Сагитова А.Р., Суханова Н.В. Разработка и использование многокомпонентной тест-системы для оценки токсичности почвенного покрова городской территории // Экология. 1997. №6. С. 408-411.

2. Gautret P., De Wit R., Camoin G., Golibic S. Are environmental conditions recorded by the organic matrices associated with precipitated calcium carbonate in cyanobacterial microbialites? // Geobiology. 2006. V. 4. N2. P. 93-107.

### Для сборников научных трудов, материалов конференций и тезисов докладов:

1. Левин С.В., Гузев В.С., Асеева И.В., Бабьева И.П., Марфенина О.Е., Умаров М.М. Тяжелые металлы как фактор антропогенного воздействия на почвенную микробиоту // Микроорганизмы и охрана почв. М.: Изд-во МГУ, 1989. С. 5-46.

2. Мишарин С.И., Колесниченко А.В., Антипина А.И., Войников В.К. Влияние низких температур на синтез белков озимой ржи и пшеницы // 2-й Съезд Всерос. о-ва физиологов раст., Минск, 24-29 сент. 1990 г.: Тез. докл. Ч.2. М. 1992. С. 139.

3. Ханисламова Г.М. Использование коллембол для лабораторной оценки токсичности за-

ряжняющих почву соединений // Проблемы охраны окружающей среды на Урале. Межвуз. сб. научн. трудов. Уфа, 1995. С. 152-157.

### Для авторефератов диссертаций:

1. Ступникова И.В. Термостабильные белки злаков в период низкотемпературной адаптации: Автореф. дис. ...канд. биол. наук. Иркутск: СИ-ФИБР СО РАН, 2001. 20 с.

### Для монографий:

1. Гублер Е.В., Генкин А.А. Применение непараметрических критериев статистики в медико-биологических исследованиях. Л.: Медицина, 1973. 141 с.

Таблицы не должны быть громоздкими. Каждая таблица должна иметь порядковый номер и название. Табличный материал приводится в тексте. Нумерация таблиц сквозная. Не следует повторять и пересказывать в тексте статьи цифры и данные, приведённые в таблицах.

Рисунки предоставляют с приложением подрисуночных подписей для всех рисунков на отдельной странице. Рисунки снабжаются всеми необходимыми цифровыми или буквенными обозначениями, пояснениями в подписях к ним. На обороте каждого рисунка карандашом указывается его номер и фамилия авторов.

Иллюстративные материалы выполняются в программах Corel DRAW, Adobe Photoshop, Adobe Illustrator. Электронный вариант каждой таблицы и рисунка записывается в отдельный файл в формате программы, в которой они были созданы. Подписи к иллюстрациям следует давать отдельным списком.

Фотоснимки (размером не менее 9x12 см) представляются с чётким контрастным изображением и хорошо проработанными деталями. На обороте иллюстрации необходимо указать фамилию автора, название статьи и номер рисунка. Ксерокопии не принимаются.

Направляемая в редакцию статья должна быть подписана всеми авторами с указанием фамилии, имени и отчества (полностью) и содержать следующие данные: наименование организации, в которой выполнена работа, должность, учёная степень и звание, почтовый адрес, телефоны (рабочий и домашний) факс, адрес электронной почты автора (соавторов), отпечатанные на отдельном листе. В названиях учреждений не следует использовать сокращения.

Для публикации представляется электронный вариант (на магнитном носителе или пересылкой по электронной почте) и распечатка статьи в 2 экземплярах.

При несоблюдении этих требований статья не рассматривается редакцией и возвращается авторам на доработку.

Статьи проходят обязательное рецензирование. Решение о принятии их для публикации в журнале принимается на заседании редколлегии.

Экземпляр журнала с опубликованной статьёй авторам не высылаётся и распространяется только по подписке. Гонорар не выплачивается.

Электронный вариант и бумажная копия статьи автору не возвращаются.



# ЛАБОРАТОРИЯ БИОМОНИТОРИНГА

Институт биологии Коми НЦ УрО РАН

Региональный центр государственного экологического  
контроля и мониторинга по Кировской области Государственного  
НИИ промышленной экологии

Вятский государственный гуманитарный университет

Лаборатория биомониторинга на базе Вятского государственного гуманитарного университета выполняет научно-исследовательские и прикладные работы по следующим направлениям:

- разработка и апробация новых методов биоиндикации состояния окружающей среды, лабораторного биотестирования природных и техногенных объектов;
- инженерно-экологические изыскания и оценка воздействия на окружающую среду при проектировании и строительстве;
- биологическое тестирование токсичности воздуха, природных и сточных вод, почв, промышленных отходов.

Аттестат аккредитации № РОСС RU.0001.515577

## ОБЛАСТЬ АККРЕДИТАЦИИ ЛАБОРАТОРИИ

Методика	Объекты биотестирования
МР МЗ №11-1/132-09	Атмосферный воздух
ПНД Ф Т 16.1.2.3.11-04	Природные и сточные воды, вода питьевая, атмосферные осадки (снежный покров)
ПНД Ф Т 16.1.2.3.12-06	
ПНД Ф Т 16.1.2.3.3.8-04	Почва, отходы, осадки сточных вод
ПНД Ф Т 16.1.2.3.3.9-06	
РД-118-02-90	Вода поверхностная и подземная, очищенные сточные воды
ФР.1.31.2003.00734	Природные и сточные воды, вода питьевая, атмосферные осадки (снежный покров)
ФР.1.31.2003.00735	Почва, донные отложения
ФР.1.31.2003.00736	Отходы и осадки сточных вод
ФР.1.39.2001.00282	Природные и сточные воды, вода питьевая, атмосферные осадки (снежный покров), почва, отходы, осадки сточных вод
ФР.1.39.2001.00283	
ФР.1.39.2001.00284	
ФР.1.39.2004.01143	

Почтовый адрес: 610002, г. Киров, ул. Красноармейская, д. 26, Вятский государственный гуманитарный университет, лаборатория биомониторинга, зав. лабораторией Т.Я. Ашихмина

Телефон/факс: (8332) 37-02-77

Электронная почта: ecolab@vshu.kirov.ru



