

# Теоретическая и прикладная ЭКОЛОГИЯ

## № 2, 2009

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. Гутенёв**, 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

**С.Ю. Огородникова**, к.б.н., старший научный сотрудник Института биологии Коми НЦ УрО РАН

Журнал издаётся при поддержке  
ОАО «Научно-исследовательский проектно-изыскательский институт «Кировпроект»,  
ФГУ Государственный научно-исследовательский институт промышленной экологии,  
Института биологии Коми НЦ УрО РАН,  
Вятского государственного гуманитарного университета

Издание зарегистрировано Федеральной службой  
по надзору в сфере массовых коммуникаций, связи  
и охраны культурного наследия  
Свидетельство о регистрации ПФ № ФС 77-29059

Подписной индекс **82027, 48482** в каталоге  
Агентства «Роспечать»

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, Gilyarovskiy 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-Кратков»

610020 г. Киров, ул. Советская, 51а

Тел./факс (8332) 36-61-44. E-mail: okrat@okrat.ru

Оригинал-макет, дизайн – Татьяна Коршунова, Денис Бельский

Фото на обложке – Татьяна Коршунова, Н.Н. Ходырев

Перевод – Ирина Кондакова

Выпускающий редактор – Мария Зелаева

Главный редактор издательства «О-Кратков» Евгений Дрогов

Подписано в печать 07.06.2009. Формат 60x84<sup>1</sup>/<sub>2</sub>. Печать офс.

Бумага офс. Усл.п.л. 12,5. Тираж 1150 экз. Заказ № 1576.

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 Общественного совета Федеральной службы по экологическому, техническому и атомному надзору

**В.И. Холстов**

д.х.н., директор департамента реализации конвенционных обязательств Министерства промышленности и торговли РФ

**В.Н. Чупис**

д.ф.-м.н., директор ФГУ Государственный научно-исследовательский институт промышленной экологии

**В.Г. Ильницкий**

к.э.н., директор ОАО «Научно-исследовательский проектно-изыскательский институт «Кировпроект»

### 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

**Г.А. Баталова**

д.с.-х.н., член-корреспондент РАСХН, ГУ Зональный научно-исследовательский институт сельского хозяйства Северо-Востока им. Н.В. Рудницкого

**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 промышленной экологии

**Г.М. Зенова**

д.б.н., профессор Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова

**В.И. Измалков**

д.т.н., профессор Военной Академии Генштаба МО РФ

**Г.Я. Кантор**

к.т.н., научный сотрудник лаборатории биомониторинга Института биологии Коми НЦ УрО РАН

**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.З. Латыпова**

д.х.н., член-корреспондент Академии наук Республики Татарстан, профессор Казанского государственного университета им. В.И. Ульянова-Ленина

**В.Н. Летов**

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

**Ли Юй**

Министерства здравоохранения России профессор, директор Института микологии Цицилинского аграрного университета, иностранный член РАСХН (КНР)

**В.А. Малинников**

д.т.н., профессор, ректор Московского государственного университета геодезии и картографии

**А.Г. Назаров**

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

**Ю.Г. Пузаченко**

д.г.н., профессор Института проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова

**В.П. Савиных**

д.т.н., член-корреспондент РАН, профессор, президент Московского государственного университета геодезии и картографии, лётчик-космонавт, дважды Герой СССР

**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

**Т.А. Трифонова**

д.б.н., профессор Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова

**А.И. Фокин**

депутат Государственной думы, зам. председателя комитета Государственной думы по природным ресурсам, природопользованию и экологии

**В.Т. Юнглод**

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; ecolab2@gmail.com

119017, г. Москва, Старомонетный пер., 29

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

# СОДЕРЖАНИЕ

## ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ЭКОЛОГИИ

*Е.И. Новосёлова, Н.А. Киреева* Ферментативная активность почв в условиях нефтяного загрязнения и её биодиагностическое значение .....4

## МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ. МОДЕЛИ И ПРОГНОЗЫ

*И.Г. Широких* Микроскопические грибы – уникальный источник природных биологически активных соединений .....13

## МОНИТОРИНГ АНТРОПОГЕННО НАРУШЕННЫХ ТЕРРИТОРИЙ

*С.А. Куклина, А.Г. Мешандин, О.Ю. Орлова* Гидрозольные препараты как иммунохимические диагностикумы для определения качества воды .....21

## ЭКОТОКСИКОЛОГИЯ

*А.Б. Захаров, А.И. Таскаев* Рыбные ресурсы континентальных водоемов Республики Коми в районах добычи и транспортировки нефтеуглеводородов .....23

## ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ РИСК И ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

*В.С. Петросян* Эффекты химических бумерангов на здоровье населения России .....30

## АГРОЭКОЛОГИЯ

*С.Г. Скугорева, Т.А. Адамович, Г.Я. Кантор, И.И. Шуктомова, Т.Я. Ашихмина* Изучение состояния почв на территории вблизи Кирово-Чепецкого химического комбината .....37

## ЭКОЛОГИЯ И ВОЕННО- ПРОМЫШЛЕННЫЙ КОМПЛЕКС

*Е.Н. Писаренко* Использование подсолнечника в качестве ремедианта загрязненных почв .....47

## ПОПУЛЯЦИОННАЯ ЭКОЛОГИЯ

*А.Г. Назаров, В.Н. Летов* Чернобыльская катастрофа и атомные бомбардировки Хиросимы и Нагасаки: черты сходства и существенного различия .....50

## СОЦИАЛЬНАЯ ЭКОЛОГИЯ

*О.А. Гончарова, А.В. Кузьмин, Е.Ю. Полоскова* Оценка динамики радиального прироста и особенности возрастной структуры сосновых древостоев в южном секторе Кольского полуострова .....58

## ПРОБЛЕМЫ ПРИРОДО- ПОЛЬЗОВАНИЯ

*А.Г. Татаринев, О.И. Кулакова* Многолетняя динамика структуры населения булавоусых чешуекрылых (*Lepidoptera*, *Papilionoidea*, *Hesperioidae*) сфагнового болота .....66

## ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ ПОРТРЕТ ПРЕДПРИЯТИЯ

*Т.В. Борисова, Е.Ю. Виноградова* Философские обоснования экологической этики и её категориальное определение .....75

## БИБЛИОГРАФИЯ

*О.Б. Шумская* Современное состояние и перспективы экологического взаимодействия приграничных регионов: Смоленская и Витебская области .....78

*Е.М. Тарасова, С.В. Кондрухова, Л.Г. Целищева* Государственный природный заповедник «Нургуш» .....90

Э.А. Штина. Учёный с мировым именем. Педагог. Общественный деятель (книга из серии «Почётные граждане города Кирова») .....98

# CONTENTS

<b>THEORETICAL PROBLEMS of ECOLOGY</b>	<i>E.I. Novosyolova, N.A. Kireyeva</i> Soil Enzymatic Activity in Conditions of Oil Contamination and its Biodiagnostic Importance .....4 <i>I.G. Shirokikh</i> Macroscopic Fungi as a Unique Source of Natural Bio-active Compounds .....13
<b>METHODOLOGY And METHODS of RESEARCH. MODELS And FORECASTS</b>	<i>S.A. Kuklina, A.G. Meshandin, O. Yu. Orlova</i> Hydrozoles as Immuno-chemical Means of Water Quality Diagnostics .....21
<b>MONITORING of ANTHROPOGENICALLY DAMAGED TERRITORIES</b>	<i>A.B. Zakharov, A.I. Taskaev</i> Fish Resources of Continental Water Bodies of the Komi Republic in the Areas of Hydrocarbons Extraction and Transit .....23
<b>ECOTOXICOLOGY</b>	<i>V.S. Petrosyan</i> Chemical Boomerangs and Population Health in Russia .....30
<b>ECOLOGICAL RISK And ECOLOGICAL SAFETY</b>	<i>S.G. Skugoreva, E.V. Dabakh, T.A. Adamovitch, G.Ya. Kantor, I.I. Shucktomova, T.Ya. Ashikhmina</i> Study of Soil State on the Territory Near the Chemical Industrial Complex in Kirovo-Tchepetsk .....37
<b>AGRICULTURAL ECOLOGY</b>	<i>E.N. Pisarenko</i> Sunflower as a Remediant of Soil Contamination .....47
<b>ECOLOGY And MILITARY-INDUSTRIAL COMPLEX</b>	<i>A.G. Nazarov, V.N. Letov</i> Chernobyl Catastrophe and Atomic Bombing of Hiroshima and Nagasaki: Common Features and Significant Differences .....50
<b>ECOLOGY of POPULATIONS</b>	<i>O.A. Goncharova, A.V. Kuzmin, E. J. Poloskova</i> Estimation of Radial Gain Dynamics and Age Structure of Pine Forest Stands in the Southern Sector of the Kola Peninsula .....58 <i>A.G. Tatarinov, O.I. Kulakova</i> Long-term Population Structure Dynamics of Rhopalocera Lepidopterous Insects ( <i>Lepidoptera, Papilionoidea, Hesperioidea</i> ) of Peat Moss Bogs .....66
<b>SOCIAL ECOLOGY</b>	<i>T.V. Borisova, E.Yu. Vinogradova</i> Philosophic Bases of Ecoethics and its Categorical Determination .....75
<b>PROBLEMS OF NATURE MANAGEMENT</b>	<i>O.B. Shumskaya</i> Contemporary State and Perspectives of Ecological Interaction of the Near-boundary Smolensk and Vitebsk Regions .....78
<b>ECOLOGICAL PORTRAIT OF ENTERPRISE</b>	<i>E.M. Tarasove, S.V. Kondrukhova, L.G. Tselishcheva</i> The State Nature Reserve «Nurgush» .....90
<b>BIBLIOGRAPHY</b>	E.A. Shtina. A World-famous Scientist. Teacher. Public Figure (a book from the series «Honourable Citizens of Kirov») .....98

**Ферментативная активность почв в условиях нефтяного загрязнения и её биодиагностическое значение**

© 2009. Е.И. Новосёлова, д.б.н., заведующая кафедрой, Н.А. Киреева, д.б.н., профессор, Башкирский государственный университет, e-mail: novoselova58@mail.ru

В статье приведён обзор литературы по влиянию загрязнения почв нефтью и её компонентами на активность большой группы гидролитических и окислительно-восстановительных ферментов. Показано, что активность некоторых из них можно использовать для биодиагностики загрязнённости почв, интенсивности процессов биodeградации и в качестве критерия восстановления почвенного плодородия.

The literature review presented in the article shows how soil contamination with oil and its components influences the activity of a big group of hydrolation and oxydoreduction enzymes. It is shown that the activity of some enzymes can be used to biodiagnose both soils contamination and the intensity of biodegradation processes, they also can serve as a criterion of soil fertility restoration.

Ключевые слова: нефтяное загрязнение, ферментативная активность почв, биодиагностика

Почва представляет собой многофазную, высоко реакционную систему, в пределах которой происходят сложные процессы создания, миграции, разрушения разнообразных органических и неорганических соединений [1].

Помимо уровня плодородия, важнейшим параметром, характеризующим почву, является её биологическая активность, которая складывается в результате взаимодействия живых организмов педосферы друг с другом и продуктами их жизнедеятельности. Высокая биологическая активность по О.А. Лукьянову [2] – это один из признаков «хорошего» биогеоценоза. Наиболее весомый вклад в суммарные показатели биологической активности почвы вносят микроорганизмы, выступающие в качестве редуцентов органических остатков и существенного источника почвенных ферментов. Наряду с общей численностью микроорганизмов необходимо определять ферментативную активность почв, являющуюся интегральным показателем, позволяющим оценить потенциальную активность всех организмов, населяющих почву [3 – 5].

В почве накапливается большое количество ферментов, которые способны длительное время функционировать в отрыве от продуцирующих их микроорганизмов. Основная масса почвенных ферментов находится в иммобилизованном состоянии на глинистых минералах, гумусе, органо-минеральных коллоидах, часть ферментов в свободном со-

стоянии в почвенном растворе [6]. В почве находятся все известные в живых организмах ферменты, в том числе определяющие плодородие и её «здоровье» – ферменты азотного, фосфорного, углеродного обмена, окислительно-восстановительные и др. В настоящее время в почве на наличие активности тестированы около 60 ферментов [6].

Ферменты – это неотъемлемый и активный биологический компонент почвы, непосредственно участвующий в выполнении одной из важнейших её функций – превращения вещества и энергии. Они играют важную роль в формировании специфических биологических путей трансформации вещества и энергии как в естественных, так и в нарушенных производственной деятельностью человека экосистемах. Работа этих ферментов определяет доступность элементов питания, а также способность почвы к детоксикации различных поллютантов. По ферментативной активности оцениваются плодородие почв, окультуренность, загрязнённость тяжёлыми металлами, нефтью, проводится мониторинг процессов минерализации нефти, техногенного засоления, диагностируется большой ряд биохимических процессов: гумусообразование, минерализация органических остатков и гумуса, нитрификация, азотфиксация [4, 7 – 25]. Биодиагностика загрязнённости почв, основанная на определении ферментативной активности, вызывает большой интерес, так как этот метод, нетрудоёмкий и достаточно

точный, позволяет выявить загрязнение на самых ранних стадиях [26, 27].

Катализаторами биodeградации нефти, одного из самых распространённых загрязнителей окружающей среды, являются ферменты, вырабатываемые микроорганизмами, растениями, животными, которые могут избирательно действовать на отдельные соединения и классы соединений.

Загрязнение почв нефтью меняет её ферментативную активность. По мнению Н.М. Исмаилова [29], влияние нефти и нефтепродуктов на ферменты многосторонне: прямое – ингибирование, разрушение или активация ферментов, и косвенное – изменение ферментативного пула почвы в результате ингибирования роста почвенной мезофауны и растений. Механизм действия нефти на активность ферментов может быть различным. При внесении в почву органических веществ они не только непосредственно воздействуют на фермент, влияя на его активность, но и могут изменять доступность субстрата. Так, ионы меди, которые являются сопутствующим компонентом сырой нефти, могут воздействовать на сам фермент, изменяя его сродство к субстрату, и переводить его из сорбированного на гранулах почвы в водорастворимое состояние, что сказывается на скорости реакции [28].

Гидролитическим ферментам принадлежит важная роль в обеспечении доступными элементами питания растений и микроорганизмов, и тем самым они участвуют в выполнении трофической функции. Они продуцируются функциональной группой микроорганизмов – гидролитами [30], главное экологическое значение которых – продуцирование и пополнение пула гидролитических ферментов в почве.

Экспериментально показано, что ферменты, образованные гидролитами, могут долго сохранять свою активность и продолжать гидролиз полимеров, обеспечивая доступным субстратом группу олиготрофов (кокки, стрептококки, неспорозные палочки), которая осуществляет минерализацию органических веществ, поступающих в почву [30]. Поступление нефти в почву, как правило, снижает активность гидролитических ферментов [31 – 37].

Рассмотрим активность наиболее изученных ферментов в нефтезагрязнённых почвах. Одним из важных биогенных элементов является азот, который играет ведущую роль в формировании биомассы растений. В почве

имеются гидролитические и окислительно-восстановительные ферментные системы, осуществляющие последовательное превращение азотсодержащих органических веществ через промежуточные стадии до минеральной нитратной формы и, наоборот, восстанавливающие нитратный азот до аммиака [4, 38, 39]. Антропогенное воздействие, в частности, нефтяное загрязнение, нарушает экологическое равновесие почв, которое проявляется в изменении структуры биоценозов, интенсивности и направленности азотного обмена. Активность ферментов азотного обмена является важным диагностическим показателем интенсивности процессов мобилизации почвенного азота.

Активность уреазы, осуществляющей гидролиз мочевины с образованием аммиака и углекислого газа, при нефтяном загрязнении повышается, и изменение её активности находится в полном соответствии с ростом численности аммонифицирующих микроорганизмов [29, 33, 40 – 43]. Прослеживается чёткая зависимость активности уреазы от степени загрязнения почвы [29, 40, 42 – 53]. Через 10-15 лет, когда основные процессы разложения нефти вступают в завершающую стадию деструкции – разложение сложных углеводов, наблюдается снижение активности уреазы, усиление активности каталазы, поэтому уреазная и каталазная активности могут быть использованы в качестве диагностических показателей при оценке состояния нефтезагрязнённых почв [54]. Повышение активности уреазы отмечается при загрязнении на фоне среднего и иногда значительного загрязнения, а сильное и очень сильное ингибирует её активность. Аналогичная зависимость выявлена и при нефтяном загрязнении на фоне слабого и сильного засоления [15]. Наблюдаемое снижение активности уреазы [40, 43, 44, 55 – 59] может быть обусловлено типом загрязняющей нефти, дозой, типом почвы, подвергшейся загрязнению.

Активность уреазы оказалась наиболее чувствительным показателем по отношению к нефтяному загрязнению [46, 52, 60, 61] и рекультивационным мероприятиям, например, внесению биопрепаратов Бациспектин, Деворойл. Экологические факторы влияют на изменение активности уреазы меньше, чем на другие ферменты. Она стимулируется высоким содержанием нефтепродуктов, избытком всех составляющих солевого компонента. Всё это свидетельствует о том, что её можно использовать в качестве биодиагностического пока-

зателя загрязнения почв нефтью [52, 60, 61] и критерия восстановления экологических и хозяйственных функций загрязнённых почв [53].

Нефтяное загрязнение активизирует активность гидроксиламинредуктазы и ингибирует активность аспарагиназы, глутаминазы, нитрат-, нитритредуктазы [33]. Активность нитрат- и нитритредуктазы предлагается использовать в качестве одного из диагностических показателей загрязнения почв нефтью, так как прослеживается чёткая зависимость их активности от степени загрязнения почв [33].

Нефтяные углеводороды по-разному влияют на активность уреазы. Она стимулируется парафиновыми углеводородами [46]. Отмечается ингибирующее действие на уреазу фенола [62], толуола [63]. Толуол действует на общую уреазную активность почвы, уролитические почвенные бактерии. По данным Г. Гонсалеса [63] формальдегид, толуол, децис, пиридин, гидрохинон и альфа-нафтол, даже в минимальной концентрации повышают активность уреазы. Загрязнение чернозёма, выщелоченного n-гексадеканом и циклогексаном в разных концентрациях, замазучивание почв повышает активность уреазы. Ароматические фракции, бензин, продукты частичного окисления нефтяных углеводородов (пальмитиновая, бензойная и салициловая кислоты) вызывают её снижение [33, 64, 64].

Замазучивание [64], нефтяное загрязнение почв снижают активность протеаз [33, 44, 46, 55, 58, 60, 65, 66], которая начинает повышаться только на седьмой [60] или девятый год [33] после загрязнения. Под влиянием нефти активность протеазы чернозёмов ингибируется даже на рекультивируемых участках [63]. Н.М. Исмаиловым [29] было показано стимулирование активности протеазы. Она чувствительна к воздействию водонефтяного потока и может использоваться в качестве критерия восстановления экологических и хозяйственных функций загрязнённых почв [63].

Нефть снижает активность ферментов, участвующих в углеродном цикле [35]. Установлено ингибирование целлюлазной активности в нефтезагрязнённых [35, 49, 67] и замазученных [64] почвах. Её ингибиторами могут быть серосодержащие соединения [68, 69]. Попадание в почву нефти, нефтепродуктов и нефтепромысловых сточных вод снижает активность инвертазы [29, 40 – 43, 46, 50, 52,

55, 63, 70-75]. Выявлено, что, чем больше количество углерода нефтепродуктов и сухого остатка, тем ниже активность инвертазы [43]. Снижение активности инвертазы связано, возможно, с низкой активностью целлюлозоразлагающих микроорганизмов и, соответственно, снижением в почве содержания дисахаридов. Активность инвертазы зависит от концентрации загрязнителя. При его высоких дозах активность падает, на слабозагрязнённых и рекультивируемых участках стимулируется [63]. В исследованиях, проведённых И.М. Габбасовой [15], показано, что все уровни загрязнения нефтью и сочетание типов загрязнителей ингибируют активность инвертазы. Ингибирующий эффект нефти выявлен и в отношении других изученных ферментов углеводного обмена: амилазы и ксиланазы [35].

Загрязнение чернозёма выщелоченного n-гексадеканом и циклогексаном в разных концентрациях повышает активность инвертазы и других карбогидраз. Бензин, ароматические фракции и продукты частичного окисления нефтяных углеводородов (пальмитиновая, бензойная и салициловая кислоты) вызывают снижение активности инвертазы. Наибольший ингибирующий эффект вызывает салициловая кислота [61].

В нефти выявляется большое разнообразие тяжёлых металлов (ТМ), которые вместе с ней загрязняют почву. В отличие от других химических веществ ТМ не подвергаются разрушению в экосистемах, слабо выводятся из почвы. Они включаются во все типы миграции и биологические кругообороты соединений, что неизбежно приводит к изменениям почвой функции стимулятора и ингибитора биохимических процессов [76]. Тяжёлые металлы (Pb, Zn, Ni, Cr, Cu, V, Ti, Sr, Sn) содержатся в горюче-смазочных материалах (ГСМ). Их количество возрастает в 1,5-3 раза по сравнению с фоном при многолетнем загрязнении ГСМ песчаных почв. Между содержанием ТМ в почвах и уровнем их ферментативной активности существует обратная связь [77].

Нефтяное органическое вещество ингибирует активность ферментов, участвующих в деградации фосфорсодержащих органических соединений: фосфатазы, фитазы, РНКазы, ДНКазы, АТФазы [34]. Причём токсичность высоких концентраций нефти (16 и 25 л/м<sup>2</sup>) для фосфатазы остаётся и через 10 лет после загрязнения. Ингибирование активности фосфатазы нефтью показано и рядом других авторов [31, 41, 55, 67, 72, 75].

Загрязнение различных почв смесью углеводородов (н-тетрадеканом, 5-метил-3-гептаном и нафталином) снижает фосфатазную активность, а также минерализацию азотсодержащих органических веществ [78]. Н-гексадекан и циклогексан в разных концентрациях повышают активность фосфатазы чернозёма выщелоченного. Бензин, ароматические фракции и продукты частичного окисления нефтяных углеводородов снижают её активность [61]. Для ряда почв установлено, что при нефтяном загрязнении снижается фитазная активность [4]. Повышение фосфатазной активности отмечено в исследованиях Д. Лопеса-Фернандеса с соавторами [51]. Все ТМ ингибируют активность фосфатазы в почвах. Степень ингибирования зависит от типа почвы и концентрации ТМ. Медь, хром, цинк, кадмий, никель, являющиеся сопутствующими компонентами нефти, в высоких концентрациях снижают фосфатазную активность и содержание АТФ в почве, которая является показателем количества микробной биомассы.

Распад нефти и нефтяных углеводородов в почве связан с окислительно-восстановительными процессами, происходящими при участии различных ферментов. Уровень активности окислительно-восстановительных ферментов – один из критериев самоочищающей способности почвы от нефтяных углеводородов. Активность каталазы характеризует стабилизацию почвенных условий [54] и играет роль биохимического «буфера», блокирующего накопление вредной для клеток перекиси водорода и таким образом участвующего в процессе самоочищения почвы [79]. При загрязнении почвы нефтью активность оксидазы меняется. Повышение активности каталазы [46, 52, 55, 58, 65, 66, 71, 80, 81], а также её снижение [31, 37, 41, 47, 48, 53, 55, 70 – 72, 75, 82, 83] при нефтяном загрязнении связаны с дозой загрязнения, типом загрязняющей нефти, буферной ёмкостью почвы [55, 65]. С.А. Алиев и Д.А. Гаджиев [80] предлагают использовать активность каталазы как показатель общей биологической активности почв с различной степенью загрязнения нефтяным органическим веществом, так как она хорошо коррелирует с общей численностью микроорганизмов.

Под влиянием ТМ (Fe, Cu, Zn, Mn, Pb) отмечается снижение активности каталазы [77]. Каталаза является не только внутриклеточным ферментом, но и активно выделяется микроорганизмами, может накапливаться

и длительное время сохраняться в почве [83]. Поэтому изменение её активности можно рассматривать иногда как показатель функционального состояния микробоценоза в различных экологических условиях [84].

Нефть – высококомпонентная субстанция, состоящая из множества различных соединений. Токсичность одних компонентов может быть нейтрализована присутствием других [85]. Показано, что токсичность нефти определяется главным образом содержанием летучих ароматических углеводородов (толуола, бензола, ксилола), нафталинов и некоторых других растворимых в воде фракций [86]. Наибольшее ингибирующее воздействие на биогенность почв оказывают ароматические углеводороды, наименьшее – парафины [29, 36, 83]. Н-гексадекан, циклогексан повышают активность каталазы [46, 83]. Бензин, ароматические фракции и продукты частичного окисления нефтяных углеводородов вызывают её снижение активности [61, 62, 87].

Активность каталазы существенно уменьшается при внесении в почву формальдегида в концентрациях 0,1; 1; 10 ПДК для почвы или толуола 10 ПДК. Децис при всех концентрациях и толуол в концентрации 0,1; 1 ПДК незначительно меняют активность каталазы. Пиридин, гидрохинон и альфа-нафтол существенно увеличивают скорость каталазной реакции при всех концентрациях 0,1; 1 и 10 ПДК, причём наблюдается закономерное снижение активности при увеличении концентрации загрязнителя выше 10 ПДК, внесённого в почвенный образец, что снижает функцию каталазы. Статистический анализ показал, что на уровень каталазной активности ингибирующее воздействие оказывает нефтяное загрязнение и солевые компоненты водонефтяного потока. Активность каталазы чувствительна к воздействию водонефтяного потока. Загрязнение почвы горючими маслами активизирует каталазу [78].

На динамику фенолоксидазной активности влияют гидротермические условия и экологические факторы [84]. Низкие дозы нефти стимулируют активность пероксидазы и полифенолоксидазы, высокие – ингибируют [75, 87]. Загрязнение почвы ГСМ снижает активность полифенолоксидазы [77], серусодержащие соединения – активность пероксидазы, полифенолоксидазы [68, 69].

Существует определённая специфика оксидоредуктазных ферментативных систем (дегидрогеназ), активность которых зависит

от интактной клеточной системы электронного транспорта и не обнаруживается вне клеток микроорганизмов [13].

Нефтяное загрязнение ингибирует дегидрогеназную активность [32, 41, 44-48, 52, 56, 57, 59, 60, 65, 70 – 72, 81, 82, 88]. В ряде исследований установлен рост её активности при загрязнении нефтью [29, 41, 53, 65, 89]. В серой лесной почве, загрязнённой сырой нефтью, не выявлено достоверных изменений её активности в полевых условиях [83]. По данным У. Франкенберга с соавт. [90], Н.М. Исмаилова с соавт. [91], почвенные дегидрогеназы как одни из самых чувствительных к нефтяному загрязнению ферментов ингибируются в наибольшей степени не самими углеводородами, а продуктами их деградации, которые могут накапливаться в почве и длительное время оказывать токсическое влияние, несмотря на снижение в почве содержания углеводородов. Установлена обратная зависимость между содержанием нефти и активностью дегидрогеназы [89]. Нефтяное загрязнение на длительное время ингибирует активность окислительно-восстановительных ферментов. Даже через 10 лет после нефтяного загрязнения выявляется низкая активность дегидрогеназы, пероксидазы, полифенолоксидазы [92]. Снижение активности дегидрогеназы с увеличением концентрации загрязнителя может быть связано с ростом соотношения C:N [93].

Углеводороды, как компоненты нефти, по-разному влияют на активность дегидрогеназы. Фенол [62], продукты окисления нефти ароматического характера ингибируют активность дегидрогеназы, парафиновые углеводороды – стимулируют её [46]. По степени усиления ингибирующего действия фракций нефти на дегидрогеназу они располагаются в следующей последовательности: сырая нефть > бензин со свинцом > дизельное топливо > двигательное топливо > керосин [90]. Загрязнение n-гексадеканом и циклогексаном повышает активность дегидрогеназы, ароматические фракции и продукты частичного окисления нефтяных углеводородов снижают её [83, 87].

Активность дегидрогеназ и интенсивность дыхания стимулируются углеводородами нефти, существенно не зависят от концентрации солей техногенного происхождения и могут использоваться в качестве критериев восстановления экологических и производственных функций загрязнённых почв [53].

Горючие масла активизируют дегидрогеназу. Загрязнение различных почв смесью

углеводородов (n-тетрадеканом, 5-метил-3-гептаном и нафталином), замазучивание, воздействие полициклическими ароматическими углеводородами, флуорантинном и бенз(а)пиреном, полихлорированными бифенилами, топливным маслом вызывает снижение дегидрогеназной активности [78, 94 – 97]. В зависимости от исходного уровня загрязнения и сопутствующих факторов для восстановления дегидрогеназной активности замазученных почв требуется до 3 лет [64]. Негативный эффект влияния тяжёлых фракций (масла и гудроны) обусловлен увеличением гидрофобности почв за счёт сорбции в верхнем гумусовом горизонте смолисто-асфальтеновых компонентов, иногда прочно цементирующих его [82, 85].

Тяжёлые металлы блокируют реакции с участием фермента, что приводит к уменьшению либо к прекращению его каталитического действия. Так, дегидрогеназы содержат цинк, замещение которого кобальтом, никелем, марганцем снижает их активность, а замещение медью, кадмием, ртутью, свинцом ведёт к её полному прекращению [98]. Следствием этого является угнетение процессов анаэробного дегидрирования специфических (гумусовые вещества) и неспецифических субстратов (углеводы, жиры, аминокислоты, хиноны и др.). ТМ повышают активность почвенной ферриредуктазы в 2,8 раза, что, возможно, связано с повышением количества оксида железа (II), который в этой форме выступает как субстрат для ферментативной реакции [83, 99].

При загрязнении нефтью в почву попадают фенольные компоненты, которые косвенно, через посредство образовавшихся хинонов и других окисленных продуктов, вызывают в почве окисление ряда веществ, в том числе и аскорбиновой кислоты. Окисление её может проходить и при участии специфической аскорбатоксидазы, источником которой могут быть микроорганизмы, корневые выделения и растительные остатки в почве [100]. Активность аскорбатоксидазы увеличивается пропорционально росту концентрации загрязнителя и может быть использована в практике биодиагностики нефтезагрязнённых почв [83, 88].

Низкие дозы нефти (0,5 – 1%) активизируют сульфитоксидазу, сульфитредуктазу и цистеиндегидрогеназу выщелоченного чернозёма. С ростом содержания нефтяных углеводородов активность этих ферментов снижается [101, 102]. Топливные масла акти-

визируют диметилсульфоксидредукцию при загрязнении почвы [78]. Активность липазы, участвующей в биодеградации липидов, нарастает пропорционально росту концентрации нефти и может использоваться как биоиндикатор её деградации [103].

Таким образом, обзор литературы показывает, что ферментативная активность почв чутко реагирует на загрязнение почв нефтью, нефтяными углеводородами, нефтепродуктами, компонентами нефти – тяжёлыми металлами. Она является показателем концентрации, длительности загрязнения и может с успехом использоваться в практике биодиагностики с учётом региональных особенностей.

### Литература

1. Стебаев И.В., Пивоварова Ж.Ф., Смоляков Б.С., Неделькина С.В. Общая биогеосистемная экология. Новосибирск: ВО «Наука». Сибирская издательская фирма, 1993. С. 91-111.
2. Лукьянов О.А. К проблеме оценки качества и состояния нарушенных экосистем // Животные в условиях антропогенного ландшафта. Свердловск. 1990. С. 61-69.
3. Галстян А.Ш. Ферментативная активность почв Армении. Ереван: Изд-во Айастан, 1974. 275 с.
4. Хазиев Ф.Х. Системно-экологический анализ ферментативной активности почв. М.: Наука, 1982. 203 с.
5. Важенин И.Г. О разработке предельно допустимых концентраций (ПДК) химических веществ в почве // Бюл. Почв. ин-та им. В.В. Докучаева. 1983. Вып. 35. С. 3-6.
6. Хазиев Ф.Х. Методы почвенной энзимологии. М.: Наука, 2005. 252 с.
7. Галстян А.Ш., Григорян К.В. Ферментативная диагностика почв // Тр. НИИ почвовед. и агрохимии, Ереван: МСХ АрмССР. 1978. № 13. С. 132-140.
8. Григорян К.В., Галстян А.Ш. Влияние загрязнённых промышленными отходами оросительных вод на ферментативную активность почв // Почвоведение. 1979. № 3. С. 130-138.
9. Григорян К.В., Галстян А.Ш. Диагностика загрязнённых тяжёлыми металлами орошаемых почв по активности фосфатазы // Почвоведение. 1986. № 8. С. 63-67.
10. Галстян А.Ш. Ферментативная диагностика почв // Пробл. и методы биол. диагностики и индикации почв. М., 1980. С. 110-121
11. Григорян К.В. Влияние ионов тяжёлых металлов на активность ферментов почв // Биол. ж. Армении. 1982. Т. 35. № 8. С. 653-656.
12. Краснова Н.М. Ферментативная активность как биоиндикатор загрязнения почв тяжёлыми металлами // Докл. ВАСХНИЛ. 1983. № 7. С. 41-43.
13. Воробейчик Е.Л., Садыков О.Ф., Фарафонов М.Г. Экологическое нормирование техногенных загрязнений наземных экосистем (локальный уровень). Екатеринбург: УИФ «Наука», 1994. 280 с.
14. Безуглова О.С., Курносоев А.А., Казеев К.Ш. К вопросу о биологическом мониторинге почв // Современные проблемы биоиндикации и биомониторинга: Тез. XI Междунар. симпоз. по биоиндикаторам. Сыктывкар. 2001. С. 14-15.
15. Габбасова И.М. Деградация и рекультивация почв Южного Приуралья. Автореф. дис. ... докт. биол. наук. Москва. 2001. 45 с.
16. Гришко В.Н., Кучма В.Н. Активность кислой и щелочной фосфатазы в почве, загрязненной фторидами // Почва как связующее звено функционирования природных и антропогенно-преобразованных экосистем: Матер. междунар. науч.-практ. конф. Иркутск. 2001. С. 100-102.
17. Девятова Т.А., Щербаков А.П. Биологическая активность чернозёмов центра Русской равнины // Почвоведение. 2006. № 4. С. 502-508.
18. Бухгалтер Э.Б., Галиулин Р.В., Грунвальд А.В., Башкин В.Н., Галиулина Р.А. Ремедиация почвы, загрязнённой ингибитором гидратообразования – метанолом // Защита окружающей среды в нефтегазовой промышленности. 2007. № 11. С. 17-19.
19. Галиулин Р.В., Галиулина Р.А. Ферментативная индикация загрязнения тяжёлыми металлами донныхотложений водных экосистем // Агрохимия. 2007. № 4. С. 68-74.
20. Бухгалтер Э.Б., Башкин В.Н., Галиулин Р.В., Галиулина Р.А. Ферментативная индикация загрязнения почвы поверхностно-активными веществами // Экология и промышленность России. 2008. № 12. С. 24-26.
21. Колесников С.И., Попович А.А., Казеев К.Ш., Вальков В.Ф. Влияние загрязнения фтором, бором, селеном, мышьяком на биологические свойства чернозёма обыкновенного // Почвоведение. 2008. № 4. С. 448-453.
22. Колесников С.И., Попович А.А., Казеев К.Ш., Вальков В.Ф. Изменение эколого-биологических свойств почв юга России при загрязнении фтором // Агрохимия. 2008. № 1. С. 76-82.
23. Tyler G. Heavy metal pollution and soil enzymatic activity // Plant and Soil. 1974. V. 41. № 2. P. 184-191.
24. Kelly J.J., Haggblom M., Tate R.L. Changes in soil microbial communities over time resulting from one time application of zinc: a laboratory microcosm study // Soil Biol. Biochem. 1999. № 31. P. 1455-1465.
25. Margesin R., Zimmerbauer A., Schinner F. Monitoring of bioremediation by soil biological activities // Chemosphere. 2000. V. 40. P. 339-346.
26. Краснова Н.М. Ферментативная активность как биоиндикатор загрязнения почв тяжёлыми металлами. Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. М. 1982. 25 с.

27. Краснова Н.М. Активность почвенных ферментов в условиях техногенного загрязнения // Химия в сельском хозяйстве. 1982. Т. 20. № 3. С. 28-30.
28. Кочетков И.А., Кавеленова Л.М. Изучение дыхательной активности почв некоторых растительных сообществ Красносамарского лесничества // Экологические проблемы среднего Поволжья: Матер. межрегион. науч.-практ. конф. Ульяновск. 1999. С. 128-130.
29. Исмаилов Н.М. Микробиология и ферментативная активность нефтезагрязнённых почв // Восстановление нефтезагрязнённых почвенных экосистем. М.: Наука, 1988. С. 42-57.
30. Гузев В.С. Экологическая оценка антропогенных воздействий на микробную систему почвы. Автореф. дис. ... докт. биол. наук. М.: МГУ, 1988. 38 с.
31. Киреева Н.А., Новосёлова Е.И. Влияние нефтепродуктов на биологическую активность серой лесной почвы // II съезд общества почвоведов: Тез. докл. С.-Петербург. 1996. Кн. 1. С. 261.
32. Киреева Н.А., Новосёлова Е.И., Хазиев Ф.Х. Использование активного ила для рекультивации почв, загрязнённых нефтью // Почвоведение. 1996. № 11. С. 1399-1403.
33. Киреева Н.А., Новосёлова Е.И., Хазиев Ф.Х. Ферменты азотного обмена в нефтезагрязнённых почвах // Известия АН. Сер. биол. 1997. С. 755-759.
34. Киреева Н.А., Новосёлова Е.И., Хазиев Ф.Х. Фосфатазная активность нефтезагрязнённых почв // Почвоведение. 1997. № 6. С. 723-725.
35. Киреева Н.А., Новосёлова Е.И., Хазиев Ф.Х. Активность карбогидраз в нефтезагрязнённых почвах // Почвоведение. 1998. № 12. С. 1444-1448.
36. Киреева Н.А., Новосёлова Е.И., Хазиев Ф.Х. Изменение свойств серой лесной почвы при загрязнении нефтью и в процессе рекультивации // Башкирский экологический вестник. 1998. № 3. С. 3-7.
37. Логинов О.Н., Силищев Н.Н., Бойко Т.Ф., Галимзянова Н.Ф. Биотехнологические методы очистки окружающей среды от техногенных загрязнений. Уфа: Гос. Изд-во научно-технической литературы «Реактив», 2000. 100 с.
38. Купревич В.Ф., Щербакова Т.А. Почвенная энзимология. Минск: Наука и техника, 1966. 275 с.
39. Хазиев Ф.Х. Почвенные ферменты. М.: Знание, 1972. 32 с.
40. Демидиенко А.Я., Демурджан В.М. Пути восстановления плодородия нефтезагрязнённых почв чернозёмной зоны Украины // Восстановление нефтезагрязнённых почвенных экосистем. М.: Наука, 1988. С. 197-206.
41. Хазиев Ф.Х., Тишкина Е.И., Киреева Н.А., Кузяхметов Г.Г. Влияние нефтяного загрязнения на некоторые компоненты агроэкосистемы // Агрохимия. 1988. № 2. С. 56-61.
42. Тишкина Е.И. Влияние нефтяного загрязнения на свойства серых лесных почв Предуралья и пути восстановления их плодородия. Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Воронеж. 1989. 23 с.
43. Хабиров И.К., Габбасова И.М., Хазиев Ф.Х. Устойчивость почвенных процессов. Уфа: БГАУ, 2001. 327 с.
44. Самосова С.М., Артемьева Т.И., Минибаев В.Г., Губайдуллина Т.С., Фильченкова В.И., Борисович Т.М., Абдрашитов Ш.М., Бакирова В.Г. Влияние загрязнения почвы нефтью и засоленными пластовыми водами на свойства почвы, микробное и животное население // Повышение эффективности использования земельных ресурсов ТАССР и защита земель от разрушения: Матер. конф. М., 1978. Т. 3. С. 292-306.
45. Самосова С.М., Фильченкова В.И., Усачёва Г.М., Петрова Л.М., Губайдуллина Т.С. К вопросу о роли микроорганизмов в разложении нефтяного загрязнения почвы // Микроорганизмы как компонент биогеоценоза: Матер. всеросс. симпозиума. Алма-Ата. 1982. С. 54-55.
46. Исмаилов Н.М. Нефтяное загрязнение и биологическая активность почв // Добыча полезных ископаемых и геохимия природных экосистем. М., 1982. С. 227-235.
47. Зименко Т.Г., Картыжова Л.Е. Влияние нефтяного загрязнения на биологическую активность дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы // Вестн. АН БССР. Сер. Биол. наук. 1986. № 6. С. 52-55.
48. Зименко Т.Г., Картыжова Л.Е. Влияние речички нефти на биогенность дерново-подзолистой почвы // Микробиологические процессы в почвах и урожайность сельскохозяйственных культур: Матер. конф. Вильнюс. 1986. С. 125.
49. Кайгородова С.Ю. Биологическая активность нефтезагрязнённых болотных почв Тюменской области // Программа и тезисы IV национальной конференция Ин-та биологии: Тез. докл. Сыктывкар. 1996. С. 56.
50. Габбасова И.М., Абдрахманов Р.Ф., Хабиров И.К., Хазиев Ф.Х. Изменение свойств почв и состава грунтовых вод при загрязнении нефтью и нефтепромышленными сточными водами в Башкирии // Почвоведение. 1997. № 11. С. 1362-1372.
51. Lopez-Hernandez D., Hernandez C.L., Briceno G., Pulido R. Effect of oil spills on microbial and enzymatic soil parameters of savanna soils: long-term and incubation experiments // Enzymes in the Environment: Activity, Ecology and Applications. Oregon State Univ., Corvallis. 1999. P. 128.
52. Тарасенко Е.М., Новосёлова Е.И., Валиуллина А.А., Онегова Т.С. Использование ферментативной активности для диагностики антропогенной трансформации почв // Почва как связующее звено функционирования природных и антропогенно-преобразованных экосистем: Матер. междунар. науч.-практ. конф. Иркутск. 2001. С. 156.

53. Медведева Е.И. Биологическая активность нефтезагрязнённых почв в условиях Среднего Поволжья: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Тольятти. 2002. 18 с.
54. Маркарова М.Ю., Канева Ю.С. Взаимосвязь между ферментативной и микробиологической активностью нефтезагрязнённых почв Севера // 14 Коми республиканская молодёжная науч. конф.: Тез. докл. Сыктывкар. 2000. Т. 2. С. 132-133.
55. Алиев С.А., Гаджиев Д.А. Влияние загрязнения нефтяным органическим веществом на активность биологических процессов почв // Изв. АН АзССР. Сер. Биол. наук. 1977. № 2. С. 46-49.
56. Саттаров У.Г., Самосова С.М., Храмов И.Т., Артемьева Т.И., Минибаев Р.Г., Трибрат Т.Г., Гилязов М.Ю. Некоторые результаты комплексных исследований по рекультивации земель в объединении «Татнефть» // Нефть. промышл. Сер. Коррозия защита. М.: ВНИИОЭНГ, 1982. № 3 С. 29-31.
57. Фильченкова В.И. Биологическая активность карбонатного чернозёма при нефтяном загрязнении // Защита растений и охрана окружающей среды в Татарской АССР. Казань. 1982. С. 168-170.
58. Исмаилов Н.М. Влияние нефтяного загрязнения на круговорот азота в почве // Микробиология. 1983. Т. 52. № 6. С. 1003-1008.
59. Сафонникова С.М., Магжанова С.А., Яхина М.Р., Максимова Г.Ф., Ларина Е.А. Санитарно-гигиенические аспекты загрязнения почвы города крупным нефтехимическим комплексом // Гигиена произв. и окруж. среды, охрана здоровья рабочих в нефтегазодобыв. и нефтехим. пром-ти: Тр. Моск. НИИ гигиены. М. 1992. С. 128-132.
60. Самосова С.М., Фильченкова В.И., Кипрова Р.Р., Мусина Г.Х., Губайдуллина Т.С., Махмутова Ф.Б. Микрофлора чернозёмных почв и её активность при загрязнении нефтью. Казань. 1983. ВИНТИ-№ 6073 - 83. Деп. 19 с.
61. Киреева Н.А., Водопьянов В.В., Мифтахова А.М. Биологическая активность нефтезагрязнённых почв. Уфа: Гилем, 2001. 376 с.
62. Долгова Л.Г. Биохимическая активность почвы при загрязнении // Почвоведение. 1975. № 4. С. 113-118.
63. Gonzales G. S., Perez M. M., Fuente Marcos M. A. Actividad ureasica y poblaciones microbianas: efecto del tolueno // An edafol. y agrobiol. 1982. V.41. № 11-12. P. 2345-2355.
64. Гилязов М.Ю. Агроэкологическая характеристика нарушенных при нефтедобыче чернозёмов и приёмы их рекультивации в условиях Закамья Татарстана. Автореф. дис. ... докт. с.-х. наук. Саратов. 1999. 43 с.
65. Андресон Р.К., Хазиев Ф.Х. Борьба с загрязнением почвогрунтов нефтью. // Сер. коррозия и защита в нефтегазовой промышленности. М.: ВНИИОЭНГ, 1981. 45 с.
66. Ахмедов А.Г., Ильин Н.П., Исмаилов Н.М., Пиковский Ю.И. Особенности деградации тяжёлой нефти в светлых светло-коричневых почвах сухих субтропиках Азербайджана // Добыча полезных ископаемых и геохимия природных экосистем. М.: Наука. 1982. С. 217-225.
67. Llanos C., Kjoller A. Changes in the flora of soil fungi following oil waste application // Oikos. 1976. № 27. P. 377-382.
68. Коваленко Л.А., Королёва Л.И., Коковкина Т.Ф., Симонова Л.И., Шебалова Н.М. Биоиндикация состояния лесных почв методом ферментативного анализа в зоне промышленного загрязнения фтор- и сульфатсодержащими поллютантами // Леса Башкортостана: современное состояние и перспективы: Матер. научн.-практ. конф. Уфа. 1997. С. 126-128.
69. Шебалова Н.М., Бабушкина Л.Г. Микробиологическая и ферментативная активность лесной подстилки в верхних горизонтах почв в условиях техногенного загрязнения // Тр. Коми НЦ УрО РАН. 1997. № 155. С. 125-136.
70. Ахундова Л.Х., Масловецкая Г.Ю. Влияние нефтепродуктов на ферментативные процессы в почве // Научные основы гигиены окружающей среды и инфекционной патологии. Баку. 1980. С. 29-33.
71. Хазиев Ф.Х., Фатхиев Ф.Ф. Изменение биохимических процессов в почвах при нефтяном загрязнении и активация разложения нефти // Агрохимия. 1981. Т. 1. № 10. С. 102-111.
72. Тишкина Е.И., Киреева Н.А. Окультуривание нефтезагрязнённых серых лесных почв // Повышение плодородия почв в условиях интенсивной системы земледелия: Сб. статей. Уфа. БФ АН СССР, 1986. С. 145-151.
73. Берадзе И.А., Ошакмашвили Н.Л. Биологическая активность нефтезагрязнённых почв // Сообщ. АН ГССР 1987. 128. № 1. С. 129-132.
74. Антоненко А.М., Занина О.В. Влияние нефти на ферментативную активность аллювиальных почв Западной Сибири // Почвоведение. 1992. № 1. С. 38-43.
75. Самедов П.А. Биоиндикация нефтезагрязнённых серо-бурых почв Апшерона // Современные проблемы биоиндикации и биомониторинга: Тез. XI Междунар. симпоз. по биоиндикаторам. Сыктывкар, 2001. С. 166.
76. Добровольский Г.В., Никитин Е.Д. Экология почв. М.: МГУ, 2006. 362 с.
77. Щелчкова М.В., Пестерев А.П., Саввинов Г.Н. Показатели ферментативной активности и микроэлементного состава в оценке загрязнения мерзлотных почв горюче-смазочными материалами // Наука и образование. 2001. № 1. С. 1-5.
78. Kandeler E., Kampichler C., Horak O. Influence of heavy metals on the functional diversity of soil microbial communities // Biol. Fert. Soils. 1994. V. 23. P. 299-306.
79. Кочетков И.А., Лазарева И.О. Влияние некоторых загрязнителей на показатели биологической активности почвы // Вопросы экологии и охраны природы

в лесостепной и степной зонах: Междунар. межведомствен. сб. науч. трудов. Самара. 1999. С. 160-165.

80. Алиев С.А., Гаджиев Д.А. Биологические приемы рекультивации нефтепромысловых земель Азербайджанской ССР (на примере Апшерона) // Расширенное совещание по окультуриванию и рекультивации почв Закавказья: Матер. докл. Кировабад. 1975. С. 3-4.

81. Андресон Р.К., Мукатанов А.Х., Бойко Т.Ф. Экологические последствия загрязнения нефтью // Экология. 1980. № 6. С. 21-25.

82. Мукатанов А.Х., Ривкин П.Р. Влияние нефти на свойства почв // Нефтяное хозяйство. 1980. № 4. С. 53-54.

83. Киреева Н.А., Новосёлова Е.И., Онегова Т.С. Активность каталазы и дегидрогеназы в почвах, загрязнённых нефтью и нефтепродуктами // Агрохимия. 2002. № 8. С. 64-72.

84. Щербакова Т.А. Ферментативная активность почв и трансформация органического вещества (в естественных и искусственных фитоценозах). М.: Наука и техника, 1983. 222 с.

85. Пиковский Ю.И. Трансформация техногенных потоков нефти в почвенных экосистемах // Восстановление нефтезагрязнённых почвенных экосистем. М.: Наука, 1988. С. 7-23.

86. Mitchell W. W., Lounachan T. E., Mikendrick J. D. Effects of tillage and fertilization on persistence of crude oil contamination in an Alaskan soil // J. Environ. Quality. 1979. V. 8. P. 525-532.

87. Киреева Н.А., Новосёлова Е.И., Ямалетдинова Г.Ф. Активность оксидоредуктаз в нефтезагрязнённых и рекультивируемых почвах // Агрохимия. 2001. № 4. С. 53-60.

88. Новосёлова Е.И. Мониторинг состояния нефтезагрязнённых почв по активности окислительно-восстановительных ферментов // Матер. междунар. науч. конф. Екатеринбург: Изд-во Уральского ун-та, 2007. С. 536-543.

89. Skujins J. History of abiotic soil enzyme research // Soil Enzymes / N. Y.: Academic Press Inc, 1978. P. 1-19. / Ed. by RG. Burns.

90. Frankenberger W. T., Johanson J. B. Influence of crude oil and refined petroleum products on soil dehydrogenase activity // J. Environ. Qual. 1982. № 4. P. 602-607.

91. Исмаилов Н.М., Гаджиев В.И., Гасанов М.Г. Коэффициент минерализации углеводов как показатель

самоочищающей способности нефтезагрязнённых почв и эффективности применяемых методов их рекультивации // Изв. Аз. ССР Сер. биол. н. 1984. № 6. С. 76-85.

92. Андресон Р.К., Бойко Т.Ф., Багаутдинов Ф.Я., Даниленко Л.А., Денежкин Е.М., Новосёлова Е.И., Хазиев Ф.Х., Андресон Б.А. Применение биологического метода для очистки и рекультивации нефтегазозагрязнённых почв // Защита от коррозии и охрана окружающей среды. 1994. № 2. С.16-18.

93. Cerna S. Vliv organických Latek a pomeru C:N dehydrogenazovon aktivitu v pude // Rostl. výroba. 1973. rocz. 19. S. 9. S. 923-930.

94. Wilke B.-M. Effects of non-pesticide organic pollutants on soil microbial activity // Adv. GeoEcol. Reiskirchen. 1997. № 30. P.117-132.

95. Wilke B.-M., Koch. Combination effects of selected PAHs, PCBs and heavy metals on bacteria and dehydrogenase activity of sewage farm soils// Congr. Mondial Sci. Soil. Motpellier, 16. 1998. № 2. P. 685.

96. Popa A. Fctivitatea dehidrogenazica in sol ca test ecotoxicologic pentru poluanti anorganici si organici // Stud. Univ. Babes-Bolyai. Biol. 1999. № 44 (1-2). P. 169-178.

97. Popa A. Inductia enzimatica in sol ca test ecotoxicologic pentru poluanti anorganici si organici // Stud. Univ. Babes-Bolyai. Biol. 2000. № 45 (1). P. 129-138.

98. Черников В.А., Алексахин Р.М., Голубев А.В. и др. Агроэкология. М.: Колос, 2000. 536 с.

99. Галиулин Р.В., Пинский Д.Л. Действие свинца на дегидрогеназную активность серозёмно-луговой почвы // Агрохимия. 1988. № 6. С. 93-99.

100. Долгова Л.Г. Активность оксидоредуктаз как диагностический показатель загрязнения почвы промышленными отходами // Почвоведение. 1978. № 7. С. 152-157.

101. Ямалетдинова Г.Ф. Изучение процессов биологической трансформации серы в нефтезагрязнённых почвах // 14 Коми республиканская молодёжная науч. конф.: Тез. докл. Сыктывкар. 2000. Т. 2. С. 276.

102. Киреева Н.А., Ямалетдинова Г.Ф., Новосёлова Е.И., Хазиев Ф.Х. Ферменты серного обмена в нефтезагрязнённых почвах // Почвоведение. 2002. № 4. С. 474-480.

103. Киреева Н.А., Тарасенко Е.М., Шамаева А.А., Новосёлова Е.И. Влияние нефти и нефтепродуктов на активность липазы серой лесной почвы // Почвоведение. 2006. № 8. С. 1005-1011.

## Микроскопические грибы – уникальный источник природных биологически активных соединений

© 2009 И.Г. Широких, д.б.н.,

лаборатория биомониторинга Института биологии Коми НЦ УрО РАН и ВятГГУ,  
e-mail: ecolab2@gmail.com

С середины XX века исследования в области фармацевтической микологии, науки о медицинских свойствах грибов, привели к ряду громких открытий, включая антибиотики, противовоспалительные и сердечно-сосудистые препараты. Учёные обратили внимание на ранее не исследованный пласт сырья для фармакологии. Ведь в грибах, как и в растениях, содержится гигантское количество веществ, мало изученных наукой.

In the mid of the XXth century in the sphere of mycology great discoveries were made, such as antibiotics, antiphlogistic and cardiovascular medications. Scientists paid their attention to the materials that had not yet been investigated in pharmacology. Fungi, as well as plants, contain a great amount of substances that have not yet been scientifically investigated.

Ключевые слова: микромицеты, полисахариды, антибиотики, антиоксиданты, ферменты, каротиноиды, липиды

Сегодня более половины от вновь открываемых физиологически активных соединений составляют метаболиты грибов [1]. Значительный прогресс в области экспериментальной микологии позволил создать новое направление – использование грибов в медицине, приобретающее всё большее значение в лекарственной промышленности. Грибные культуры в производстве биологически активных веществ особенно перспективны, поскольку, являясь эукариотами, они обладают системами регуляции, более близкими к системам регуляции человека, чем, например, бактерии. Именно у них можно ожидать синтеза веществ, существенных для модификации функционирования важнейших систем организма человека. Разнообразные грибные метаболиты, включая антибиотики, полисахариды и ферменты, сегодня широко применяются в качестве лекарственных средств [2, 3].

**Антибиотики.** Грибные культуры исторически явились основой для создания глобального направления в антимикробной химиотерапии и в настоящее время остаются важнейшим источником антибиотиков. С микроскопическими грибами связаны две революции в фармакологии нового времени [4]. Первая – открытие пенициллина (продуценты *Penicillium chrysogenum*, *P. notatum*, *P. crustosum*). Этот первый нашедший клиническое применение антибиотик спас от смерти больше людей, чем все остальные лекарства, вместе взятые. С его открытием стало воз-

можно лечить болезни, считавшиеся ранее абсолютно летальными, такие как перитонит, сепсис. И хотя затем было найдено огромное количество бактериальных антибиотиков, главным образом из актиномицетов, грибные антибиотики из группы бета-лактамов – пенициллины и цефалоспорины – остаются по сей день вне конкуренции.

В связи с распространением штаммов патогенных бактерий, устойчивых к лекарственным препаратам, поиск новых антибиотиков остаётся постоянно актуальной задачей. Недавно получены данные, что штаммы с высокой антибиотической активностью обнаружены среди энтомопатогенных грибов. Наибольшее число активных штаммов выявлено в родах *Metarhizium*, *Tolyocladium*, *Simplicillium* [5]. Экстракты из биомассы штамма *Simplicillium lamellicola* F-852 обладают высокой активностью в отношении *Staphylococcus aureus*.

Вторая фармакологическая революция произошла недавно. Благодаря открытию грибных антибиотиков из группы циклоспоринов (продуцент – *Tolyocladium inflatum*), которые оказались высокоактивными иммунодепрессантами, была решена проблема иммунной некомпетентности пересаженных органов и их отторжения. Операции по трансплантации органов стали обычным клиническим приёмом, больные перестали умирать.

**Липиды.** Низшие мицелиальные грибы (в частности, представители определённых

таксонов зигомицетов и оомицетов) и некоторые дрожжи рассматриваются в качестве потенциальных продуцентов липидов, которые могут быть использованы для производства лекарственных препаратов, содержащих биоактивные липиды (полиеновые жирные кислоты, фосфолипиды, жирорастворимые витамины и др.) [6 – 8]. Липидные препараты, содержащие эссенциальные жирные кислоты, такие как линолевая, гамма-линоленовая и др. обладают биологической и фармакологической активностью широкого спектра действия: понижают уровень холестерина и триацилглицеридов в плазме, препятствуют развитию атеросклеротических процессов и других кардиоваскулярных заболеваний, понижают коллагениндуцируемую агрегацию тромбоцитов и др. Ранее полиненасыщенные жирные кислоты получали из жиров рыб, что представляло многоступенчатый и неэкономичный процесс.

Представители *Phycomycetes* синтезируют линоленовую кислоту (предшественник арахидоновой кислоты). Имеется два коммерческих процесса её получения: в Японии продуцентом являются грибы *Mortierella*, в Англии продуцентом служит *Mucor javanicus*. В Японии с помощью *M. ramanniana* получают коммерческий продукт – масло, обладающее высокой гипохолестериновой активностью.

В полярных липидах *Hyphochytrium catenoides*, *Rhizidiomyces apophysatus*, *Catenaria aquillulae* и *Allomyces macrogynus* обнаружена арахидоновая кислота. Грибы рода *Mortierella* также синтезируют эйкозапентаеновую кислоту. Арахидоновая кислота является основной жирной кислотой и в липидах ряда патогенных грибов, в частности, *Pythium* и *Entomophthora*. Арахидоновая кислота играет важную роль в предотвращении инфарктов, особенно при так называемом кислородном голодании сердечной мышцы. Эйкозапентаеновая кислота (ЭПК) является предшественником ряда эйкозаноидов (простагландины  $E_3$  и  $F_{36}$ , тромбоксан  $A_3$ , простаглицлин  $J_3$ ), которые, в свою очередь, повышают антиагрегатное свойство крови, оказывают лечебный эффект при гипертонии, тромбозах и других патологиях.

Список продуцентов арахидоновой кислоты был в последнее время расширен, в частности, за счёт вида *Trichothecium roseum*. В Институте микробиологии РАН получен штамм *Mucor lusitanicus* ИНМИ, способный синтезировать липиды с высоким содержанием гамма-линоленовой кислоты. В качестве

продуцента эйкозаполиеновых липидов предложено использовать отселекционированную культуру оомицета *Pythium debaryanum* [9]. Около одной трети от всех жирных кислот в составе индивидуальных жирных кислот липидов оомицета приходится на долю ЭПК, в частности, арахидоновую и эйкозапентаеновую кислоты.

Фармакологические препараты на основе липидов эффективны при лечении и профилактике сердечно-сосудистых заболеваний, гепатитов, язвенной болезни, обладают высокой репаративной активностью при лечении ран, ожогов, аллергических заболеваний; ингибируют карциногенез, стимулируют иммунную систему [10].

**Каротиноиды.** В последние годы в научной литературе появился новый термин «антиоксидантные витамины». В первую очередь к ним относятся каротиноиды – природные ярко окрашенные пигменты, образуемые высшими растениями, водорослями, прокариотами (бактериями) и низшими эукариотами (грибами). Провитаминная активность отмечена у  $\alpha$ - и  $\beta$ -каротина,  $\beta$ -криптоксантина. Каротиноиды без активности провитамина А (ликопин, лютеин, ксантаксантин, астаксантин) усиливают клеточный и гуморальный иммунный ответ. Гидрофобная природа и наличие делокализованной  $\pi$ -электронной структуры с низким уровнем триплетного возбужденного состояния определяют биологические функции каротиноидов, связанные с антиоксидантной активностью и гашением свободнорадикальных процессов в фосфолипидных и белковых системах, торможением перекисного окисления липидов, а также ингибированием промоторной фазы канцерогенеза [12]. Эти функции, как полагают, и лежат в основе антимуtagenных, радиопротекторных, гипополипидемических, антисклеротических и других свойств каротиноидов.

Среди каротиноидов, представляющих собой  $C_{10}$ -полиены, наибольшее внимание в настоящее время привлекает ликопин, имеющий тёмно-розово-фиолетовое окрашивание. Ликопин в виде различных лекарственных форм используют как профилактическое радиопротекторное средство, антиканцерогенный препарат, который применяют в комплексной профилактике ряда раковых заболеваний (рак простаты, легких, желудка), антисклеротическое средство при лечении атеросклероза, катаракты, ишемической болезни сердца. Благоприятный эффект ликопина показан при использовании его как адаптогена при

действию неблагоприятных климатических условий и смене часовых поясов. Известны несколько способов получения ликопина с использованием в качестве продуцентов микроскопических грибов, в частности мукоровых гетероталлических штаммов *Blakeslea trispora*.

Комплексный препарат биологически активных липидов, источником которых является гриб *Mucor circinelloides var. lusitanicus*, содержит эссенциальные линолевую и гамма-линоленовую кислоты, которые входят в состав ацилсодержащих липидов, и каротиноиды, представленные, главным образом, β-каротином, который является сильнейшим природным антиоксидантом [13].

Промышленное производство β-каротина на основе мицелиальных грибов считается в настоящее время более рентабельным, чем химический синтез и использование новых технологий с рекомбинантными ДНК.

Заметим, что интенсификация биотехнологии получения каротиноидов, в частности β-каротина, приобретает особый интерес в связи с новыми данными о биологической функции этого соединения в оксидативном стрессе и новыми представлениями о механизме противоопухолевого действия β-каротина. Установлено, что этот каротиноид, кроме антиоксидантного действия, интенсифицирует образование межклеточных каналов и тем самым, благодаря усилению системы метаболических сигналов, ингибирует превращение инициированных клеток в канцерогенные.

**Полисахариды** из микроскопических грибов обладают высокой иммуностимулирующей и антиопухолевой активностью [2, 11]. Из биомассы морского гриба *Phoma glomerata* выделен гетерополисахарид с высокой иммуностимулирующей активностью. Водорастворимый глюкоманногалактан в концентрациях 10 мкг/мл и ниже способен стимулировать более чем в 2 раза фагоцитарную активность, в 10 – 50 раз – синтез фактора некроза опухоли, в 2,5-3 раза – NO-синтазную активность мононуклеарных клеток периферической крови человека и клеток мышинной мейломоноцитарной линии, что в некоторых случаях выше стимула стандартного иммуностимулятора – липополисахарида *Escherichia coli* в тех же концентрациях.

Из сока тропического растения *Taxus* выделен ряд грибов (в частности, *Pestalotiopsis* sp.), синтезирующих ценный противораковый препарат. [11]

Полиаминосахариды обладают не только противораковым, но и мощным заживляющим действием. Репаративный эффект хитина и хитозана объясняется их способностью влиять на цитоморфологию фибробластов, на их размножение. Они способствуют росту фибробластов и представляют собой матрикс, способный их удерживать, что приводит к более активному отложению нового коллагена и, следовательно, к грануляции ткани.

**Хитин и хитозан.** Особое строение клеточной стенки низших мукоровых грибов, а именно наличие хитина с низкой степенью кристалличности, но обладающего высокой сорбционной активностью, а также присутствие специфического полисахарида – мукорана – содействовало созданию ранозаживляющих препаратов.

В настоящее время на базе хитина грибов создан ряд препаратов, обладающих высоким репаративным эффектом. Ценность этих препаратов в том, что они не токсичны, биodeградебельны, не вызывают эффекта отторжения и биосовместимы с тканями человека. Среди последних особого внимания заслуживает препарат «Микоран», созданный в Институте микробиологии РАН, способный интенсифицировать заживление ран различной этиологии [14]. Препарат получают биотехнологическим способом, используя для этих целей продуцент – мицелиальный мукоровый гриб *Blakeslea trispora*. Он представляет собой порошок для наружного применения, оказывает дерматопротекторное, дренирующее, абсорбирующее, противоожоговое, иммуностимулирующее и гемостатическое действие. Стимулирует регенерацию. Полиаминосахариды в комплексе с липидами обеспечивают высокую сорбционную, гемостатическую и иммуностимулирующую активность, что обуславливает ранозаживляющую способность. Способствует снижению бактериальной обсеменённости ран, что связано с хорошим очищением ран за счёт выраженного сорбционного эффекта.

Мысль учёных из Манчестера пошла ещё дальше – они предложили делать повязки для ран из мицелия. Причём процесс заживления происходил наиболее быстро, если использовали мицелий *Phycomyces blakesleeanus*. Применение таких повязок имело ещё одно преимущество – не требовалось обрабатывать раны антибиотиками [11].

**Ферменты.** Тромболитические ферменты – естественные патогенетические препараты лечения тромбозов, сопровождающих тяжёлые

сердечно-сосудистые заболевания и их осложнения: инфаркт миокарда, инсульт, атеросклероз, тромбоэмболия лёгочной артерии. Тромболитической активностью, т. е. способностью гидролизовать фибрин (основа тромба), обладают многие протеолитические ферменты, однако интерес представляют те из них, которые, являясь компонентами живых организмов, имеют в качестве субстрата фибрин или аналогичные фибриллярные белки крови.

Такие микромицеты, как *Trichothecium roseum* и *Arthrobotrys longa*, в процессе культивирования выделяют в культуральную среду протеазы, обладающие способностью растворять фибрин, фибриноген (основные компоненты тромба), что позволило этим микроорганизмам претендовать на роль возможных источников столь необходимых медицине тромболитических средств.

В настоящее время получено два тромболитических препарата – трихолизин (триаза) и лонголитин. В опытах *in vitro* при добавлении этих ферментов к плазме подопытных животных фибринолитическая активность плазмы была в 5-6 раз выше исходного уровня, активность ингибиторов снижалась в 1,5-2 раза, кровяные и плазменные сгустки лизировались в течение 1-2 часов, особенно при добавлении плазминогена. Скорость растворения сгустков в этом случае возрастала на 20 – 40%. Триаза прошла все клинические испытания и начала использоваться в клинике тромбозов (инфаркт миокарда, инсульт, тромбоз флебит) при внутривенном введении.

Лонголитин изучается как возможное наружное лекарственное средство для лечения поверхностных неглубоких тромбозов – тромбоза флебита, флеботромбоза. Хорошо известно, что тромбоз обязательно сопровождается воспалительной реакцией: покраснением тромбированной области, отёком, болью, которую необходимо купировать одновременно с тромболитической терапией. Оказалось, что лонголитин обладает умеренным противовоспалительным действием. В эксперименте был получен хороший эффект растворения тромбов при наружной аппликации лонголитином обнажённого участка яремной вены у крыс и у кроликов при тромбозе краевой вены уха.

Высокая тромболитическая активность, нетоксичность и отсутствие сосудистых осложнений при применении свидетельствуют о возможности получения препаратов из такого рода культур низших грибов и использовании их в тромболитической терапии как при

внутривенном введении, так и при наружной аппликации [15, 16].

**Меланины.** В последние годы в связи с изменением экологической ситуации на Земле, увеличением уровня инсоляции и радиации особую роль приобретает создание лекарственных препаратов и косметических средств, обладающих защитными свойствами от электромагнитного и фотоизлучений. К хроническим заболеваниям кожи человека, обусловленным УФ облучением, относится рак кожи (как немеланоцитный, так и меланома), доброкачественные аномалии меланоцитов (веснушки, меланоцитные невусы, солнечные и старческие лентиго) и ряд других хронических повреждений, часто описываемых как «фотостарение» (солнечный эластоз). Перспективными фотопротекторами являются природные тёмноокрашенные пигменты — меланины, проявляющие, помимо фото-, также радио- и онкозащитные свойства. Отличительной особенностью меланинов, определяющей их основную защитную функцию в организме, является парамагнетизм. Наличие стабильных свободных радикалов в меланинах оказывает существенное влияние на многие важные свойства, в том числе и биологическую активность. Парамагнитные центры меланинов участвуют в дезактивации свободных радикалов, возникающих после облучения организма УФ-светом или ионизирующей радиацией, а также в результате некоторых ферментативных процессов и реакций аутоокисления, участвуют в нейромедиаторных процессах при многочисленных патологических нарушениях функциональных структур нейронов. Имеются данные, свидетельствующие о проявлении модуляторного эффекта меланина по отношению к ферментам репарации. Исследование биохимических принципов фармакологического действия меланина показывает возможность использования его фармако-терапевтического эффекта при лечении заболеваний различного генеза. Так, меланины, выделенные из микроорганизмов, начали с успехом применять за рубежом для лечения токсикозов различной этиологии, отравлений, радиационных поражений, алкоголизма, наркомании, СПИДа, болезни Паркинсона, болезни Альцгеймера, злокачественных новообразований и т. д. По некоторым прогнозам, это и есть новое поколение фармацевтических средств меланинового ряда, многовариантность и эффективность которых может впоследствии заменить огромное разнообразие химических лекарственных препаратов [17].

В настоящее время в косметике используют синтетические меланины и натуральные, полученные из тела каракатицы *Sepia officinalis*. Были попытки американских учёных получить меланиновый препарат генноинженерным способом, которые не достигли значительных успехов. Поэтому получение меланиновых препаратов микробного происхождения рассматривается сегодня как достаточно перспективное. В результате выполненных в Иркутском госуниверситете исследований микромицетов из родов *Cladosporium*, *Stemphylium*, *Aspergillus* в качестве наиболее активного продуцента меланина выделен штамм *A. carbonarius* [18]. Общий выход меланина при твёрдофазном культивировании этого штамма за 14 сут. составляет 10 г/кг грибной биомассы.

Особый интерес как продуценты меланинов могут представлять чёрные дрожжевые грибы *Aureobasidium pullulans*, *Hormonema macrosporum*, *Nadsoniella nigra var. hesuelica*. Они обитают в самых разнообразных экологических нишах и были выделены из биотопов, подвергающихся различным экстремальным воздействиям: высоким и низким температурам, повышенным дозам УФ и радиационного излучения. Фактором защиты чёрных дрожжевых грибов от этих воздействий считают пигменты меланиновой природы [19]. запатентовано лечебное средство «АстроМеланин»/ «АстроНэлла», получаемого биотехнологически из природного штамма антарктических чёрных дрожжей *Nadsoniella nigra var. hesuelica* [20]. Оно представляет собой меланинсодержащий продукт и используется как средство дистанционного (бесконтактного) действия при лечении различных функциональных, органических, структурных патологических и предпатологических состояний, таких как остеохондрозы, артриты, артрозы, радикулиты, разнообразные болевые синдромы, гастроэнтерологические патологии, гинекологические заболевания, стрессы, иммунные расстройства, психоэмоциональные нарушения и др.

**Комплексы БАВ *Fusarium sambucinum*.** Сухая масса гриба *Fusarium sambucinum* содержит уникальный комплекс биологически активных веществ. В её состав входят 18 аминокислот, в том числе незаменимые (триптофан, лизин, метионин). Содержание аспарагиновой и глутаминовой аминокислот приближается к их содержанию в животных белках. Компонентами биомассы гриба являются ненасыщенные жирные кислоты, 50%

из которых приходится на долю линоленовой кислоты; убихиноны Q6, Q9, Q10. Углеводы представлены гликанами, органическими кислотами, в том числе яблочной, лимонной, янтарной. Спектр витаминов включает все витамины группы В, фолиевую и никотиновую кислоты. Минеральный состав представлен 22 жизненно важными микро- и макроэлементами.

Сухая масса гриба *Fusarium sambucinum* используется для изготовления лекарственного препарата «Милайф», который обладает адаптогенным и общеукрепляющим действием. Препарат повышает устойчивость организма человека к неблагоприятным воздействиям (загрязнение среды, воздействия патогенной микрофлоры и вирусов, воздействие высоких и низких температур, токсические эффекты спирта этилового и др.). Препарат повышает физическую и умственную работоспособность, предупреждает снижение работоспособности при истощающих физических и психоэмоциональных нагрузках, а также ускоряет восстановление организма после перенесённых нагрузок и заболеваний различной этиологии [21].

«Милайф» обладает иммуномодулирующей активностью, обусловленной воздействием на иммунокомпетентные органы (вилочковая железа, селезёнка, тонкая кишка); способствует нормализации показателей как клеточного, так и гуморального иммунитета. Обладая иммуномодулирующим действием, влияет на клеточное звено иммунитета и восстанавливает продукцию как  $\alpha$ -, так и  $\gamma$ -интерферона, нормализует содержание интерферонов в сыворотке крови, восстанавливает интерлейкиновый ряд от ИЛ-1 до ИЛ-11. Благодаря этим свойствам «Милайф» оказывает положительный эффект при состояниях, характеризующихся понижением активности иммунной системы (острые и хронические инфекции, в том числе вызванные вирусами гриппа, гепатита и др., смешанной вирусно-бактериальной и хламидийно-бактериальной флорой).

На основе сбалансированной природной субстанции, получаемой методом погружённого культивирования мицелия гриба *Fusarium sambucinum* с последующим извлечением из биомассы биологически активных веществ с ценными фармакологическими свойствами производится БАД «Флоравит Э». В состав субстанции входят фосфолипиды, эссенциальные полиеновые кислоты (в том числе арахидоновая и омега-3, омега-6, омега-10),

антиоксиданты (кофермент Q10, каротиноиды), ферменты (протеаза, коллагеназа), полисахариды (маннаны, b-глюканы), микроэлементы (K, Mg, F и др), комплекс витаминов (A, группы B, F, D3, H). «Флоравит Э» выпускается в виде масляного и водно-спиртового растворов, состав каждого из растворов отражает особенности используемых способов экстракции БАВ.

Благодаря сложному сбалансированному составу «Флоравит Э» оказывает системное воздействие на многие системы организма человека. Клинические наблюдения свидетельствуют о высокой эффективности БАД «Флоравит Э» в комплексной терапии сердечно-сосудистых заболеваний и нарушений микроциркуляции, при реабилитации пациентов с последствиями острых нарушений мозгового кровообращения, коррекции иммунитета у больных с хроническими вирусными инфекциями, включая гепатит С, при патологии суставов и ряде других заболеваний. Введение БАД «Флоравит Э» в комплексную терапию геморроя способствует нормализации функций кишечника, что снижает вероятность рецидивов заболевания и улучшает качество жизни пациентов [22]. «Флоравит Э» расширяет диапазон адаптации организма к неблагоприятным условиям, стрессовым ситуациям, инфекционной агрессии. Рекомендовано применение БАД «Флоравит Э» за несколько месяцев до планируемой беременности как средства, улучшающего метаболические и энергетические процессы организма матери, и для уменьшения воздействия травмирующих факторов на плод во время беременности и родов, а также средства, профилактирующего заболевания новорождённых.

На основе биомассы гриба *Fusarium sambucinum* производится ряд и других БАД-ов – «Мипро-ВИТ», «Ликаром» и «Мифлавин», которые содержат комплекс из 17 аминокислот, набор эссенциальных полиненасыщенных жирных кислот, фосфолипиды — в основном, лецитин, все витамины группы В, коэнзим Q10, иммуномодулирующие полисахариды, а также полный комплекс минеральных макро- и микроэлементов в органической форме. Благодаря такому составу препараты обладают ярко выраженными полифункциональными лечебно-профилактическими свойствами, направленными на нормализацию работы различных органов и систем человеческого организма. Механизм их действия многоступенчат, но первым проявлением работы при попадании в организм является мощная

антиоксидантная коррекция, на фоне которой включаются в процесс и другие составляющие препаратов, приводя к тем или иным оздоровительным эффектам.

Установлено, что «Мипро-ВИТ», являясь высокоэффективным иммунокорректором, с одной стороны, активно повышает фагоцитарную активность и гуморальный иммунитет организма, а с другой стороны, способствует подавлению тех звеньев иммунитета, при нарушении работы которых развиваются аллергические, в т. ч. и аутоиммунные реакции. Пособиями для врачей, разработанными в рамках реализации Федеральной программы «Дети Чернобыля», «Мипро-ВИТ» включен в перечень основных препаратов, используемых для профилактики и реабилитации детей, родившихся от родителей, пострадавших в результате аварии на ЧАЭС.

«Ликаром», по данным клиники Института питания РАМН и НИИ пульмонологии СПб Госмедуниверситета им. И.П. Павлова, при регулярном употреблении в пищу нормализует липидный обмен, снижая содержание в крови холестерина и триглицеридов и, как следствие, улучшает работу миокарда и сосудов. Сочетание в нём тирозина и кофермента Q10 обеспечивает восстановление механизмов клеточного дыхания и транспорта содержащихся в нём макро- и микроэлементов, что оказывает положительное влияние на ритм сердечной деятельности, на образование и созревание эритроцитов, на накопление гликогена в печени и мышцах сердца. Всё это в итоге противодействует усугублению кардиологической патологии, раннему изнашиванию и старению организма.

Результаты исследований «Мифлавина», проведённые специалистами Института микробиологии и вирусологии им. Д.К. Заболотного, показали, что этот препарат является эффективным антиоксидантным и капилляропротекторным средством. При его применении уменьшается проницаемость сосудов, нормализуется деформируемость эритроцитов, уменьшается их агрегация и, как следствие, снижается вязкость крови, улучшается её микроциркуляция. Всё это позволяет с помощью «Мифлавина» достигать положительных сдвигов в лечении ишемических состояний инфаркта миокарда и головного мозга, отодвигать риск тромбоэмболии и инфаркта миокарда.

Субстанция биологически активных веществ (БАВ), извлекаемая из мицелия гриба рода *Fusarium sambucinum*, используется в качестве биологически активной составляющей

кремов «Таис славянская». Антиоксиданты, связывая свободные радикалы, защищают кожные покровы и способствуют повышению упругости и эластичности кожи. Наличие ферментов с коллагеназной активностью способствует уменьшению рубцовых изменений и позволяет осуществить пилинг наружного слоя кожи, выравнивая её рельеф, разглаживая мелкие морщины. Сериновые фосфолипиды, полисахариды, обладающие иммуномодулирующим эффектом, делают крем эффективным при лечении многих кожных заболеваний.

Улучшение микроциркуляции за счёт открытия сети капилляров, ранее не участвовавших в кровообращении, снятие венозного застоя, повышение эластичности сосудистой стенки делает крем эффективным в отношении заболеваний периферических сосудов, снятия отёчности при ушибах и растяжениях, при лечении гематом. При ожогах, обморожениях, опрелостях, дерматитах, а также при ушибах, гематомах крем оказывает выраженное репаративное действие. Отмечена эффективность крема при лечении герпетических высыпаний.

Крем эффективен и при таких заболеваниях периферической нервной системы, как неврологические проявления остеохондроза, радикулиты, миозиты, полиневропатии, включая диабетические синдромы, невралгию тройничного нерва. В этих случаях способ применения – массаж с кремом «Таис славянская» в области пояснично-крестцового отдела позвоночника, в области шейно-воротниковой зоны, по ходу нервных стволов, корешков, напряжённых мышц, а также по точкам тройничного нерва. При использовании крема уменьшается болевой синдром, возрастает объём движений, снимается онемение, парестезии (чувство жжения, покалывания), отёчность, защитное напряжение мышечных групп, устраняются трофические нарушения. Крем можно использовать не только для лечения обострения, снятия болевого синдрома, но и для профилактики сезонных обострений радикулитов, корешкового синдрома при остеохондрозе, при заболеваниях суставов, ушибах, растяжениях связок, переломах, ожогах, обморожениях, длительно незаживающих ранах, укусах насекомых.

Эффективно применение крема «Таис славянская» при последствиях мозговых инсультов для массажа парализованных конечностей, что снимает боли, отёчность, онемение, цианоз и способствует ускорению восстановления нарушенных функций.

С учётом высоких оздоровительных качеств и выраженного косметического эффекта разработаны и представлены на рынке две формы крема — «Таис славянская» для улучшения состояния кожи, вен и суставов и крем «Таис славянская» для лица и шеи [23].

### Литературы

1. Бибигова М.В., Катлинский А.В. Биотехнология микромицетов – реальность и перспективы / Современная микология в России. Т. 2. Матер. 2-го Съезда микологов России. М.: Национальная академия микологии, 2008. С. 33.
2. Феофилова Е.П., Терешина В.М., Меморская А.С. Достижения и проблемы новой отрасли биотехнологии: получение медицинских препаратов на основе биологически активных веществ мицелиальных грибов / Успехи медицинской микологии. М.: Национальная академия микологии, 2001. Т. I. С. 254-256.
3. Феофилова Е.П. Новые биотехнологии получения биологически активных веществ из мицелиальных грибов / Успехи медицинской микологии. М.: Национальная академия микологии, 2007. Т. IX. С. 195-196.
4. Дьяков Ю.Т. Грибы и их значение в жизни природы и человека // Соросов. образов. журн. 1997. № 3: Биология. С. 308-345.
5. Исангалин Ф.Ш., Лиховидов В.Е., Володина Л.И., Александрова А.В., Косарева Н.И., Быстрова Е.В., Коробова Н.А. Антибиотические свойства энтомопатогенных грибов / Успехи медицинской микологии. М.: Национальная академия микологии, 2007. Т. IX. С. 159-161.
6. Фунтикова Н.С., Мысякина И.С. Комплекс биологически активных липидов, полученных с использованием гриба *Mucor circinelloides tiegh. var. lusitanicus* (Bruderl.) Schipper 12m / Успехи медицинской микологии. М.: Национальная академия микологии, 2007. Т. IX. С. 196-197.
7. Фунтикова Н.С., Мысякина И.С., Кокова И.В. Продуктивность гриба *Mucor lusitanicus* ИНМИ – продуцента биологически активных липидов, содержащих гамма-линоленовую кислоту и каротиноиды / Успехи медицинской микологии. М.: Национальная академия микологии, 2007. Т. IX. С. 258-259.
8. Лиховидов В.Е., Наумов А.Н., Ариповский А.В. Оценка возможности использования водных грибов в качестве продуцентов жирных кислот / Успехи медицинской микологии. М.: Национальная академия микологии. 2006. Т. VII. С. 249-250.
9. Конова И.В., Галанина Л.А., Сергеева Я.Э. Оомицет — продуцент фармакологически активных эйкозаполиеновых липидов. М.: Национальная академия микологии, 2007. Т. IX. С. 279-281
10. Высоккий М.В., Зверева Л.В., Высоцкая М.А. Жирные кислоты мицелиальных грибов, ассоциированных с двусторчатым моллюском *Cor-*

*bicula japonica prime* /Успехи медицинской микологии. М: Национальная академия микологии, 2007. Т. IX. С. 323-324.

11. Феофилова Е.П. Прогресс в области экспериментальной микологии как основа для создания современных биотехнологий// Микробиология. 1997. Т. 66. № 3. С. 302-309.

12. Феофилова Е.П., Терешина В.М., Меморская А.С., Гончаров Н.Г., Алехин А.И., Дулькин Л.М. Современные представления о биотехнологии получения ликопина из мицелиальных грибов и его медицинском применении /Микология сегодня/ Под ред. Ю.Т. Дьякова, Ю.В. Сергеева. М.: Национальная академия микологии, 2007. Т. 1. С. 314-322.

13. Капитанов А.Б., Пименов А.М. Каротиноиды как антиоксидантные модуляторы клеточного метаболизма// Успехи современной биологии 1996. Т. 116. Вып. 2. С. 32-39.

14. Алексеев А.А., Феофилова Е.П., Терешина В.М., Меморская А.С., Евтушенкова В.П., Ивановская А.Г. Микоран – новый препарат для лечения ожогов//http: www.barn.ru

15. Шаркова Т.С., Подорольская Л.В., Серебрякова Т.Н., Андреевко Г.В., Максимова Р.А. Низшие грибы – продуценты перспективных тромболитически активных веществ/Успехи медицинской микологии. М: Национальная академия микологии, 2007. Т. IX. С. 299-300.

16. Шаркова Т.С., Серебрякова Т.Н., Подорольская Л.В., Неумывакин Л.В., Хромов И.С., Хохлов Н.В., Агниудлин Я.В., Тарантул В.З. Противовоспалительное действие лонголитина, препарата из *Arthrobotrys longa*/

Успехи медицинской микологии. М: Национальная академия микологии, 2007. Т. IX. С. 202-204.

17. Борщевская М.И., Васильева С.М. Развитие представлений о биохимии и фармакологии меланиновых пигментов//Вопросы медицинской химии. 1999. Т. 45. Вып.1 С. 13-23.

18. Огарков Б.Н, Огаркова Г.Р., Самусёнок Л.В. Грибы – защитники, целители и разрушители. Иркутск: ГУ НЦ РВХ ВСНЦ СО РАМН, 2008. 248 с.

19. Юрлова Н.А., Казакова И.К. Физико-химические свойства меланинов чёрных дрожжевых грибов как биологически активных веществ / Успехи медицинской микологии. М.: Национальная академия микологии. 2001. Т. I. С. 316-317.

20. Лях С.П., Булгак М.Л., Исаев А.Г. Средство лечения патологических состояний «Астромеланин»/ «АстроНэлла» // Патент РФ № 2139069 от 10.10.1999.

21. Скворцова М.М., Горишна Е.С., Качалай Д.П. Биологически активные добавки на основе биомассы высшего гриба *Fusarium sambucinum* /Успехи медицинской микологии. М: Национальная академия микологии, 2007. Т. IX. С. 305-307.

22. Андрианова Г.В. Применение БАД «Флоравит Э» на основе *Fusarium sambucinum* в комплексной терапии геморроя. /Успехи медицинской микологии/ М: Национальная академия микологии, 2007. Т. IX. С. 137-138.

23. Григораш А.И., Лоенко Н.Н., Зайкина М.Ю., Буйкова И.В. «Флоравит Э» – перспективы использования как регулятора репродуктивной функции человека /Успехи медицинской микологии. М: Национальная академия микологии, 2007. Т. IX. С. 156-157.

## Гидрозольные препараты как иммунохимические диагностикумы для определения качества воды

© 2009. С.А. Куклина, ассистент, А.Г. Мешандин, д.т.н., профессор,  
О.Ю. Орлова, к.х.н., доцент,

Кировская государственная медицинская академия, кафедра общей химии,  
e-mail: svetlana\_kuklina@mail.ru

Рассматриваются вопросы синтеза и применения гидрозольных препаратов для определения качества воды: коли-титр, наличие стафилококка, стрептококка и иных патогенных и условно-патогенных микроорганизмов. На сегодняшний день гидрозольные препараты апробированы в диагностике самых разнообразных нозологий.

Synthesis and application of hydrozoles for detecting the quality of water are considered, such as the amount of coli-titer, staphylococcus, streptococcus and other pathogens. Nowadays hydrozoles are used for diagnostics of different somatic and infection deceases.

**Ключевые слова:** диагностика качества воды, бесприборный экспресс-метод, коллоидные растворы, гидрозольная агглютинация

Не секрет, что здоровье человека зависит не только от состава пищи, но и состава воды. Кроме того, в наше время проблема чистой воды как с экологической, так и экономической точек зрения является особенно актуальной. Вода – источник здоровья, но, загрязнённая, она может стать причиной ряда инфекционных заболеваний: брюшного тифа, туберкулёза, дизентерии, гепатита и др. Патогенные микробы в воду могут попадать с различными нечистотами и отходами, особенно с выделениями больных людей и животных, стоками инфекционных больниц, ветлечебниц и предприятий. По данным ВОЗ (Всемирная организация здравоохранения), из-за низкого качества питьевой воды ежегодно в мире умирает ~5 млн. человек [1]. Безопасность воды в эпидемиологическом отношении является одним из важнейших гигиенических требований. Поэтому насколько быстро будет определена степень бактериального загрязнения, зависит объём попадания загрязнённой воды в водопровод. И, соответственно, от этого в большей степени зависят меры, принятые для обеззараживания воды.

Препараты для экспресс-диагностики должны быть дешёвыми, а постановка реакции и считывание результатов – занимать не более 1-2 минут. Кроме того, экспресс-диагностика не должна требовать дополнительных приборов, должна давать возможность ставить реакции с малыми объёмами препарата и биоматериала (10-20 мкл), иметь стабильные и воспроизводимые иммунохимические свойства [2].

Гидрозольные препараты представляют собой коллоидные растворы на основе неорга-

нических объектов, в частности – гексацианоферрата (II) железа (III), более известного под тривиальным названием «берлинская лазурь», благодаря глубокой сине-фиолетовой окраске. На поверхности микрочастиц препарата адсорбируются по определённой технологии различные биолитанды – антигены или антитела, специфичные к конкретному маркеру [3]. В результате появляется возможность проводить иммунохимические реакции и оценивать факт наличия того или иного маркера, связанного с тем или иным инфекционным либо соматическим заболеванием. При последующем смешении с жидкостью, подлежащей тестированию (объекты смыва из окружающей среды и т. д.), в случае положительной реакции происходит агглютинация, видимая невооружённым глазом [2].

**Цель исследования:** разработка бесприборного экспресс-метода для определения качества воды на основе гидрозольных препаратов.

### Материалы и методы

В данной работе использовали гидрозольный препарат на основе коллоидного раствора гексацианоферрата (II) железа (III) в качестве твёрдой фазы. Его синтезировали по стандартной методике [2]: осуществляли взаимодействие исходной твёрдой фазы с модификатором, то есть смешивали раствор модификатора и соответствующее количество твёрдофазного носителя  $Fe_4[Fe(CN)_6]_3$ . В качестве модификаторов, осуществляющих

Результаты испытаний гидрозолей в клинических условиях

Тип гидрозоля, модификатора	$\text{Fe}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]_3$ ( $\text{HgCl}_2$ )	$\text{Fe}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]_3$ ( $\text{PbCl}_2$ )
Тип антигена	H5N1 (вирус птичьего гриппа)	стрептококк
База испытаний	НИИ гриппа РАМН	НИИЭМ им. Пастера
Обратный титр	1: 80 – 1:640	1:50 – 1:2000
Количество проб	n = 6	n = 8
Чувствительность	100%	87,5%
Специфичность	n = 2 100%	n = 4 100%
Время постановки	1 – 5 мин.	30 сек. – 1 мин.

хемосорбцию белка по  $\text{NH}_2$ -группе (преимущественно по лизину), и по SH-группе (по цистеину) с неорганической твёрдой фазой, использовали соединения d-переходных металлов. Для раститровки сывороток использовали разводящий буферный раствор. Регистрацию результатов осуществляли на пористых носителях: хроматографических колонках, нетканом материале и фильтровальной бумаге.

### Результаты исследования

Совместно с лабораторией НИИЭМ им. Пастера (г. С.-Петербург) нами была оценена возможность выявления методом гидрозолевой агглютинации стрептококка и вируса птичьего гриппа в объектах окружающей среды, в том числе в воде. В результате была получена чувствительность 1,5 нг по белку стрептококка в 1 мл водной среды, что подтверждено соответствующим актом испытаний [4], а также представлено в таблице.

Как следует из представленных в таблице данных, специфичность исследований составила 100%, а чувствительность метода 87 – 100%.

Таким образом, метод гидрозолевой агглютинации позволяет проводить экспресс-оценку качества воды не только по таким показателям, как коли-титр, наличие стафилококка, но и иных патогенных и условно-патогенных микроорганизмов, в частности, стрептококка и вируса птичьего гриппа.

### Заключение

В сравнении с наиболее часто применяемыми методами – иммуноферментным анализом (ИФА) и полимеразной цепной реакцией (ПЦР) предлагаемый метод является более дешёвым, экспрессным, позволяет производить анализы практически без каких-либо приборов,

в условиях самой простой лаборатории, в полевых условиях и т. д. Хотя для методов ИФА и ПЦР характерны высокая чувствительность и точность результатов, возможность их автоматизации, но, в отличие от предлагаемого метода, они характеризуются значительной дороговизной (1-3 долл/анализ ИФА, 20-50 долл/анализ ПЦР) и значительной продолжительностью времени подготовки образцов, постановки и интерпретации результатов, которое в среднем составляет от 3 часов (ИФА) до 1 суток (ПЦР).

На сегодняшний день гидрозолевые препараты апробированы в диагностике самых разнообразных нозологий. Имеются положительные заключения сторонних организаций: Вирусологический центр МО РФ (г. Сергиев Посад), ЦНИИ туберкулёза (г. Москва), НИИЭМ им. Пастера (г. С.-Петербург), НИИ гриппа РАМН и др. Апробированы и могут выпускаться диагностикумы по определению туберкулёза, особо опасных инфекций (оспа, чума и т. д.), аллергенов, в том числе промышленных аллергенов, маркеров ранней беременности, онкомаркеров и других объектов медицинского профиля.

### Литература

1. Экология родного края / Под. ред. Т.Я. Ашихминой. Киров: Вятка, 1996. С. 423-430.
2. Орлова О.Ю., Мешандин А.Г. Возможность применения гидрозолевых препаратов в лабораторной практике // Клиническая лабораторная диагностика. 2000. № 10. С. 5.
3. Куклина С.А., Мешандин А.Г. Оптимизация компонентов гидрозолевых препаратов для экспрессной диагностики // Вятский медицинский вестник. 2006. № 2. С. 48-49
4. Мешандин А.Г., Золотарёв Ю.В. Золотарёва Л.В. Серологическая диагностика сальмонеллёзов // Клиническая лабораторная диагностика. 2001. № 1. С. 52-53.

## Рыбные ресурсы континентальных водоёмов Республики Коми в районах добычи и транспортировки нефтеуглеводородов

© 2009. А.Б. Захаров, к.б.н., с.н.с., А.И. Таскаев, к.б.н., директор, Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, e-mail: zaharov@ib.komisc.ru

Приведены результаты исследований рыбного населения водоёмов бассейна р. Печора в районах разведки, добычи и транспортировки нефтеуглеводородов. Показаны негативные последствия техногенного загрязнения акваторий, которые наблюдаются на организменном, популяционном и ценоотическом уровнях. Масштабы антропогенного влияния на рыбные ресурсы, в первую очередь, сказываются на комплексе лососеобразных рыб.

The results of fish resources research in the Pechora river basin in the areas of hydrocarbons exploration, extraction and transit of are presented. Negative after-effects of man-caused water areas contamination are shown on organismic, population, and coenotic levels. Salmon fishes suffer from technogenic contamination impacts most of all.

Ключевые слова: рыбные ресурсы, нефтяное загрязнение водоёмов

Использование рыбных ресурсов и связанные с этим особенности ведения хозяйства в значительной мере определяли традиционный уклад жизни северных народов, в том числе и проживающих на европейском северо-востоке России. Однако в последние два десятилетия, когда промышленное освоение северных территорий проходило высокими темпами, произошло обвальное падение рыбных запасов в большинстве озёрных и речных системах, в том числе и Республики Коми. Проблемы сохранения промысловой численности стад рыб стали неуклонно перерастать в задачи сохранения генофонда популяций, особенно лососевых и сиговых видов, по праву отнесённых к элите мировой ихтиофауны. Тенденция снижения промысловых рыбных запасов, наметившаяся в начале 80-х годов, усугубилась неконтролируемым и несанкционированным рыболовством, что стало одной из первоочередных причин сокращения численности стад рыб. Техногенное загрязнение водоёмов и связанное с этим ограничение популяционных ресурсов также в значительной мере лимитируют численность многих популяций рыб.

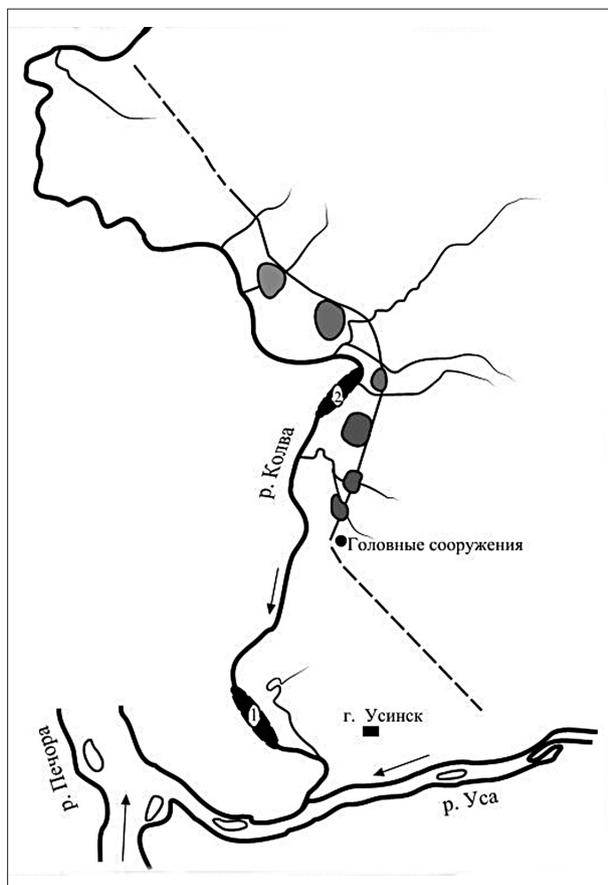
В последние годы постоянно растёт количество аварий на транспортных системах, при которых нефть и сопутствующие поллютанты попадают в водные объекты. Такие ситуации наносят серьёзный экологический, материальный, социальный и эстетический ущерб [1].

Биологические последствия крупных аварий на добывающих и транспортных объектах

нефтяной промышленности не укладываются в единую закономерность по нескольким причинам. Различия в климато-географических особенностях и рельефе пострадавших регионов, гидрологической и гидрохимической специфике водотоков, отличия в компонентном составе нефтей и весьма быстрая трансформация нефти, попадающей в естественную среду [1], создают затруднения при попытке дать общие закономерности для оценки воздействия аварий на биологические сообщества и организмов их составляющих. Кроме того, экосистемы различных регионов обладают и разной степенью устойчивости к одним и тем же поллютантам.

Самая крупная за последние 25 лет, а возможно, и за всю историю эксплуатации нефтепроводов авария, связанная с утечкой большого количества нефти (всего в окружающую среду попало по разным, весьма противоречивым оценкам, от 14 до 150 тысяч тонн нефти [1]), произошла на участке межпромыслового нефтепровода Возей – Головные сооружения на территории Усинского района Республики Коми осенью 1994 года. Транспортируемая нефтесодержащая жидкость, вытекшая в непосредственной близости от береговых склонов, привела к сильному загрязнению малых левых притоков р. Колва и её магистрального русла (рис. 1).

Как следствие, среда обитания рыб и водных беспозвоночных претерпела серьёзные изменения. Водные экосистемы утратили свою



**Рис. 1.** Схема речной сети в районе аварийного участка нефтепровода на водосборе р. Колвы.

Условные обозначения: **1** – контрольные участки; – зоны основных разливов; – трасса нефтепровода; – аварийный участок трассы нефтепровода.

природную первозданность, а факторы техногенного загрязнения стали определяющими. В общих процессах трансформации природной среды в районах добычи и транспортировки нефтеуглеводородов немаловажную роль сыграли и проведённые реабилитационные мероприятия. К числу последних относится строительство гидротехнических сооружений, приведшее к зарегулированию малых водотоков. Реабилитационные и очистные мероприятия инициировали развитие эрозионных процессов. Вследствие этого усилилось поступление в водотоки органических и минеральных веществ, а содержание нефтеуглеводородов в воде и иных сопутствующих нефтедобыче поллютантов резко возросло и приобрело постоянный характер. Комплексное техногенное воздействие стало причиной искусственно созданных экологических условий, в которых вынуждены оказались обитать сообщества гидробионтов, сформировавшихся и существующих в водоёмах в течение многих тысячелетий [2].

Особенности формирования ихтиофауны в регионе и биология видов определили рыбохозяйственное значение разных участков бассейна р. Колвы. Условно можно выделить три основные составляющие, определяющие потенциал её рыбного населения: система тундровых озёр, в том числе водоёмов, образующих озёрно-речные системы, таких как Веякоты, Возейты и многих других, система малых и средних притоков р. Колвы и непосредственно магистральное русло реки. Ядро ихтиофауны озёрно-речных систем составляют сиговые и частиковые рыбы (сиг, чир, пелядь, щука, плотва, окунь), для притоков более характерны европейский хариус, щука, окунь, речной голянь. В русловой части р. Колвы по численности преобладают ряпушка, где она образует жилую форму, язь, плотва, окунь, голянь. В то же время русло р. Колвы является миграционным путем для сиговых рыб, осуществляющих нерестовые и нагульные миграции (озёра – р. Колва – р. Уса). Поэтому в контрольных уловах в магистральном русле в больших количествах присутствует молодь сига. Рыбная часть сообщества успешно существует и адаптирована для единой системы бассейна, а рыбопродуктивность р. Колвы зависит от состояния популяций рыб её притоков и озёрных систем. Доминирующее положение в ихтиофаунистических комплексах на разных участках акваторий бассейна р. Колвы занимают разные виды. Однако в целом лишь два вида семейства сиговых – сиг-пыжьян и европейская ряпушка – до недавнего времени определяли по численности «облик» рыбного населения в русловой части нижнего течения р. Колвы. На долю сиговых видов в летне-осенние периоды 1995 – 1998 гг. на разных контрольных участках приходилось от 60 до 90% общей численности рыб. В последние два десятилетия, в условиях длительного загрязнения бассейна р. Колвы нефтеуглеводородами и сопутствующими им поллютантами структура рыбного населения магистрального русла реки и её придаточных водоёмов претерпела серьёзные изменения.

Реакция отдельных компонентов водных биологических сообществ на техногенное воздействие имеет как отличительные особенности, так и общие закономерности и отмечается на организменном, популяционном и ценоотическом уровнях. К числу последних для водной биоты можно отнести первичное снижение количества видов животных, относящихся к разным таксономическим группам [3]. При этом перестройка водных сообществ происходит в большей степени на участках

водоёмов, где коренным образом изменились биотопические условия. Наблюдения показывают, что на разнообразии гидробионтов и их структуру оказывает большее влияние не гидрохимическое качество поверхностных вод, а состояние естественных биотопов и особенно донных субстратов.

Повышение уровня техногенного воздействия на водные экосистемы сопровождается снижением видового разнообразия аборигенного рыбного населения и в притоках р. Колва. Рыбная часть сообщества, населяющего малые водотоки, «мгновенно» отреагировала на их искусственное зарегулирование. В зарегулированных ручьях, выше гидрозатворов, исчезли такие типичные виды, как европейский хариус, щука и плотва. Блокирование свободного передвижения за один вегетационный сезон обусловило полное отсутствие рыбы на малых водотоках. Оставшаяся часть рыбного населения в озёрах, ранее соединявшихся с рекой, оказалась в условиях географической изоляции и хронического загрязнения, поступающего с площади водосбора. Следствием этого стали ограниченное видовое разнообразие и низкая численность оставшихся видов рыб, выживших на загрязнённых акваториях малых водотоков.

К прямым последствиям влияния загрязнения водной среды относится увеличение количества рыб с морфологическими отклонениями от «нормы». У ряпушки в зоне загрязнения магистрального русла рек Колва и Уса в контрольных выборках выявлен высокий уровень особей с асимметрией билатеральных признаков. Так, значительные отклонения уровня флуктуирующей асимметрии (ЧАП 0.44–0.46) от «естественной нормы» установлены для различных форм ряпушки в бассейне р. Усы. Сопоставление средней частоты асимметричного проявления признаков у ряпушки вполне сопоставимо с аналогичными показателями у рыб, обитающих в водоёмах с высоким уровнем радиационного и химического загрязнения в районе черновыльской аварии [4, 5].

В загрязнённых озерах, ранее имевших свободный сток (например, озеро Щучье), но зарегулированных в ходе реабилитационных мероприятий, которые заблокировали миграции гидробионтов, морфологические изменения у рыб ещё более выражены. У хищной щуки в подавляющем количестве случаев фиксируются нарушения морфологических структур головного отдела, при этом особенно выделяются укороченная верхняя челюсть и деформация нижних челюстных костей [2],

а также прижизненно разрушенные хвостовые, а в некоторых случаях грудные и брюшные плавники (рис. 2). Такая реакция рыб на загрязнение среды обитания достаточно обычное явление. Сходные изменения костей черепа и деструкции плавников были отмечены у щуки и окуня, обитающих в водоёмах Кольского полуострова в условиях хронического воздействия сублетальных концентраций тяжёлых металлов [6]. Учитывая эти морфологические изменения, некоторыми исследователями предлагается для оценки состояния организмов рыб и условий среды обитания использовать диагностику стадий токсикоза [7].

Материалы полевых исследований, полученных нами в 1995 – 2005 гг., и более ранние работы Л.Н. Соловкиной и О.С. Кучиной, проводившихся в 1954 – 1956 гг. [8], дают возможность оценить во временном аспекте наблюдаемые изменения и охарактеризовать направленность техногенных сукцессий в современных экологических условиях, сложившихся в бассейне р. Колва. В середине XX-го века, когда водосборы северных рек, и Колвы в том числе, сохраняли свою первозданность, а освоение нефтяных месторождений ещё только планировалось, в состав ихтиофауны входили 18 видов рыб, принадлежащих к различным отрядам и семействам (см. таблицу).

Как упоминалось выше, доминирующими по численности видами являлись представители семейства сиговых – сиг-пыжьян и европей-

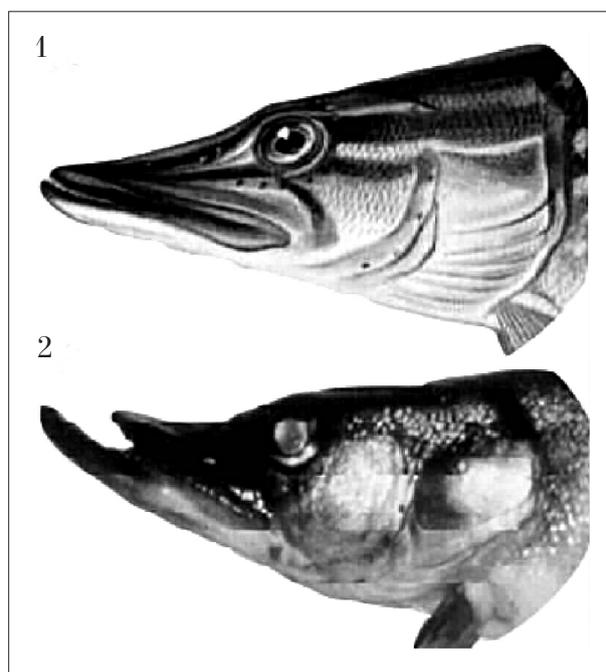


Рис. 2. Черепной отдел щуки из оз. Щучье. Условные обозначения: 1 – нормальная особь; 2 – рыба с морфологическими нарушениями.

Таблица

Видовой состав рыб в уловах на контрольном участке р. Колвы в 1956 – 2005 гг.

Вид рыбы	1956 г.	1995 г.	2000 г.	2005 г.
Сиг ( <i>Coregonus lavaretus pidschian</i> Gmelin)	+	+	+	+
Чир ( <i>Coregonus nasus</i> Pall)	+	+	+	–
Ряпушка ( <i>Coregonus albula</i> L.)	+	+	+	+
Пелядь ( <i>Coregonus peled</i> Gmelin)	+	+	–	–
Нельма ( <i>Stenodus leucichthys</i> Guldenstadt)	+	+	–	–
Хариус ( <i>Thymallus thymallus</i> L.)	+	+	+	+
Язь ( <i>Leuciscus idus</i> L.)	+	+	+	+
Плотва ( <i>Rutilus rutilus</i> L.)	+	+	+	+
Окунь ( <i>Perca fluviatilis</i> L.)	+	+	+	+
Карась ( <i>Carassius carassius</i> L.)	+	+	–	–
Гольян ( <i>Phoxinus phoxinus</i> L.)	+	+	+	+
Ёрш ( <i>Gymnocephalus cernuus</i> L.)	+	+	+	+
Голец (усатый) ( <i>Babatula barbatula</i> L.)	+	+	–	–
Подкаменщик ( <i>Cottus gobio</i> L.)	+	+	+	–
Налим ( <i>Lota lota</i> L.)	+	+	+	–
Щука ( <i>Esox lucius</i> L.)	+	+	+	+
Минога ( <i>Lethenteron japonicum</i> Martens)	–	+	–	–
Колюшка девятииглая ( <i>Pugitius pungitius</i> L.)	+	+	–	–

Примечание: «–» – вид отсутствует.

ская ряпушка. До конца XX-го века состав и структура рыбного населения практически не изменились. В контрольных уловах, проведённых в начальный поставарийный период в 1995 г., количество зарегистрированных видов рыб составляло также 18 [2, 9]. Спустя пять лет, в 2000 г., из состава уловов выпали нельма, пелядь, карась, голец усатый и минога, которые по численности никогда не относились к доминирующим (см. таблицу).

В то же время к 2000 г. количество основных видов, формирующих ядро рыбного населения в р. Колвы, сохранялось достаточно стабильно. В р. Колве на этот период постоянно обитало четыре-пять видов лососеобразных рыб (хариус, сиг, ряпушка, чир, пелядь), а также четыре-пять видов, относящихся к промысловым значимым «частиковым» (плотва, окунь, щука, язь и налим). Тем не менее после 1994 г., когда произошли масштабные аварийные выбросы нефти на водосбор Колвы, наметилась тенденция изменения состава и структуры в уловах в магистральном русле р. Колвы. Снижение видового разнообразия рыб в контрольных уловах отмечается до настоящего времени. В 2005 г. в составе уловов на двух контрольных участках магистральном русле р. Колвы зафиксировано лишь девять видов рыб. Не отмечены такие виды, как чир, нельма, пелядь и обыкновенный подкаменщик, ранее постоянно присутствовавшие в уловах (см. таблицу).

На обоих контрольных участках магистральном русле р. Колвы, подвергнутого нефтяному загрязнению, доля в уловах ряпушки снизилась с 85% до 0,7% и 63,8 до 7,5% соответственно. Нельма в 2005 г. в уловах не отмечена, а относительная численность неполовозрелых сегов на втором контрольном участке снизилась с 12,1% в 1997 г. до 5,0% в 2005 г., в то время как на первом контрольном участке молодь сига не отмечена вовсе. На фоне снижения представительства в уловах сеговых рыб доля ерша многократно выросла. Заметное место в структуре уловов стал занимать язь (до 11,7%). В 2005 г. отмечается увеличение относительной численности гольяна и окуня. Таким образом, ранее доминирующие по численности сеговые рыбы (сиг и жилая форма ряпушки) к 2005 г. лидирующее положение уступили представителям семейств окунёвых (ёрш и окунь) и карповых (язь и гольян) (рис. 3).

Изменения состава и структуры рыбного населения на загрязнённом участке р. Колвы и смена видов доминантов привели к усилению представительства равнинного бореального ихтиокомплекса, что отражает общую экологическую обстановку в районе добычи и транспортировки нефтеуглеводородов. Прямое и опосредованное загрязнение поверхностных вод, а также эрозия водосбора, обусловленная реабилитационными мероприя-

тиями, инициировали процессы эвтрофикации акваторий. Проведённые в 2001 – 2002 гг. исследования демонстрируют резкое ускорение сукцессий экосистем ручьёв и нижнего течения р. Колвы – водотоков, подвергшихся нефтяному загрязнению [10]. На участке нижнего течения р. Колвы заметно усилился трофический поток по вектору: минерализация, органическое вещество, планктон (причём, вероятно, все его формы: бактерио-, фито- и зоо-), рыбы. Плотность хищников, представляющих верхние звенья трофической структуры, возрастает закономерно позже, с опозданием на два года. В этих условиях преимущество получили виды рыб, менее требовательные к качеству воды и донных субстратов (ёрш и язь), в то же время их токсикорезистентность и экологическая пластичность признаны выше, нежели видов, представляющих группу лососеобразных рыб [11].

Антропогенные изменения структуры рыбной части сообщества затронули не только нижнюю часть магистрального русла р. Колвы, но и её придаточные системы. Проведённые исследования озёрно-речной системы

Веякоты, входящей в единую гидрографическую систему бассейна р. Колвы, показали, что в последние десятилетия в этом большом по площади водоёме, где рыбы совершают свободные миграции (оз. Веякоты – р. Колва – р. Уса), относительная численность сиговых рыб в уловах резко сократилась. Анализ структуры и состава ихтиофауны по материалам семидесятых годов прошлого века позволяет отнести оз. Веякоты к подтипу пеляжье-сиговых озёр (рис. 4) [12].

В настоящее время доля сиговых рыб в уловах оз. Веякоты незначительна и не превышает 12%, что заметно ниже сходных показателей, характерных для данного типа озёр. В то же время в контрольных уловах оз. Веякоты значительно возросла доля окуня и плотвы, которые имеют меньшую потребительскую значимость. Выявленные изменения структуры рыбного населения отмечены и в других крупных озёрно-речных системах, однако они не являются следствием техногенного загрязнения, а во многом обусловлены активным и нерегулируемым рыболовством на этих акваториях.

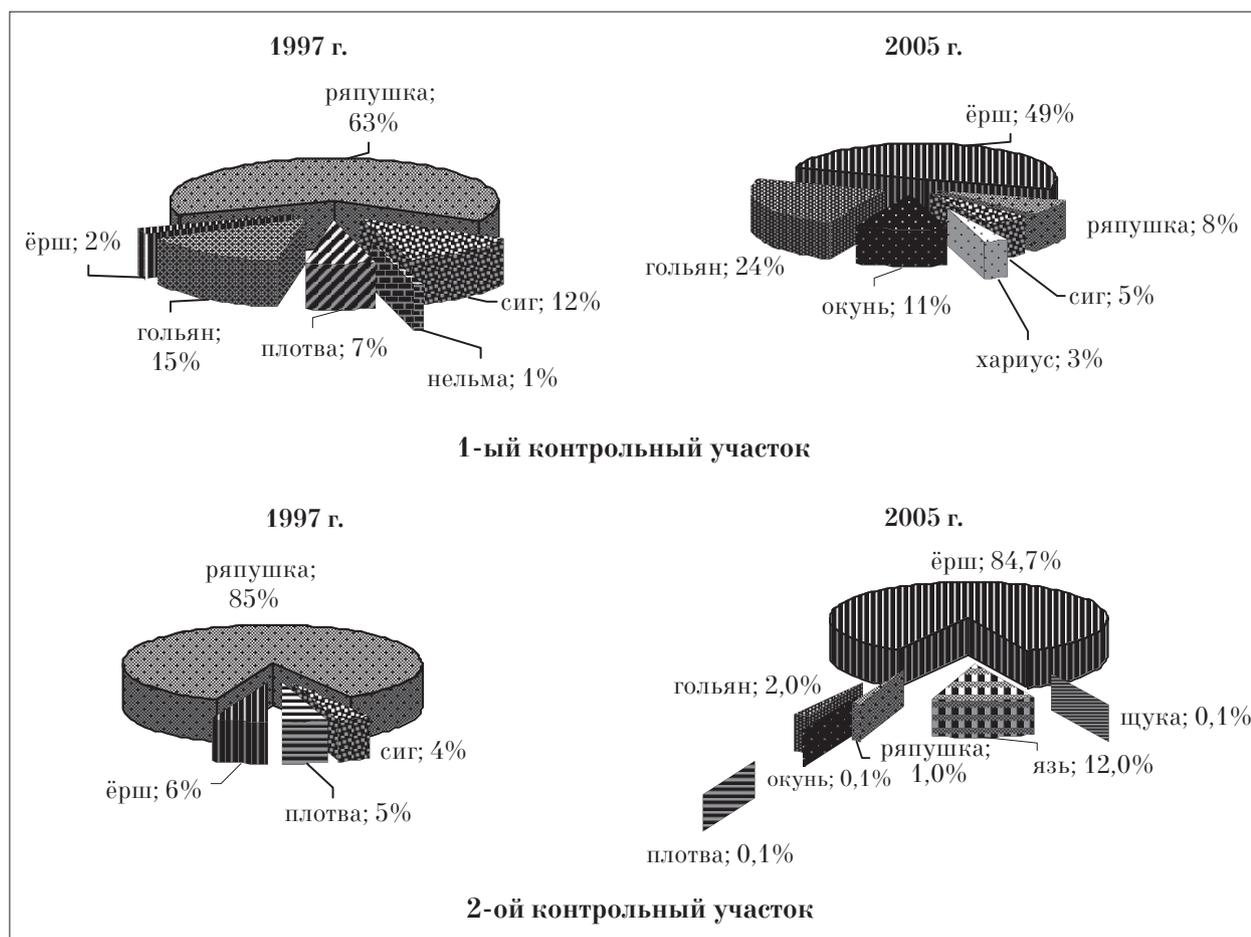


Рис. 3. Доля (%) видов в структуре рыбного населения на контрольных участках р. Колвы в поставарийный период

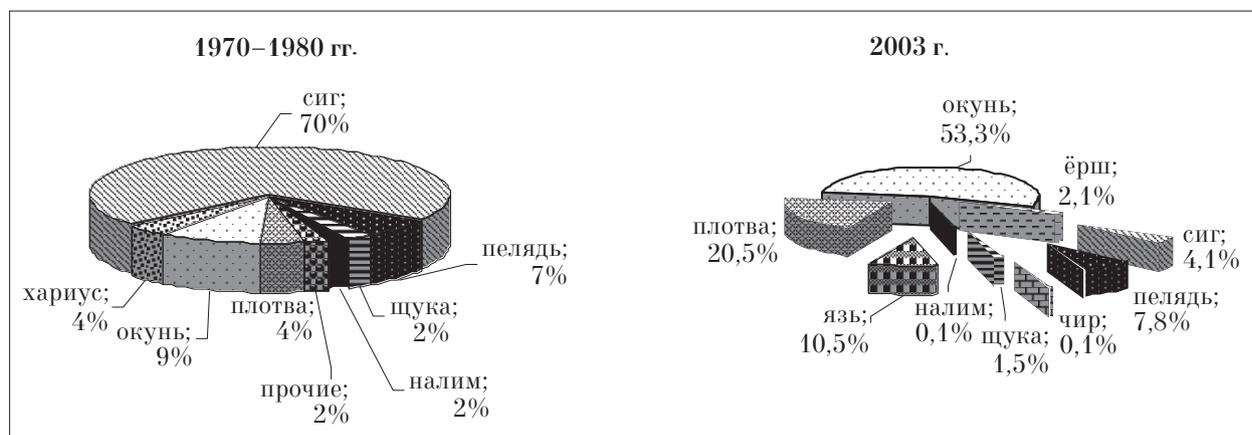


Рис. 4. Состав и структура ихтиофауны оз. Веякоты в 1970 – 1980 и 2003 годах

Таким образом, очевидно, что сукцессии рыбной части сообщества затрагивают не только локальные акватории, но характерны для всего бассейна р. Колвы в целом и вызваны комплексным антропогенным воздействием, которое является неотъемлемой стороной освоения северных территорий. Если рассматривать проблему шире, то сходные процессы происходят на всей территории Республики Коми, и в Большеземельской тундре в том числе, где осваиваются природные ресурсы [13]. Снижение в уловах доли коммерчески важных видов (сиг, пелядь, чир, европейский хариус) прослеживается на всех исследованных нами акваториях, прилегающих к осваиваемым нефтяным месторождениям, и вызвано как загрязнением среды обитания рыб, так и высоким уровнем её нелегитимного промысла.

Долговременное поступление в акватории р. Колвы с её водосбора минеральных и органических веществ привело к механическим изменениям донных субстратов (заиливанию) локальных биотопов, служивших ранее местами для нагула молоди сиговых рыб. Участок нижнего и среднего течения р. Колвы оказался в зоне ускоренной эвтрофикации, где отмечаются устойчивые нарушения естественной структуры и состава рыбного населения. Скорость техногенных сукцессий многократно возросла. За 10-летний период после аварии на нефтепроводах произошли, как было показано выше, серьёзные изменения состава и структуры ихтиофауны на территориях добычи и транспортировки углеводородов и пограничных районах. К 2005 г. «облик» рыбной части сообщества в бассейне модельной р. Колвы определяют уже не сиговые рыбы, а представители равнинного бореального фаунистического комплекса, такие как ёрш, язь и окунь. В измененных условиях природной среды преимущество получили виды рыб, ме-

нее требовательные к качеству воды и донных субстратов (ёрш и язь), чья толерантность к внешним воздействиям считается более высокой, нежели видов, представляющих группу лососеобразных рыб. Наблюдаемые структурные перестройки биологических сообществ на «индустриальных» акваториях в совокупности с факторами продолжающегося хронического загрязнения имеют, очевидно, не только долговременный, но и необратимый характер.

Проведённые исследования на многих водных объектах в бассейне Печоры и Большеземельской тундры выявили сходные изменения структуры и численности рыбного населения. Очевидно, что в целом усиление техногенного и антропогенного влияния на Европейском Севере на природные экосистемы при современном уровне природопользования не позволяют на сегодняшний день делать благоприятные прогнозы в части сохранения всего многообразия генофонда лососеобразных рыб, который реализовался в ранее устойчивом существовании широкого спектра экологических форм.

Теперь уже понятно, что проблемы сохранения и восстановления водных биологических ресурсов должны решаться по двум основным направлениям: усилением контроля над несанкционированной добычей рыбы, в том числе и браконьерством, и организацией компенсаторных мероприятий, которые связаны с развитием комплекса услуг по искусственному воспроизводству различных популяций промысловых и коммерчески важных видов рыб. До настоящего времени природоохранные мероприятия были направлены преимущественно на локализацию техногенного загрязнения, реабилитацию территорий в поставарийный период, зачистку болот, водосборов малых водотоков и отдельных озёрных систем. При этом предпочтение отдавалось приёмам инженерной экологии – таким как

предотвращение и ликвидация аварийных выбросов углеводородов, обустройство и эксплуатация гидротехнических сооружений, строительство дамб, укрепление переходов транспортных коммуникаций через водотоки и т. п. Безусловно, это правильное решение, так как подобные действия устраняют первопричину загрязнения водных объектов и водных экосистем. В то же время биологическая составляющая проблемы реабилитации выпала из поля зрения экологических служб нефтяных и газовых компаний, а вопросы сохранения и восстановления водных биологических ресурсов так и не стали приоритетными. Однако оценка качества поверхностных вод или состояния окружающей среды должны определяться не только по гидрохимическим показателям, но и по конечному результату – благополучию и обилию животного населения, в том числе видов, требовательных к качеству среды и имеющих высокое коммерческое значение.

В настоящее время уже многие недропользователи начинают осознавать, что сохранение природной среды – это не только поддержание качества поверхностных вод водоёмов и водотоков в естественном состоянии, но и сохранение или восстановление их биологического разнообразия и ресурсного значения. Свидетельством тому являются проводимые в 2000 – 2008 гг. Институтом биологии Коми НЦ УрО РАН исследования донорских популяций лососеобразных рыб и развертывание работ по искусственному воспроизводству европейского хариуса, сига и пеляди и выпуску их сеголетков в водоёмы за счёт средств ОАО «Лукойл Коми». В 2009 г. выпуск мальков сиговых рыб в бассейне р. Усы ожидается в объёме 1 млн. штук. Мероприятия по искусственному воспроизводству рыбных ресурсов имеют не только прогнозируемый экономический эффект, но и огромное, особенно для коренного населения, социально-экономическое значение.

Работа выполнена при поддержке международного проекта МБРР «Влияние нефтяного загрязнения на животный мир Республики Коми» и Программы Отделения биологических наук РАН «Биологические ресурсы России. Фундаментальные основы рационального использования биологических ресурсов» проекта «Ресурсы лососевых рыб в крупных реках Европейского Северо-Востока».

### Литература

1. Г.М. Баренбойм, П.Ф. Шульженко, А.В. Галкин и др. Автоматизированные системы раннего обнару-

жения и мониторинга аварийного разлива. М., Саров. 1998. 107 с.

2. Захаров А.Б., Пархачев А.Н., Туманов М.Д., Камалов В.Ш. Влияние гидрозатворов на рыбное население малых водотоков в условиях техногенного загрязнения бассейна реки Колва // Водные организмы в естественных и трансформированных экосистемах Европейского Северо-Востока. Сыктывкар. 2002. С. 126-136. (Тр. Коми НЦ УрО РАН; № 170).

3. Лоскутова О.А., Фефилова Е.Б. Зоопланктон и бентос рек печорского бассейна в условиях аварийного загрязнения нефтепродуктами // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. 2004. Т. 6. Вып. 2. С. 146-163.

4. Захаров В.М. Описание методологии биотест // Биотест: интегральная оценка здоровья экосистемами отдельных видов. М. 1993. 79 с.

5. Туманов М.Д., Шубин Ю.П. Оценка экологической ситуации в бассейне р. Усы (приток Печоры I порядка) после аварии нефтепровода по данным анализа флуктуирующей асимметрии // Биологические ресурсы Белого моря и внутренних водоёмов Европейского Севера: Тез. докл. II Междунар. конф. Петрозаводск. 1999. С. 64-65.

6. Кашулин Н.А., Лукин А.А., Амудсен П.А. Рыбы пресных вод Субарктики как биоиндикаторы техногенного загрязнения. Апатиты. 1999. 142 с.

7. Аршаница Н.М., Лесников Л.А. Паталогоморфологический анализ состояния рыб в полевых и экспериментальных токсикологических исследованиях // Методы ихтиотоксикологических исследований. Л. 1987. С. 7-9.

8. Кучина Е.С., Соловкина Л.Н. Особенности биологии и промысел рыб реки Колвы. Сыктывкар. 1959. С. 85-100. (Тр. Коми фил. АН СССР; № 8).

9. Захаров А.Б., Шубин Ю.П., Лоскутова О.А., Фефилова Е.Б. Экологическая эффективность мероприятий по механической очистке водотоков при аварийных разливах нефти // Водные организмы в естественных и трансформированных экосистемах Европейского Северо-Востока. Сыктывкар. 2002. С. 84-89. (Тр. Коми НЦ УрО РАН; № 170).

10. Фефилова Е.Б., Лоскутова О.А. Зоопланктон и зообентос ручьёв в бассейне Печоры после аварийного нефтеразлива // Изв. Самарского НЦ РАН. Самара. 2005. Т. 1. С.193-197.

11. Лукьяненко В.И. Токсикология рыб. М.: Наука, 1967. 247 с.

12. Сидоров Г.П. Рыбные ресурсы Большеземельской тундры Л.: Наука, 1974. 164 с.

13. Сидоров Г.П. Ихтиофауна Большеземельской тундры и её рыбохозяйственные возможности // Возобновимые ресурсы водоёмов Большеземельской тундры. Сыктывкар, 2002. С. 79-94. (Тр. Коми НЦ УрО РАН; № 169).

## Эффекты химических бумерангов на здоровье населения России

© 2009. В.С. Петросян, д.х.н., зав. лабораторией,  
Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова,  
e-mail: ecohealth@voxnet.ru

Рассмотрена предложенная автором концепция «химических бумерангов» – токсичных веществ, которые используются для решения различных проблем, но затем попадают в организм человека и оказывают негативные эффекты на его здоровье. Обсуждена также предложенная автором концепция «химических спутников Земли» – токсичных веществ, попадающих в атмосферу Земли и совершающих кругосветные маршруты до выпадения с дождем и снегом в разных регионах нашей планеты. Приведено предложенное автором определение термина «химическая безопасность населения», базирующееся на рассмотрении химических стрессов человека.

The author's conception of 'chemical boomerangs', i.e. toxic substances used for different purposes that get into a human organism and have a negative effect on human health, is considered. The author's conception of «chemical satellites of the Earth», i.e. toxic substances that get into the atmosphere and travel around a circle there before falling down with rain or snow in different parts of our planet is discussed. The author also gives a definition to the term «chemical safety of the population»; the definition is based on considering human chemical stresses.

Ключевые слова: токсическое действие, загрязнители, источники загрязнений, химическая безопасность

Химическая наука за длительный период своего развития способствовала значительному развитию общества благодаря разнообразным применениям большого числа природных и синтетических веществ (топливо, масла, красители, полимеры, удобрения, пестициды, пищевые добавки, косметика, лекарства, растворители и многое другое).

Однако к середине двадцатого века стало очевидно, что использование некоторых токсичных веществ привело к значительной биодegradации водных и террестриальных экосистем и существенному ухудшению здоровья человека. В качестве примеров можно привести углеводородное топливо, дающее при сжигании диоксид углерода, влияющий на глобальное изменение климата, и канцерогенный бенз(а)пирен; термостойкие добавки к маслам – полихлорированные бифенилы (ПХБ), обладающие негативными эффектами воздействия на здоровье человека; канцерогенные красители; высокомолекулярный поливинилхлорид (ПВХ), сжигание остатков которого даёт самые токсичные вещества на планете – диоксины и фураны; азотсодержащие удобрения, приводящие к накоплению в организмах токсичных нитрит-ионов; хлорорганические пестициды, включая ДДТ и продукты диенового синтеза, вызывающие раковые и другие заболевания; используемая в косметике токсичная трихлоруксусная

кислота; фреоны, использовавшиеся долгое время в качестве хладоагентов и разрушавшие озоновый слой Земли и внутренние органы людей. Этот список можно было бы продолжить.

Автором предложено такие вещества называть химическими бумерангами. Будучи «запущенными» в повседневную жизнь для решения позитивных задач (например, хлорорганические пестициды, используемые для повышения урожаев сельскохозяйственных культур, или броморганические антивоспламенители, предупреждающие возгорание различных предметов домашнего быта), эти вещества (табл. 1), выполнив на первой половине петли бумеранга поставленную задачу, на её второй половине попадают через трофические (пищевые) цепи в организм человека, накапливаются в нём и вызывают поражение центральной нервной и эндокринной систем, новообразования и другие серьёзные заболевания.

В связи с тем, что токсикологические эффекты многих органических, неорганических и металлоорганических веществ в воздухе, воде, почвах, растениях, животных и людях были однозначно доказаны, в развитых странах уже в начале 1970-х годов были приняты законодательные акты, запрещающие использование некоторых токсичных веществ. Достаточно привести пример с ДДТ, за успеш-

Таблица 1

Основные типы стойких органических загрязнителей, их источники и обусловленные ими стрессы

Стойкие органические загрязнители (СОЗ)	Основные источники	Типы химических стрессов
Альдрин, атразин, гептахлор, ДДТ, дильдрин, линдан, мирекс, токсафен, хлордан, хлордекон, эндосульфат, эндрин	Хлорорганические и другие пестицидные препараты	Биоаккумуляция в жировых тканях организмов и в трофических цепях, поражение центральной нервной и эндокринной систем, канцерогенез
Гексабромбифенил (ГББ)	Антивоспламенитель для термопластиков	Болезни кожи, выпадение волос, канцерогенез, эндокринные разрушения
Гексахлорбензол (ГХБ)	Дымовые завесы, фейерверки	Болезни печени, канцерогенез
Нонил- и октилфенолы	Детергенты, пластификаторы и стабилизаторы резины	Разрушение эндокринной системы
Пентахлорфенолы (ПХФ)	Краски, текстиль, пестициды для защиты древесины	Общая токсичность
Полибромированные дифениловые эфиры (ПБДЭ)	Антивоспламенители для полиуретановых составов в коврах, матрацах и мебели	Канцерогенез, эндокринные разрушения и препятствие развитию мозга
Полихлорированные бифенилы (ПХБ)	Трансформаторные и смазочные масла, пластификаторы	Поражение эндокринных систем и проявление канцерогенеза
Полихлорированные дибензодиоксины (ПХДД) и дибензофураны (ПХДФ)	Микропримеси в ПХБ, хлорфенолах, пестицидах, продуктах сгорания ПВХ и отбеленной целлюлозе	Супертоксичность, проявление тератогенеза и канцерогенеза, поражение кожи (хлоракне), эндокринной, иммунной и репродуктивной систем
Полиядерные ароматические углеводороды (ПАУ)	Образуются при неполном сгорании древесины, угля и нефтепродуктов	Канцерогенез
Фталаты	Пластификаторы, репелленты, растворители	Разрушение эндокринной системы

ное применение которого в борьбе с малярией швейцарскому исследователю Паулю Мюллеру в 1948 г. была присуждена Нобелевская премия по физиологии и медицине, а уже в 1972 г. ДДТ в развитых странах был запрещён к использованию в связи с доказательством его биоаккумуляции в живых организмах и токсичного воздействия на них.

Химические стрессы человека стали в этих странах важными факторами в рамках национальных стратегий безопасности. Например, в Японии Министерство окружающей среды начиная с 1974 г. проводит систематический мониторинг уровня загрязнения окружающей среды токсичными веществами. В некоторых европейских странах, а также в Канаде и США, помимо неорганических токсикантов (табл. 2), в последние годы значительные

усилия прикладываются для предотвращения дальнейшего загрязнения окружающей среды стойкими токсичными веществами (СТВ), включая органические (табл. 1), а в самое последнее время и металлоорганические токсиканты (табл. 3).

В США начиная с 1990 г. разрабатывалась концепция болезни как проявления дисбаланса между окружающей средой и человеком. В связи с этим Агентство токсичных веществ и регистрации болезней (ATSDR) Министерства здравоохранения США обратилось к Национальному Научному Совету (NRC) с просьбой обосновать эту концепцию в форме, понятной учёным, законодателям, чиновникам и населению. Была проведена специальная конференция с целью получения ответов на следующие вопросы: «Как люди

**Таблица 2**

Основные типы неорганических загрязнителей, их источники и обусловленные ими стрессы

Неорганические загрязнители	Основные источники	Типы химических стрессов
CO, NO, NO <sub>2</sub> , SO <sub>2</sub> , SO <sub>3</sub>	Выбросы промышленных, энергетических предприятий и автотранспорта	Оксид углерода (II) обуславливает кислородную недостаточность. Оксиды азота и серы вызывают болезни бронхов и лёгких – хронический бронхит, бронхиальную астму и ишемическую болезнь сердца
Нитраты и нитриты	Азотные удобрения	Высокие концентрации в питьевой воде вызывают метгемоглобинемию («синдром голубого ребёнка»)
Алюминий	Сточные воды, посуда и столовые приборы	Негативное воздействие на мозг
Кадмий	Производство цинка и сплавов, гальваника и сигареты	Общая токсичность и канцерогенез
Медь	Кабельное производство, электроника	Общая токсичность
Мышьяк	Пестициды, сплавы, зола	Общая токсичность и канцерогенез
Никель	Сплавы, покрытия, аккумуляторы	Образование раковых опухолей и общая токсичность
Ртуть	Производство щёлочи и хлора, добыча золота, электроника, катализ	Высокотоксична и легко накапливается в организмах, проявляя разрушающее воздействие на внутренние органы (почки, печень) и центральную нервную систему
Свинец	Аккумуляторы, керамика, краски	Токсичен, вызывает анемию и психические расстройства
Селен	Электроника, сплавы, стекло	Весьма токсичен
Хром	Катализаторы, краски, сплавы	Cr (VI) – канцероген и более токсичен, чем Cr (III)
Цинк	Гальваника, сплавы	Токсичен, но меньше, чем выше приведённые металлы

**Таблица 3**

Основные типы металлоорганических токсикантов, их источники и обусловленные ими стрессы

Металлоорганические токсиканты	Основные источники	Типы химических стрессов
Метильные производные ртути	Образуются в окружающей среде при метилировании катионов ртути	Разрушение центральной нервной системы, мозга и печени
Оловоорганические соединения	Стабилизаторы ПВХ, катализаторы, краски для судов и подводных конструкций	Негативное воздействие на нервную систему триметильными и триэтильными производными олова
Алкильные производные свинца	Антидетонационные добавки к топливу автомобилей	Раковые заболевания дыхательного и пищеварительного трактов

оказываются подвергнутыми воздействию?», «На основании чего можно утверждать, что люди оказались подвергнутыми воздействию?» и «Что происходит после воздействия?».

В последнее двадцатилетие подписано несколько международных соглашений на уровне ООН, среди которых, безусловно, следует отметить Базельскую конвенцию по токсичным отходам, Парижскую конвенцию по уничтожению химического оружия, Монреальский протокол по защите озонового слоя (в соответствии с которым были запрещены к производству и использованию разрушающие озоновый слой фреоны), Роттердамскую конвенцию по перевозкам токсичных веществ, Киотский протокол по глобальному изменению климата (предусматривающий уменьшение выбросов в окружающую среду «парниковых» газов типа диоксида углерода, метана и других), Стокгольмскую конвенцию по стойким органическим загрязнителям (предполагающую запрещение производства хлорорганических пестицидов, гексахлорбензола и ПХБ, а также технологий, использование которых приводит к выбросам в окружающую среду чрезвычайно токсичных полихлорированных дибензодиоксинов и дибензофуранов).

В принятой на Межправительственной конференции ООН по окружающей среде и развитию в Рио-де-Жанейро в 1992 году Повестке дня на XXI-ый век 19 глава целиком посвящена повышению безопасности использования химических веществ. В ней отмечается, что сегодня в мире существует около 100 тысяч коммерческих химикатов, однако 95% мирового химического производства приходится лишь на 1500 веществ. При этом на значительную часть этих веществ отсутствуют токсикологические данные, характеризующие опасность их использования, прежде всего, с точки зрения хронических эффектов.

Созданный в соответствии с решениями Конференции «Рио-92» Межправительственный форум по химической безопасности (МФХБ) на своих 1-м (1994) и 2-м (1997) заседаниях проводил подготовительную работу по выработке Декларации по химической безопасности, которая была принята на 3-м заседании в Байе (Бразилия) в 2000 г. Байская декларация подчеркнула, что знания о последствиях воздействия химических веществ остаются крайне неполными, в связи с чем «необходимо продолжать исследования и проявлять бдительность». Это необходимо делать ещё и потому, что стандарты химиче-

ской безопасности в значительной части мира не отвечают тому, что необходимо для обеспечения адекватной охраны здоровья человека и окружающей среды.

Специально подчеркнуто, что для надлежащего использования и уничтожения во всём мире запасов токсичных веществ (в частности, неиспользованных пестицидов) всё ещё не мобилизованы международные и национальные ресурсы, а международные оценки токсичных веществ не достигли контрольных показателей, установленных в 1994 г.

На прошедшей в 2002 г. в Йоханнесбурге Конференции ООН по устойчивому развитию был сделан не обнадеживающий вывод о том, что проблема негативного воздействия токсичных веществ на здоровье человека и окружающую среду продолжает усугубляться. Принято решение подробно обсудить эту ситуацию на 4-м заседании МФХБ и начать разработку нового стратегического подхода к международному управлению химическими веществами, что и было осуществлено в Бангкоке в ноябре 2003 г. при участии делегаций более чем из 150 стран.

Следуя рекомендациям Межправительственного форума по химической безопасности (IFCS), Программа ООН по окружающей среде (UNEP) вместе с Глобальным Экологическим Фондом (GEF) инициировали специальный проект «Региональная оценка стойких токсичных веществ», нацеленный на охрану окружающей среды и здоровья населения посредством мер, уменьшающих выбросы и сбросы СТВ, начиная с двенадцати СОЗ, включённых в Стокгольмскую конвенцию (2001), подписанную и ратифицированную многими странами мира.

При рассмотрении эффектов воздействия на человека токсикантов из таблиц 1 и 3 становится очевидным, что некоторые из них (пестициды, ГББ, ГХБ, нонил- и октилфенолы, оловоорганические препараты, ПБДЭ, ПХБ, ПХФ, свинецорганические соединения, фталаты) оказывают это воздействие в том виде, в каком они используются человеком (автор предлагает называть их химическими бумерангами 1-го рода). Те токсичные вещества в таблицах 1 и 3, которые не используются человеком непосредственно (ПАУ, «метилртуть», диоксины и фураны), но образуются при использовании других соединений (сжигание топлива, биометилирование в водоёмах неорганических солей ртути, горение ПВХ и других

хлорорганических соединений на свалках и при пожарах, можно называть химическими бумерангами 2-го рода.

Следует понимать, что негативные эффекты химических бумерангов определяются в значительной мере их химической природой (электронным и пространственным строением молекул, наличием в них металлов, связанных с органическими и неорганическими лигандами, количеством атомов хлора и другими свойствами). Основным фактором, однако, обуславливающим химический стресс и проявление токсического воздействия, является концентрация токсиканта, так или иначе попавшего в организм человека.

Чрезвычайно важно учитывать, что из всей последовательности происходящих в организме процессов (поглощение, биотрансформация, детоксикация, выведение и биоаккумуляция) ключевую роль играет последний, определяющий накопление токсиканта в организме. При этом нужно сознавать, что биоаккумуляция представляет собой накопление токсиканта в организме из всех источников (воздух, вода, пища) и отличается от биоконцентрирования, которое представляет собой только накопление токсиканта из воды.

Сегодня не вызывает сомнений, что важнейшими источниками химических стрессов населения являются: продукты питания, в которые попадают различные токсиканты, хлорированная питьевая вода, содержащая широкий спектр токсичных хлорорганических веществ, а также атмосферный воздух, включающий в себя, прежде всего, значительные количества высокотоксичных монооксида углерода, оксидов азота и бенз[а]пирена.

При этом важно учитывать, что токсичные вещества, попадающие в атмосферу из труб промышленных и энергетических предприятий, с выхлопными газами автомобилей, со свалок промышленных и бытовых отходов, с сельскохозяйственных полей и т. д., подхватываются ветром и превращаются в химические спутники Земли.

Вследствие трансграничного атмосферного переноса эти химические спутники Земли осуществляют близкие и дальние (в том числе и кругосветные) маршруты, равно до тех пор, пока не встретятся с дождевым или снежным облаком и вместе с осадками не выпадут на Землю. Следовательно, загрязнение окружающей среды токсичными веществами является глобальной экологической проблемой, т. к. выбросы могут происходить

в Австралии, Азии или Африке, а загрязнение атмосферы, почв и вод будет осуществляться в Европе, Северной или Южной Америке (и, соответственно, наоборот, в зависимости от розы ветров).

Эколого-эпидемиологические исследования показывают, что существуют корреляции между химическим загрязнением и здоровьем населения. Для критической оценки негативных эффектов необходимо проводить сравнение данных, полученных в экспериментах с лабораторными животными, с результатами эколого-эпидемиологических исследований различных воздействий, а также с эффектами, наблюдаемыми для населения.

Большие сложности вызывают попытки выявить причинно-следственные отношения между воздействием на человека малых доз токсикантов и негативными эффектами на здоровье населения, в частности, потому, что в каждый конкретный момент человек оказывается подверженным воздействию широкого круга химических веществ. В человеческих тканях по всему миру обнаруживают заметные количества ПХБ, диоксинов и различных хлорорганических пестицидов, а загрязнение пищевых продуктов, включая грудное молоко, является сегодня также повсеместным явлением.

В последние годы опубликовано большое количество сообщений о загрязнении окружающей среды в Российской Федерации приоритетными токсикантами. Например, указывалось, что самые высокие уровни загрязнения атмосферного воздуха полиядерными ароматическими углеводородами (5–15 нг/м<sup>3</sup>) наблюдаются в сибирских городах Братск, Красноярск, Магнитогорск, Нижний Тагил, Новокузнецк, Челябинск и Шелехов, где расположены крупнейшие в мире алюминиевые и сталелитейные заводы.

Суммарные выбросы наиболее канцерогенного ПАУ, бенз(а)пирена, ещё 10 лет назад оценивались на уровне 100-200 тонн в год. Что касается ПХБ, то одним из наиболее печальных примеров является г. Серпухов (в 100 км на юг от Москвы), где расположено крупное электротехническое предприятие. В 1988 г. концентрации ПХБ в почвах в 2 км на север от завода составляли 35.7 ppm, а в 0,3 км на юг от завода – до 11000 ppm. В молоке кормящих матерей, живших вблизи от завода, ПХБ содержалось от 1093 до 2392 мкг/л.

В Российской Федерации имелось, по крайней мере, две «горячие точки», Чапаевск

(Самарская область) и Уфа (Республика Башкортостан), в которых большие заводы, выпускавшие хлорорганическую продукцию (преимущественно, ПХБ и пестициды), выбрасывали в окружающую среду большие количества диоксинов. В Чапаевске в 1990 г. на заводе по производству пентахлорфенола почвы содержали 18.7 ppb 2,3,7,8-ТХДД (тетрахлордibenзодioxина). В Уфе в 1987 г. концентрации ТХДД в почвах около завода по производству 2,4,5-трихлорфенола достигали 9.6 ppb. Загрязнение иловых осадков в реке Белой на расстоянии 150 метров от места сброса было на уровне 4 ppb. Измерения диоксинов в главном источнике питьевой воды города, реке Белой, дали следующие концентрации: ТХДД – 80 пг/л, ГкХДД (гексахлордibenзодioxина) – 88 нг/л, ГпХДД (гептахлордibenзодioxина) – 120 нг/л и ОХДД (октахлордibenзодioxина) – 760 нг/л.

Эпидемиологические исследования, проведённые в Чапаевске с 1969-го по 1998 год, показали, что для рабочих завода по производству хлорорганических препаратов типичными заболеваниями были: хлоракне, эндокринные болезни, гепатит, уменьшение количества сперматозоидов, ослабление иммунной системы, уровень смертности в 17,5% от злокачественных новообразований. Наиболее типичными являлись рак лёгкого и гортани для мужчин, и рак груди – для женщин. Для населения города весьма распространёнными явились спонтанные аборт, поздние гистозы, повышенные концентрации диоксинов в грудном молоке, повышенная частота рождения недоношенных детей, задержка в развитии половых органов у мальчиков, нарушение нормального соотношения при рождении девочек и мальчиков, высокое содержание гормонов в крови мальчиков.

Эпидемиологические исследования, проведённые в Уфе, показали, что воздействия на рабочих аналогичных заводов были весьма высокого уровня. В частности, они болели хлоракне и другими болезнями, включая спонтанные аборт и половые диспропорции среди новорождённых (с превышением числа девочек над числом мальчиков).

В последние годы показано, что количество диоксинов в сперме мужчин, живущих в промышленных районах Башкортостана, находится на уровне 42,1 – 182,5 пг/г жира и 67 – 181 пг/г крови. Эти величины значительно превышают соответствующие уровни

для ветеранов американской войны во Вьетнаме и значительно выше уровней содержания диоксинов в грудном молоке кормящих матерей (8 – 74 пг/г).

Исследование динамики латентных патологических эффектов на центральную и периферическую нервную систему, обусловленных малыми дозами ртуторганических соединений (25 человек в течение 2-3 месяцев кормили мясомолочными продуктами, содержащими 1 – 10 нг/г ртути), показало рост жалоб, указывающих на патологию гипоталамических структур мозга, и уменьшение жалоб, связанных с патологией периферической нервной системы.

Особую тревогу вызывают химические стрессы детского населения, приводящие, как теперь стало понятно, к печальной статистике по здоровью детей России. Достаточно привести результаты недавнего исследования, согласно которым загрязнение атмосферного воздуха в Прокопьевске определяет более чем на 60% детскую заболеваемость бронхиальной астмой, пневмонией, болезнями верхних дыхательных путей, анемией и на 50% – сумму экологически значимых заболеваний и врождённой патологии.

Таким образом, уже краткое рассмотрение проблемы химических стрессов человека, обусловленных, в первую очередь, химическими бумерангами, показывает приоритетную важность данной проблемы с точки зрения сохранения здоровья человека.

На проходившей в мае 2005 г. 1-й Межправительственной конференции ООН по стойким органическим загрязнителям (Пунта-дель-Эсте, Уругвай) было ещё раз подчёркнуто, что вопросы химической безопасности человека стали приоритетными в деятельности ООН. Однако большинство важнейших проблем в этой области находится в начальной стадии решения.

В связи с тем, что до сих пор даже на уровне ООН нет общепринятого толкования понятия «химическая безопасность населения», автор предлагает в данной работе своё определение этого понятия.

Итак, по мнению автора, «химическая безопасность населения – это когда человек не испытывает химических стрессов, т. е. воздействия приоритетных органических, неорганических и металлоорганических токсикантов осуществляются на безопасном для физиологического и психического состояния человека уровне, в результате чего удаётся сохранять здоровье населения».

Для России сегодня, помимо вышеуказанных, остаются актуальными, по крайней мере, ещё две проблемы:

1) экологически безопасное уничтожение запасов химического оружия, хранящегося в семи различных регионах страны, для чего необходимо использовать наиболее безопасные технологии, разработанные российскими специалистами;

2) реализация систематического и повсеместного контроля качества пищевых продуктов и питьевой бутилированной воды, поставляемых в магазины и на рынки страны как российскими, так и зарубежными производителями.

Для реализации сформулированных задач необходимо срочно начать подготовку спе-

циалистов по химической безопасности, для чего в ведущих вузах химического профиля нужно создать кафедры по химии и токсикологии окружающей среды.

Населению и руководителям страны необходимо понять, что в современной экологической ситуации химические стрессы населения играют решающую роль в проблеме сохранения здоровья человека. А если к этим химическим стрессам добавить расширяющийся круг физических (радиация, электромагнитные, вибрационные и шумовые воздействия) и биологических (вирусы, бактерии, генетически модифицированные продукты) стрессов, то понятно, что при обсуждении проблемы выживания населения страны в первую очередь необходимо обсуждать именно эти факторы.

**Изучение состояния почв на территории вблизи  
Кирово-Чепецкого химического комбината**

© 2009. С.Г. Скугорева<sup>1</sup>, к.б.н., м.н.с., Е.В. Дабах<sup>1</sup>, к.б.н., с.н.с.,  
Т.А. Адамович<sup>2</sup>, аспирант; Г.Я. Кантор<sup>1</sup>, к.т.н., н.с.,  
И.И. Шуктомова<sup>1</sup>, к.б.н., с.н.с., Т.Я. Ашихмина<sup>1,2</sup>, д.т.н., зав. лабораторией биомониторинга,  
<sup>1</sup>Институт биологии Коми НЦ УрО РАН,  
<sup>2</sup>Вятский государственный гуманитарный университет

В статье представлены данные по состоянию почв на территории вблизи Кирово-Чепецкого химического комбината (Кировская область). Дана характеристика почв по физико-химическим, радиологическим и биологическим показателям. Выявлены участки локального загрязнения почв тяжёлыми металлами, фторид-, нитрат-ионами, катионами аммония. Установлено, что наибольший вклад в загрязнение почв поллютантами вносят подземные воды.

The article presents the data on soil state on the territory near the Chemical industrial complex in Kirovo-Tchepetsk (Kirov region). Physical, chemical, radiological and biological indices of soil are shown. Areas with soil locally contaminated with heavy metals, fluoride- and nitrate ions and ammonium cations were indicated. It was stated that groundwater contributes to soil contamination most of all.

Ключевые слова: Кирово-Чепецкий химический комбинат,  
загрязнение почв, экологический мониторинг

Градообразующие предприятия химической промышленности в г. Кирово-Чепецке Кировской области представлены Заводом полимеров (ЗП) и Заводом минеральных удобрений (ЗМУ). На Заводе полимеров производятся фторопласты (более 70% от производимых в России), фторполимеры и другие фторорганические соединения (перфторуглеродные смазки и жидкости, фторэластомеры, хладоны). На ЗМУ действуют крупнотоннажные производства аммиака, азотной кислоты, аммиачной селитры, сложных минеральных удобрений.

Оба завода, которые традиционно объединяются под названием Кирово-Чепецкий химический комбинат (КЧХК), относятся к химически опасным предприятиям (1-я степень опасности) и, кроме того, потенциально опасным радиационным объектам. На долю Завода минеральных удобрений и Завода полимеров приходится соответственно 51% и 25% от общего выброса загрязняющих веществ в г. Кирово-Чепецке [1]. Завод полимеров – один из крупных источников отходов производства, ежегодное количество промышленных отходов составляет около 80 тыс. т.

На КЧХК впервые в стране было освоено промышленное производство плавиковой кислоты, и на его базе долгое время действовали производства по получению гексафторида и тетрафторида урана путём фторирования

металлического урана и оксида урана. В настоящее время на территории предприятия хранится большое количество радиоактивных отходов, которые размещены в 8 хранилищах. В них находится около 440 тыс. т радиоактивных (55 тыс. т среднеактивных и 385 тыс. т низкоактивных) и свыше 1 млн. 200 тыс. т токсичных отходов, в том числе свыше 400 тыс. т ртутьсодержащих. Хранилища отходов производства расположены в 1,5 км от селитебной зоны г. Кирово-Чепецка, в зоне санитарной охраны водозабора областного центра [2, 3].

Экологический контроль за деятельностью химического комбината осуществляется природоохранными органами, однако комплексные исследования на данной территории не проводились. С 2000 г. по настоящее время лабораторией биомониторинга Института биологии Коми НЦ УрО РАН и ВятГГУ в районе КЧХК изучается состояние почв и донных отложений, растительности, животного мира, состав атмосферных осадков (снега) и поверхностных вод.

В данной работе представлены результаты исследования почв и донных отложений, образцы которых были отобраны на территории вблизи КЧХК в 2008 году, физико-химическими и биологическими методами.

Почва и донные отложения являются мощными аккумуляторами различного рода загрязнителей. Поллютанты могут попадать

в почвы с атмосферными выбросами, с паводковыми водами, с фильтрующимися водами в местах размещения отвалов и хранилищ промышленных отходов, в донные отложения – из загрязнённых вод водоёмов и водотоков.

Изучаемая территория – часть долины реки Вятка – заболоченная пойменная, I и II надпойменные террасы. По литературным данным [4], в донных отложениях и почвах присутствуют радионуклиды, ртуть, цинк, сурьма, олово, водорастворимые фториды в количествах, иногда превышающих ПДК. Из радионуклидов потенциальными загрязнителями являются  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{238}\text{U}$ ,  $^{235}\text{U}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{241}\text{Am}$  и  $^{239}\text{Pu}$ .

Смешанные почвенные образцы отбирались на площадках мониторинга, расположенных вдоль русла реки Елховка (точки 4, 5, 6), на берегах пойменных озёр (т. 9 и 10), искусственных водотоков (т. 1), на участках, подтапливаемых во время половодья (т. 11), на незатапливаемом участке водораздела между р. Елховка и р. Просница в Глухом бору (т. 12) и на удалённом лесном участке (т. 14), который может рассматриваться как фоновый для площадки № 12 (рис. 1). Ненарушенными почвами, для которых можно определить классификационную принадлежность, являются слабоподзолистые песчаные почвы хвойных лесов на площадках № 12

и № 14, аллювиальные дерновые оглеенные почвы лугов на площадках пробоотбора № 4 и № 11. На остальных изучаемых участках почвы перерытые, насыпные, погребённые и перекрытые свежим материалом. Однако воздействие на почвенный покров осуществлялось довольно давно, и на современном этапе почвы развиваются в соответствии с факторами почвообразования.

В почвах определялись физико-химические показатели, содержание тяжёлых металлов, мышьяка, фторид-иона, нитратного и аммонийного азота, ферментативная активность, токсичность и радиоактивность.

Содержание углерода органических соединений, нитратного и аммонийного азота, обменного кальция и магния, кислотность почв определяли по общепринятым методикам [5].

Концентрацию тяжёлых металлов в почвах и донных отложениях определяли методом спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой на атомно-эмиссионном спектрометре Spectro Ciros<sup>CCD</sup> по утверждённой методике [6]. Содержание ртути определяли методом беспламенной атомной абсорбции на анализаторе ртути РА-915+. Для измерения массовой доли общей ртути в почве использовали методику, разработанную НПФ АП «ЛЮМЕКС» [7].

Измерение мощности эквивалентной дозы внешнего гамма-излучения (МЭД) проводили дозиметром ДКГ-02У «Арбитр». Определение удельной активности  $^{40}\text{K}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{90}\text{Sr}$  в почвах и донных отложениях проводили на спектрометрическом комплексе «Прогресс». Уран определяли радиохимическим методом.

Экологическое состояние почв оценивали также методами биотестирования. Для установления токсичности почв в качестве тест-объектов были использованы культура инфузорий (*Paramecium caudatum*), цериодафнии (*Ceriodaphnia affinis*) и тест-система «Эколюм».

Кроме того, изучали активность почвенных ферментов, относящихся к классам оксидоредуктаз (каталаза) и гидролаз (инвертаза и уреазы). Метод определения активности инвертазы основан на учете восстанавливающих сахаров, образующихся при расщеплении сахарозы. Активность каталазы определяли газометрическим методом, основанным на измерении объёма кислорода, выделяющегося при взаимодействии почвы с перекисью водорода. Определение активности уреазы основано на учёте количества аммиака, выделившегося в процессе ферментативного гидролиза мочевины [8].

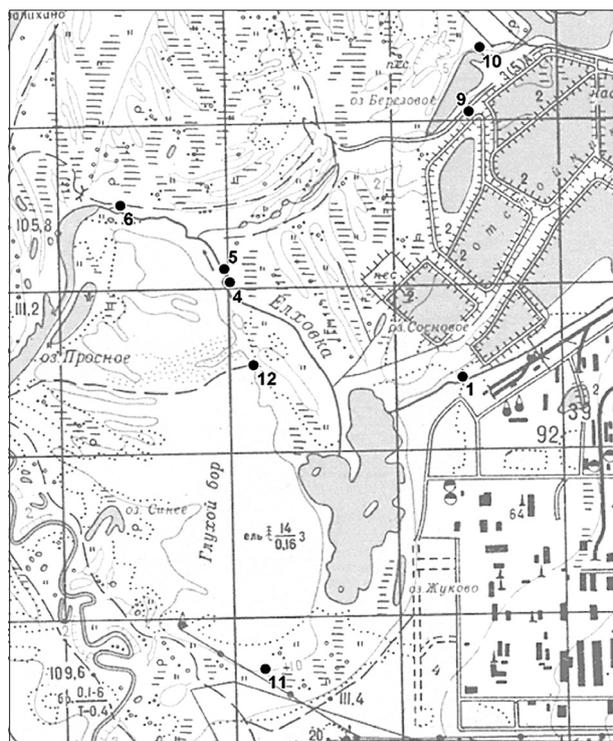


Рис. 1. Карта-схема отбора почвенных образцов на территории вблизи КЧХК

Таблица 1

Физико-химические свойства почв в районе КЧХК

№ участка	Глубина отбора пробы, см	Органическое вещество (в пересчете на гумус), %	pH <sub>H2O</sub>	pH <sub>RCL</sub>	Ca	Mg	Hг	ЕКО	V, %
					мг-экв/100 г				
1	0-8(12)	7,48	5,55	4,39	12,73	3,64	1,56	17,9	91
5	0-5	10,98	5,97	5,33	26,67	2,73	1,25	30,6	96
4	0-15	15,09	5,93	5,19	27,88	7,27	0,66	35,8	98
6	0-15	>25	7,33	6,39	39,09	3,94	1,66	44,7	96
9	0-10	1,79	8,42	7,29	–	–	0,08	–	100
10	0-10	0	5,88	5,54	–	–	1,25	–	–
11	0-5(10)	18,70	5,94	5,10	28,18	4,24	3,33	35,7	91
12	3-8	6,02	6,09	4,78	3,64	0,61	0,67	4,9	86
14	0-5	21,47	6,40	5,42	9,39	1,67	2,50	13,6	82
14	5-7	6,34	6,24	5,06	5,45	0,61	2,49	8,5	71

Примечание. Прочерк означает, что измерения не проводили. Hг – гидролитическая кислотность, ЕКО – ёмкость катионного обмена.

В таблице 1 представлены результаты анализа почв.

Большая часть почвенных образцов характеризуется кислой реакцией среды: отсильнокислой – в почвах на участке № 1, среднекислой – в Глухом бору (№ 12), слабокислой – на лугах (№ 4 и № 11) и на нарушенных территориях (№ 5 и № 10) (табл. 1). Наиболее высокие значения pH отмечены в почвах, подверженных частому и длительному затоплению: участки на оз. Берёзовое (№ 9) и на берегу у самого уреза воды р. Елховки (№ 6). Уровню pH и гранулометрическому составу соответствуют значения суммы обменных оснований и содержание кальция в почве. Особенно высокое содержание обменных оснований (43 мг-экв/100 г) отмечено в образце № 6. Степень насыщенности основаниями 71% в подзолистой ненарушенной почве, 100% – в почве нарушенного участка на оз. Берёзовое. Насыщены основаниями и все почвы, расположенные по берегам р. Елховки.

Как и следовало ожидать, в органогенных горизонтах подстилок подзолистых почв (№ 14/1), в дернине аллювиальных дерновых почв (№ 4 и № 11) выявлены наиболее высокие значения содержания органического вещества, представленного, главным образом, неспецифическими компонентами. В песке на участке № 10 содержание органического вещества ничтожно, а в прибрежных отложениях зарегулированного русла реки Елховки (№ 6) – максимально. Богатый листовенный опад на высоком берегу в районе искусственного водотока обеспечивает значительное со-

держание органического вещества в верхней части профиля почвы на участке № 1.

Результаты анализа элементного состава почв представлены в таблицах 2–3. Критерием оценки содержания тяжёлых металлов, мышьяка, фтора, могут быть ПДК, ОДК, фоновые показатели. Последние обычно устанавливаются для почв водоразделов. Выбрать фоновые участки в пределах пойменных ландшафтов весьма затруднительно из-за специфических условий почвообразования в пойме, высокой комплексности почвенного покрова. Кроме того, следует отметить, что изучаемая территория представляет собой природно-антропогенный ландшафт, значительно изменённый деятельностью человека.

Относительно ОДК и ПДК содержание в почвах свинца не превышено, но в суглинистых аллювиальных почвах оно в несколько раз выше по сравнению с другими почвами. Концентрация валового и подвижного цинка превышает предельно допустимые значения в образце № 6. На уровне ПДК содержание в данной пробе валового кадмия, несколько превышает содержание никеля. Почти на порядок выше концентрации кислоторастворимого кобальта и хрома в аллювиальных почвах (образцы № 4, № 5, № 6 и № 11) по сравнению с подзолистыми (площадки № 12 и № 14). Аномально высокое содержание марганца обнаружено на участке в нижнем течении реки Елховки (т. 6). В аллювиальных почвах отмечены также высокие, но не превышающие ОДК, концентрации мышьяка, ртути, а на площадках № 9 и особенно № 6 выше допустимой величины концентрация подвижного фтора.

Таблица 2

Содержание валовых форм тяжелых металлов и мышьяка в почве на территории вблизи КЧХК, мг/кг

№ участка	Глубина отбора, см	Pb	Zn	Cd	Cu	Ni	Co	Cr	Mn	As	Hg, мкг/кг
1	0-8(12)	9,8±2,5	48±10	0,30±0,15	24±5	47±16	10±4	36±9	540±160	4,0±2,0	300±80
5	0-5	26±6	105±21	0,7±0,4	33±7	73±26	16±6	60±15	1200±400	6±3	460±110
4	0-15	44±11	131±26	0,8±0,4	36±7	70±25	16±6	63±16	1100±300	7±4	1200±300
6	0-15	39±10	250±50	2,1±1,1	50±10	100±25	19±7	76±19	5500±1700	7±4	1700±400
9	0-10	7,2±1,8	31±6	0,23±0,11	11,8±2,4	20±7	4,7±1,9	16±4	290±90	2,2±1,1	100±50
10	0-10	2,9±0,7	12,6±2,5	0,10±0,05	3,9±0,8	12±4	3,0±1,2	9,3±2,3	150±40	1,4±0,7	19±9
11	0-5(10)	20±5	80±16	0,7±0,4	28±6	56±19	13±5	70±18	1000±300	8±4	170±40
12	0-4	4,0±1,0	14,4±2,9	0,11±0,06	2,1±0,4	4,0±1,4	1,3±0,5	5,5±1,4	150±40	1,5±0,7	18±8
12	4-8	3,5±0,9	13,2±2,6	0,13±0,07	1,8±0,4	3,8±1,3	1,2±0,5	5,1±1,3	130±40	1,3±0,6	20±9
14	0-5	7,5±1,9	17±3	0,15±0,08	3,3±0,7	5,0±1,7	2,0±0,8	6,1±1,5	440±130	1,5±0,8	43±19
14	5-7	4,5±1,1	13,6±2,7	0,13±0,07	2,1±0,4	3,9±1,4	1,7±0,7	5,4±1,3	360±110	1,1±0,5	25±11
ПДК (ОДК) [9,10]		32-65-130	55-110-220	0,5-1-2	33-66-132	20-40-80	—	—	300-400-800	2-5-10	2100

Таблица 3

Содержание подвижных форм тяжелых металлов, фтора и азота в почве на территории вблизи КЧХК, мг/кг

№ участка	Глубина отбора, см	Pb	Zn	Cd	Cu	Ni	Co	Cr	Mn	F	N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>
1	0-8(12)	0,77±0,19	5,5±1,1	0,09*	0,25*	1,5±0,5	0,23*	0,34*	90±27	н/о	17,3±1,7	6,3±0,5
5	0-5	2,1±0,5	9,6±1,9	0,25±0,12	0,59±0,12	4,0±1,4	0,60±0,24	0,77±0,19	310±90	н/о	13,4±1,3	1,16±0,23
4	0-15	5,4±1,4	12,6±2,5	0,27±0,14	0,84±0,17	3,4±1,2	0,41*	0,89±0,22	190±60	0,19*	19,2±1,9	2,1±0,4
6	0-15	2,0±0,5	70±14	0,9±0,5	0,60±0,12	4,2±1,5	0,19*	0,77±0,19	1000±300	6,3±0,6	56±4	7,3±0,5
9	0-10	0,77±0,19	6,3±1,3	0,03*	0,62±0,12	0,64±0,22	0,09*	0,27*	53±16	3,9±0,4	5,7±0,9	0,78*
10	0-10	0,13*	3,5*	0,03*	0,24*	0,51±0,18	0,20*	0,09*	60±18	н/о	7,7±1,2	0,57*
11	0-5(10)	1,4±0,4	9,4±1,9	0,15±0,08	0,48*	3,4±1,2	0,52±0,21	1,20±0,29	300±90	н/о	26,4±2,6	1,7±0,3
12	0-4	0,65±0,16	2,8*	0,01*	0,05*	0,16*	0,06*	0,14*	31±9	0,23*	3,7±0,5	н/о
12	4-8	0,56±0,14	3,0*	0,02*	0,05*	0,17*	0,06*	0,14*	30±9	н/о	6,1±0,9	0,61*
14	0-5	1,2±0,3	3,3*	0,03*	0,06*	0,31*	0,12*	0,23*	81±24	н/о	10,2±1,0	н/о
14	5-7	0,50±0,12	2,4*	0,03*	0,02*	0,23*	0,07*	0,17*	55±16	н/о	7,7±1,2	н/о
ПДК (ОДК) [9, 10]		6	23	—	3	4	5	6	60-80-100	2,8	—	—

Примечание. Здесь и далее в табл. 4-5: \* – результат измерения меньше нижней границы диапазона определяемых содержаний,  $x < x_{\text{ниж}}$ ; н/о – не обнаружено; прочерк обозначает, что определение не проводилось.

Азот в почву поступает как с выбросами от ЗМУ, так и с грунтовыми и паводковыми водами. Очень высокое содержание и нитратного, и аммонийного азота отмечено на первой площадке, расположенной на территории, примыкающей к ЗМУ, не подверженной затоплению. Очевидно, азот сюда поступает с выбросами. Это подтверждается данными анализа снеговой воды, согласно которому повышенное по сравнению с фоном содержание ионов аммония, фторид- и нитрат-ионов характерно для участков, расположенных в непосредственной близости от комбината и от хранилищ отходов производства [11].

Близкими по составу и свойствам к гидроморфным почвам являются донные отложения, образцы которых отобраны в прибрежной зоне соответствующих водоёмов и водотоков (рис. 2). По гранулометрическому составу это в основном глинистые отложения. В некоторых пунктах (в т. 5 и 6) донные отложения отбирались на расстоянии нескольких метров от мест отбора проб почвы. Для оценки элементного состава донных отложений обычно используют ПДК, принятые для почв. С этих позиций наиболее загрязнёнными являются донные отложения в нижнем течении реки Елховки (т. 6) и в озере Просное (т. 7) (табл. 4–5). Они отличаются повышенными концентрациями тяжёлых металлов, причём как валовых (табл. 4) форм – свинца (до 630 мг/кг), цинка (470 мг/кг), кадмия (до 7 мг/кг), меди (170 мг/кг), хрома (75 мг/кг), мышьяка (17 мг/кг), ртути (23 мг/кг), так и подвижных форм элементов (табл. 5). Очень высокое содержание ртути до 19 мг/кг отмечено в донных отложениях искусственного водотока – коллектора сточных вод г. Кирово-Чепецка и КЧХК (т. 1 и т. 2). В них довольно много цинка, хрома, марганца. Все отмеченные выше пробы донных отложений отличаются значениями содержания подвижного фтора, существенно превышающими предельно допустимые концентрации (табл. 5).

Известно, что с увеличением степени загрязнения почвы обычно возрастает доля подвижных соединений от валового количества соответствующего элемента [12]. Висследованных нами почвах это справедливо только для кадмия и цинка в образце № 6. По отношению к другим элементам каких-либо закономерностей не выявлено. Однако во всех пробах донных отложений по сравнению с почвами доля подвижных форм необычайно высока, причём чем выше степень загрязнения, тем больше содержание подвижных

форм элемента. Например, если процентное содержание подвижного свинца от валового количества варьирует в почвах от 4 до 17%, то в донных отложениях – от 18 до 59%, максимальный процент соответствует наиболее высокому валовому содержанию элемента (в 6 точке).

Результаты радиометрических измерений показали, что значения мощности эквивалентной дозы на территории фоновых участков Кировской области невелики – в среднем 0,08 мкЗв/ч. На территории, прилегающей к КЧХК, были обнаружены участки с повышенным значением МЭД, что свидетельствует о некотором радиоактивном загрязнении.

Практически все измеренные величины МЭД на поверхности почвы в прибрежной части р. Елховки превышают фоновые значения, характерные для территории Кировской области, и варьируют в пределах от 0,17 до 0,33 мкЗв/ч [13]. Повышенное значение МЭД – 0,44 мкЗв/ч – найдено на участке № 7, находящимся в 2 м от уреза воды оз. Просное. Таким образом, мощность эквивалентной дозы  $\gamma$ -излучения на локальных участках исследуемой территории в 3-5 раз превышает средние значения МЭД для Кировской области.

При радиационно-гигиеническом обследовании территории было проведено измерение удельной активности естественных и искусственных радионуклидов в смешанных образцах почв, отобранных на участках

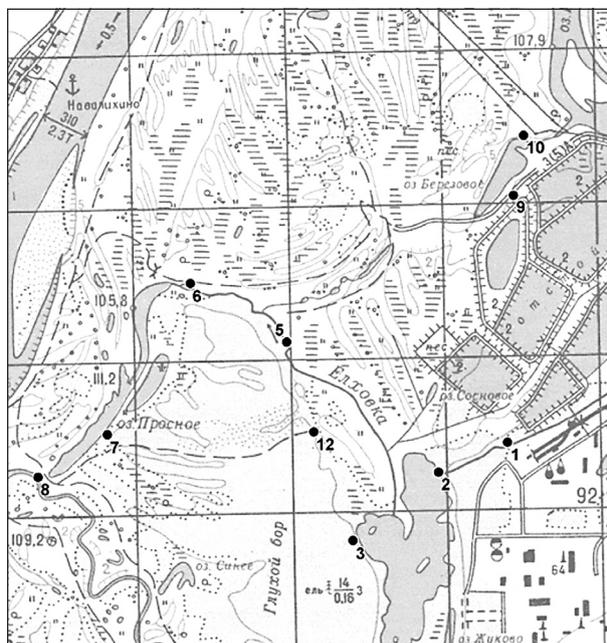


Рис. 2. Карта-схема расположения участков отбора проб донных отложений на территории вблизи КЧХК

Таблица 4

Содержание валовых форм тяжёлых металлов и мышьяка в донных отложениях на территории вблизи КЧХК, мг/кг

№ участка	Pb	Zn	Cd	Cu	Ni	Co	Cr	Mn	As	Hg
1	47±12	630±130	1,5±0,8	24±5	40±14	10±4	40±10	2900±900	5,1±2,6	17±4
2	180±40	280±60	2,8±1,4	90±18	90±30	15±6	88±22	950±280	11±5	19±5
3	3,0±0,7	9,7±1,9	0,11±0,06	4,3±0,9	9±3	2,2±0,9	9,6±2,4	62±19	0,9±0,5	0,27±0,07
5	72±18	160±30	1,2±0,6	32±6	39±14	10±4	41±10	800±240	6±3	4,7±1,2
6	630±160	320±60	5,1±2,6	140±28	28±10	5,7±2,3	49±12	520±160	17±8	10,6±2,6
7	390±100	470±90	7±4	170±30	57±20	8±3	75±19	1000±300	10±5	23±6
8	102±26	180±40	1,5±0,8	36±7	28±10	6,4±2,6	29±7	730±220	4,2±2,1	3,8±1
9	31±8	56±11	0,38±0,19	9,6±1,9	17±6	4,4±1,7	17±4	330±100	2,3±1,2	1,05±0,26
10	8,7±2,2	54±11	0,55±0,28	13,5±2,7	28±10	6,9±2,8	24±6	1000±300	4,5±2,2	0,14±0,03
12	3,7±0,9	19±4	0,18±0,09	6,2±1,2	14±5	3,6±1,4	13±3	120±40	1,4±0,7	0,16±0,04
14	2,6±0,6	19±4	0,12±0,06	5,9±1,2	8,2±2,9	1,7±0,7	8,4±2,1	53±16	0,8±0,4	0,13±0,03
ПДК (ОДК) [9, 10]	32-65-130	55-110-220	0,5-1-2	33-66-132	20-40-80	-	-	300-400-800	2-5-10	2100

Таблица 5

Содержание подвижных форм тяжёлых металлов, фтора и азота в донных отложениях на территории вблизи КЧХК, мг/кг

№ участка	Pb	Zn	Cd	Cu	Ni	Co	Cr	Mn	F <sup>-</sup>	N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>
1	13±3	400±80	0,6±0,3	5,7±1,1	6,2±2,2	1,3±0,5	7,4±1,8	2300±700	9,4±0,9	95±7	31,5±2,4
2	57±14	86±17	0,9±0,4	1,5±0,3	8,1±2,8	2,7±1,1	5,1±1,3	600±180	2,70*	76±6	11,6±0,9
3	0,68±0,17	1,3*	0,01*	0,45*	0,23*	0,04*	0,25*	15±5	2,40*	4,3±0,6	0,74*
5	25±6	-	-	2,8±0,6	3,9±1,4	1,4±0,6	2,3±0,6		4,4±0,4	31,7±2,4	6,9±0,5
6	370±90	126±25	3,4±1,7	42±8	3,0±1,0	0,39*	5,5±1,4	290±90	14,3±1,3	11,3±1,1	2,1±0,4
7	190±50	240±50	4,8±2,4	7,1±1,4	9±3	1,0±0,4	7,8±1,9	670±200	13,5±1,2	48±4	0,57*
8	57±14	107±21	1,0±0,5	5,5±1,1	4,7±1,7	1,3±0,5	2,9±0,7	590±180	7,1±0,6	52±4	0,74*
9	17±4	24±5	0,14±0,07	1,9±0,4	1,4±0,5	0,59±0,24	0,85±0,21	230±170	6,2±0,6	8,3±1,2	4,8±1,0
10	1,6±0,4	16±3	0,19±0,09	1,5±0,3	2,6±0,9	0,44*	1,05±0,26	520±160	3,00±0,27	37,4±2,8	13,8±1,0
12	0,73±0,18	5,1±1,0	0,02*	0,48*	0,51±0,18	0,19*	0,30*	54±16	1,22*	21,0±2,1	1,7±0,3
14	0,63±0,16	9,3±1,9	н/о	н/о	0,74±0,26	0,34*	0,44*	41±12	0,50*	н/о	108±8
ПДК (ОДК) [9, 10]	6	23	-	3	4	5	6	60-80-100	2,8	-	-

вблизи оз. Берёзовое и р. Елховки (табл. 6). Содержание естественных и искусственных радионуклидов в почвах не нормируется. Поэтому полученные удельные активности естественных радионуклидов сравнивались

с их кларковыми содержаниями в почве, а искусственных – со среднестатистическими значениями в почвах, обусловленных глобальными выпадениями. Изученные образцы почв имеют низкие величины удельных активно-

Таблица 6

Удельные активности искусственных и естественных радионуклидов в почвах и донных отложениях, Бк/кг

Место отбора	<sup>90</sup> Sr	<sup>137</sup> Cs	<sup>40</sup> K	<sup>232</sup> Th	<sup>226</sup> Ra	<sup>238</sup> U
Смешанные образцы почв						
5	10,6±2,1	761,0±85,0	141,7±28,3	16,3±3,3	33,2±6,6	46,1±5,5
9	9,3±1,8	<3	121,8±24,4	2,7±0,5	12,8±2,6	12,2±3,0
Донные отложения						
5	19,6±3,9	1226,0±134,8	76,5±15,3	17,5±3,5	34,5±7,0	58,4±7,0
6	94,5±18,9	92,2±10,1	35,0±7,0	8,2±1,6	23,0±4,6	35,1±4,9
7	62,9±12,6	83,8±9,2	55,6±11,2	7,0±1,4	26,5±5,3	99,8±5,3
9	5,6±1,1	<3	128,4±25,7	11,1±2,2	10,3±2,1	22,1±4,5
Кларк, среднестатистическое значение	<120	<452	<750	<53,3	<74	<37,0

Примечание: значение удельной активности радионуклидов со знаком «<» обозначает – ниже чувствительности метода определения.

стей естественных радионуклидов <sup>40</sup>K, <sup>226</sup>Ra, <sup>232</sup>Th, содержание которых меньше кларковых значений в 6-20 раз [14]. Содержание <sup>238</sup>U и средняя удельная активность <sup>137</sup>Cs в образце из точки № 5 превышает кларк и среднестатистическое значение изотопов в почве в 1,3 и в 1,7 раза соответственно.

Донные отложения являются активным природным аккумулятором вредных техногенных соединений. На территории, прилегающей к химическому комбинату, для спектрометрического и радиохимического анализа были отобраны донные отложения из р. Елховки, из озёр Березовое и Просное. Результаты анализа донных отложений из оз. Просное и р. Елховки показали превышение содержания <sup>238</sup>U в 2,7 и в 1,6 раз соответственно. Кроме того, в донных отложениях р. Елховка средняя удельная активность <sup>137</sup>Cs превышена в 2,7 раза.

В ходе экотоксикологического анализа не выявлено острого токсического действия проб почвы с исследуемых участков по тест-системе «Эколюм»: индекс токсичности варьировал в пределах от 0 до 17,9 (табл. 7). В результате биотестирования с использованием *Ceriodaphnia affinis* не выявлено острого токсического действия образцов почвы. Процент гибели данного тест-объекта составил 0-15%. Для почвы с участков № 3 и № 14 требуются дополнительные исследования на хроническую токсичность. Индекс токсичности по *Paramecium caudatum* для большинства не превышал 0,4 у.е., что соответствует допустимой степени токсичности, однако проба № 1 характеризуется умеренной степенью токсичности. Повышенное значение индекса

токсичности может быть вызвано близостью расположения от места отбора данной пробы Завода минеральных удобрений. Таким образом, большинство проб являются не токсичными для тест-объектов, за исключением пробы с участка № 1.

Результаты исследования ферментативной активности почв показали, что почвы разных типов отличаются по интенсивности окислительных процессов, оцениваемых по активности фермента каталазы (табл. 8). Подзолистые лесные почвы характеризовались высокими показателями каталазной активности. Так, активность фермента в верхнем слое почвы на участке № 14 составила 5,95 O<sub>2</sub> см<sup>3</sup>/г мин<sup>-1</sup>. Высокие значения каталазной активности можно связать с богатством верхних почвенных горизонтов органическим веществом и наличием вследствие этого значительной микробной биомассы, синтезирующей множество ферментов, включая каталазу. Выявлено, что для аллювиальных дерновых почв, так же как и для подзолистых, характерны высокие значения активности фермента. Активность каталазы варьировала в пределах 3,4–5,9 O<sub>2</sub> см<sup>3</sup>/г мин<sup>-1</sup>, что соответствует почвам среднеобогатённым данным ферментом. Максимальное значение активности каталазы установлено на участке № 6. Наиболее низкие значения активности фермента характерны для участка № 10, что мы связываем с отсутствием верхнего органогенного горизонта на данном участке. Активность каталазы сильно варьировала, что, вероятно, обусловлено содержанием органического вещества в почве и степенью её нарушенности.

Таблица 7

Результаты экотоксикологического анализа проб почвы

№ участка	Глубина отбора пробы, см	Индекс токсичности по тест-системе «Эколом» (токсичность пробы)	Процент гибели <i>Ceriodaphnia affinis</i> , % (острое токсическое действие пробы)	Индекс токсичности по <i>Paramecium caudatum</i> , у.е. (степень токсичности)
1	5-10	17,9±3,5 (не токсична)	0 (не оказывает)	0,42±0,26 (умеренная)
3	6-10	0 (не токсична)	15±6 (не оказывает*)	0,33±0,20 (допустимая)
4	0-5(7)	15,9±3,1 (не токсична)	5±2 (не оказывает)	0,38±0,23 (допустимая)
5	0-15	16,7±3,3 (не токсична)	10±4 (не оказывает)	0,36±0,22 (допустимая)
9	0-15	11,7±2,3 (не токсична)	10±4 (не оказывает)	0,40±0,25 (допустимая)
10	0-10	8,7±1,7 (не токсична)	0 (не оказывает)	0,36±0,22 (допустимая)
13	3(5)-8	11,6±2,3 (не токсична)	10±4 (не оказывает)	0,30±0,19 (допустимая)
14	0-4(5)	5,7±1,1 (не токсична)	15±6 (не оказывает*)	0,40±0,25 (допустимая)

Примечание: \* – требуются исследования на хроническую токсичность.

Таблица 8

Активность почвенных ферментов на территории вблизи КЧХК

Номер участка	Тип почвы	Активность фермента			Степень обогащённости почвы ферментом		
		Каталаза, O <sub>2</sub> см <sup>3</sup> /г • мин <sup>-1</sup>	Инвертаза, мг глюкозы/г почвы • сут <sup>-1</sup>	Уреаза, мг NH <sub>3</sub> /10 г почвы • сут <sup>-1</sup>	Каталаза	Инвертаза	Уреаза
1	Антропогенно нарушенная	2,20±0,17	8,54±0,18	50,80±1,4	Бедная	Бедная	Богатая
4	Аллювиальная дерновая	5,90±0,52	4,88±0,22	7,3±0,5	Среднеобогатённая	Очень бедная	Бедная
5	Антропогенно нарушенная	6,43±0,63	6,07±0,20	18,9±0,5	Среднеобогатённая	Бедная	Среднеобогатённая
6	Прирусловый аллювий	13,44±0,87	12,04±0,54	27,1±1,8	Богатая	Бедная	Среднеобогатённая
9	Антропогенно нарушенная	1,20±0,14	8,77±0,12	8,8±0,6	Бедная	Бедная	Бедная
10	Антропогенно нарушенная	0,40±0,14	4,68±0,01	12,1±0,6	Очень бедная	Очень бедная	Среднеобогатённая
11	Аллювиальная дерновая	3,40±0,41	4,24±0,35	4,6±0,6	Среднеобогатённая	Очень бедная	Бедная
13	Подзолистая	0,85±0,07	8,25±0,64	46,9±3,8	Очень бедная	Бедная	Богатая
14	0-4см	5,95±1,02	8,66±0,30	53,3±2,3	Среднеобогатённая	Бедная	Богатая
	4-7см	1,40±0,10	6,95±0,12	113,3±16,5	Бедная	Бедная	Очень богатая

Установлено, что в почвах исследованных участков активность инвертазы изменялась в пределах от 4,24 до 12,04 мг глюкозы/г·сут<sup>-1</sup> (табл. 8). В подзолистых почвах активность гидролитического разложения сахарозы почвенной инвертазой микробиологического происхождения варьировала от 6,95 до 8,25 мг глюкозы/г·сут<sup>-1</sup>. Для антропогенно нарушенных почв значения активности инвертазы были сопоставимы с подзолистыми почвами. В аллювиальных дерновых почвах активность ферментативного гидролитического расщепления сахарозы была в среднем ниже, чем в других типах почв. Максимальное значение активности инвертазы, как и каталазы, установлено на участке № 6. Большинство исследованных почв по степени обеспеченности ферментом относятся к бедным, за исключением аллювиальной почвы – очень бедной по содержанию инвертазы.

Установлено, что активность уреазы в почвах, расположенных на территории вблизи КЧХК, варьировала от 4,6–113,3 мг NH<sub>3</sub>/10 г почвы·сут<sup>-1</sup> (табл. 8). Наибольшие значения показателя отмечены в подзолистых почвах (46,9–113,3 мг NH<sub>3</sub>/10 г почвы·сут<sup>-1</sup>). По степени обогащённости ферментом почвы данного типа можно отнести к богатым. Для антропогенно нарушенных почв активность уреазы была несколько ниже, чем для подзолистых, за исключением участка № 1, где значение данного показателя составило 50,8 мг NH<sub>3</sub>/10 г почвы·сут<sup>-1</sup>, что, по-видимому, связано с особенностями фитоценоза (лесной фитоценоз, ассоциация – осинник кострецово-снытевый). По сравнению с подзолистыми и антропогенно нарушенными почвами аллювиальные дерновые почвы отличались более низкой уреазной активностью. Скорость разложения мочевины изменялась в пределах 4,6–7,3 мг NH<sub>3</sub>/г почвы·сут<sup>-1</sup>, что характеризует аллювиальные дерновые почвы как бедные по обогащённости ферментом.

В ходе исследований наиболее высокие значения активности каталазы установлены для аллювиальной дерновой почвы и верхнего горизонта подзолистой почвы, более низкие – для антропогенно нарушенных почв. Активность каталазы очень тесно связана с содержанием органического вещества в почве. Наибольшие значения активности инвертазы установлены для подзолистой лесной почвы, наименьшие – для аллювиальной дерновой почвы луговых фитоценозов. Антропогенно нарушенные почвы характеризовались средними значениями активности

фермента. Наибольшие значения показателя активности уреазы отмечены для подзолистых лесных почв и антропогенно нарушенной лесной почвы участка № 1. Для антропогенно нарушенных луговых почв активность уреазы была несколько ниже, чем для подзолистых лесных почв. Аллювиальные дерновые почвы можно охарактеризовать как бедные по обогащённости уреазой.

Максимальные значения активности инвертазы и каталазы, высокие значения активности уреазы установлены для почвы участка № 6. Почва данного участка сильно переувлажнена и подвержена затоплению водами р. Елховки. Избыточная влажность почвы может быть причиной изменения соотношения эколого-трофических групп микроорганизмов в почвенном микробиологическом комплексе и роста численности микроорганизмов, участвующих в гидролизе олигосахаридов и разложении перекиси водорода. Кроме того, почва на данном участке характеризуется высоким содержанием органического вещества (табл. 1). Высокие значения активности ферментов на участке № 6 могут быть обусловлены значительным содержанием в почве как подвижных, так и валовых форм тяжёлых металлов, фторид-, нитрат-ионов, катионов аммония (табл. 2 – 3).

### Выводы

На основании изучения почв и донных отложений физико-химическими, радиологическими и биологическими методами можно сделать следующие выводы.

1. Установлено, что наиболее вероятным источником загрязнения этих сред являются подземные и поверхностные воды, принимающие стоки комбината. Об этом свидетельствуют близкие значения содержания валовых и подвижных форм ТМ, мышьяка, азота на участках с аллювиальными дерновыми почвами (площадки № 4, № 5 и № 11), расположенных на разном удалении и в разных направлениях от источников выбросов, но находящихся в зоне подтопления грунтовыми водами. В загрязнении почв азотом на территории комбината играют роль также и выбросы предприятия.

2. Комплексное загрязнение зафиксировано в гидроморфных почвах на берегах р. Елховки, оно увеличивается вниз по течению (площадка № 6). Здесь немного превышены ОДК цинка, кадмия, марганца, подвижного фтора, высокое содержание азота, особенно его аммонийной формы. Наиболее интенсив-

но загрязняющие вещества накапливаются в донных отложениях. В донных отложениях р. Елховки (т. 6), в озере Просное и на берегах канала-коллектора стоков (т. 1 и 2) в несколько раз выше нормативных концентрации ТМ. Особенно опасно то, что содержание ртути в 1,5-11 раз превышает ПДК, достигая максимальных значений в о. Просное (23 мг/кг). По сравнению с почвами в донных отложениях существенно выше доля подвижных форм ТМ от валовых концентраций соответствующих элементов.

3. Радиометрические исследования на территории, прилегающей к КЧХК, показали, что мощность эквивалентной дозы  $\gamma$ -излучения на прибрежной части р. Елховки от карьера ЗМУ до оз. Просное превышает в 2-4 раза фоновые значения для Кировской области. В пробах почвы и донных отложений на участке р. Елховки содержание  $^{238}\text{U}$  и средняя удельная активность  $^{137}\text{Cs}$  выше кларковых и среднестатистических значений в 1,5 и 2,7 раза. Повышенное значение МЭД найдено на участке вблизи оз. Просное. На этом же участке в донных отложениях удельная активность  $^{238}\text{U}$  в 2,7 раза превышает кларковые значения его в почвах. Следовательно, загрязнённые в прошлом сточными водами производства по переработке уранового сырья донные отложения р. Елховки и оз. Просное в настоящее время являются источником вторичного загрязнения прибрежной части указанных водоёмов.

4. Данные экотоксикологического анализа позволяют сделать заключение о том, что большинство проб почв нетоксичны для биотест-объектов. Одна проба, отобранная вблизи Завода минеральных удобрений, характеризуется умеренной степенью токсичности по тест-объекту *Paramecium caudatum*.

5. Максимальные значения активности почвенных ферментов: инвертазы и каталазы, высокие значения активности уреазы установлены для образца почвы с участка № 6. Это может быть связано как с природными особенностями: сильным переувлажнением почвы, высоким содержанием органического вещества, так и с накоплением загрязняющих веществ в почве.

### Литература

1. О состоянии окружающей природной среды в Кировской области в 2007 году. (Региональный доклад) / Под общ. ред. В.П. Пересторонина. Киров: ООО «Триада плюс», 2008. 204 с.

2. Ашихмина Т.Я. Экологические аспекты радиационной безопасности в районе Кирово-Чепецкого химического комбината // «Атомная энергия, общество, безопасность»: Сб. матер. Второго общественного форума-диалога. Санкт-Петербург. 2008. С. 398-403.

3. Ашихмина Т.Я. Проблемы радиоактивных отходов на территории Кировской области // «Атомная энергия, общество, безопасность»: Сб. матер. Общественного форума-диалога. Москва. 2007. С. 233-237.

4. Дружинин Г.В., Лемешко А.П., Синько В.В., Ворожцова Т.А., Нечаев В.А. Загрязнение природных сред вблизи системы водоотведения Кирово-Чепецкого химического комбината // «Региональные и муниципальные проблемы природопользования» Сб. матер. 9-й науч.-практ. конф. Кирово-Чепецк. 2006. С. 125-127.

5. Минеев В.Г., Сычев В.Г., Амеляничик О.А., Большеева Т.Н., Гомонова Н.Ф., Дурьнина Е.П., Егоров В.С., Егорова Е.В., Едемская Н.Л., Карпова Е.А., Прижукова В.Г. Практикум по агрохимии: Учеб. пособие. 2-е изд., перераб. и доп. / Под ред. В. Г. Минеева. М.: Изд-во МГУ, 2001. 689 с.

6. Методика выполнения измерений содержания металлов в твёрдых объектах методом спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой. М., 1998. 16 с.

7. Методика выполнения измерения массовой доли общей ртути в пробах почв и грунтов на анализаторе ртути РА-915+ с приставкой РП-91С. М., 2000. 12 с.

8. Звягинцев Д.Г., Асеева И.В., Бабьева И.П., Мирчинк Т.Г. Методы почвенной микробиологии и биохимии. М.: МГУ, 1980. 224 с.

9. Гигиенические нормативы. ГН 2.1.7.2041-06 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве». Утв. 19.01.2006.

10. Гигиенические нормативы. ГН 2.1.7.2042-06 «Ориентировочно допустимые концентрации (ОДК) химических веществ в почве». Утв. 19.01.2006.

11. Новокшонова Я.В., Адамович Т.А., Скугорева С.Г., Кантор Г.Я. Оценка содержания загрязняющих веществ в снеговом покрове территории вблизи Кирово-Чепецкого химического комбината // «Экология родного края: проблемы и пути их решения»: Сб. матер. 4-й обл. науч.-практ. конф. молод. Киров. 2009. С. 46-48.

12. Почвенная съёмка. Руководство по полевым исследованиям и картографированию почв. М.: АН СССР, 1989. 340 с.

13. Адамович Т.А., Скугорева С.Г., Ашихмина Т.Я. Радиометрическое исследование территории вблизи Кирово-Чепецкого химического комбината // «Экологические проблемы промышленных городов»: Сб. матер. IV Всеросс. науч.-практ. конф. Саратов. 2009. С. 120-121.

14. Перельман А.И., Касимов И.С. Геохимия ландшафтов. М.: Астрей, 2000. 768 с.

## Использование подсолнечника в качестве ремедианта загрязнённых почв

© 2009. Е.Н. Писаренко, научный сотрудник,  
Научно-исследовательский институт промышленной экологии,  
e-mail: pisarenko.en@mail.ru

В работе рассматриваются вопросы восстановления качественного состава загрязнённой почвы с помощью высших растений, в частности подсолнечника. Показано, что подсолнечник может быть использован для фиторемедиации засоленных почв, загрязнённых тяжёлыми металлами.

The article deals with qualitative remediation of contaminated soil by means of higher plants, in particular, sunflower. It is shown that sunflower can be used for the purpose of phytoremediation of saline soil contaminated with heavy metals.

Ключевые слова: ремедиация, загрязнение почвы, тяжёлые металлы

В настоящее время антропогенное изменение окружающей среды стало соизмеримо по масштабам с действием природных факторов, а в районах с высокой промышленной, транспортной или сельскохозяйственной нагрузкой – превышает его. Распашка территорий, интенсивная химизация и мелиорация сельскохозяйственных земель, большие объёмы промышленных выбросов в атмосферу и гидросферу различных соединений, включая радионуклиды и тяжёлые металлы, – вот только часть негативных антропогенных воздействий, непосредственно касающихся почвы и нарушающих сложившееся экологическое равновесие, приводящих зачастую к необратимым последствиям.

В условиях антропогенеза охрана почв стала одной из крупнейших социальных и экономических проблем. Знание современного состояния почвенных ресурсов, их рациональное использование, бережное отношение к ним послужат приумножению их плодородия.

Регулирование процессов загрязнения является важной задачей человечества, так как любые вредные соединения, находящиеся в почве, рано или поздно попадают в организм человека. Во-первых, происходит постоянное вымывание загрязняющих веществ в открытые водоёмы и грунтовые воды, которые могут использоваться человеком для питья и других нужд, а затем по пищевым цепям попадают в организм человека. Во-вторых, многие вредные для человеческого организма соединения имеют способность кумулироваться в тканях и органах.

Среди различных элементов биосферы особое положение занимают растения, способ-

ные поглощать из почвы различные вещества и накапливать их в своих тканях и органах. Удаляя эти растения, человек уменьшает содержание поллютантов в почве. На этом и основывается принцип фиторемедиации.

Основным преимуществом данного метода является его большая экономическая эффективность. Повышенный интерес к этой новой технологии объясняется тем, что она не нуждается в экскавации почвы, и растения-ремедианты с высокой эффективностью могут быть использованы на больших площадях. Это, в свою очередь, требует, чтобы используемые для очистки загрязнённых почв растения, помимо способности к накоплению поллютантов, были приспособлены к конкретным условиям произрастания. Фиторемедиация способствует сохранению и улучшению окружающей среды, поскольку связана с выращиванием растений, улучшением почв и защитой их от эрозии. Это наиболее эстетичная технология очистки почвы, что тоже немаловажно.

Для почв засушливых климатических зон характерно их одновременное засоление и загрязнение тяжёлыми металлами (ТМ).

Главными причинами антропогенного засоления почв являются бездренажное орошение и неконтролируемая подача воды, что особенно характерно для засушливых степных земель. В результате этого повышается уровень грунтовых вод, и, когда он достигает критической глубины, начинается активное соленакопление. Этому особенно способствует орошение водой с повышенной минерализацией [1].

Среди загрязнителей почвенного покрова значительное место занимают ТМ, источниками которых служат промышленные и топливно-энергетические предприятия, автомобильный и железнодорожный транспорт. Наибольшее загрязнение почв отмечается вблизи промышленных предприятий. Нередко индустриальные комплексы выносятся за черту города и строятся в регионах с плодородными почвами и открытыми источниками воды для ирригации. В результате значительные площади сельскохозяйственных земель загрязнены ТМ, и их эксплуатация представляется небезопасной [2].

Цель нашей работы: изучить возможность восстановления засоленных и загрязнённых тяжёлыми металлами земель с помощью однолетних растительных культур.

Сложность заключается в том, что виды растений, устойчивые к высокой степени засоления (галофиты), плохо переносят большие количества ТМ, и, наоборот, растения, устойчивые к повышенным концентрациям ТМ, не устойчивы к засолению почв.

На основе скрининга 8 видов растений для фиторемедиации засоленных и загрязнённых медью и никелем почв выбран подсолнечник, который является одной из основных культур современного мирового земледелия и с успехом возделывается во многих регионах.

Известно, что эта культура толерантна к высоким концентрациям различных ТМ [3].

В ходе эксперимента были поставлены 3 серии опытов в трёх повторностях. Целью первого этапа явилась проверка способности подсолнечника к прорастанию и росту в условиях, моделирующих различную засоленность земель. Для этого семена подсолнечника выращивали на почвах с различной степенью засоления хлоридом натрия, в соответствии с описанной в работе [4] классификацией засоленных почв: 0,15; 0,6; 1,2 и 2,4% от сухой массы почвы.

Опыты показали, что выбранная культура устойчива к засолению почв. Слабое и среднее засоление не влияет на физиологические показатели растений. 30% семян прорастают даже при максимальных концентрациях, но при этом скорость прорастания и рост проростков несколько замедляются.

На втором этапе подсолнечник выращивался на почвах, моделирующих различную степень загрязнения медью и никелем. В почвах были созданы следующие концентрации ТМ: 3, 6, 12 и 25 ПДК. Предельно допустимая концентрация меди в почве по разным источникам варьирует от 3 до 50 мг/кг, а для никеля от 10 до 100 мг/кг.

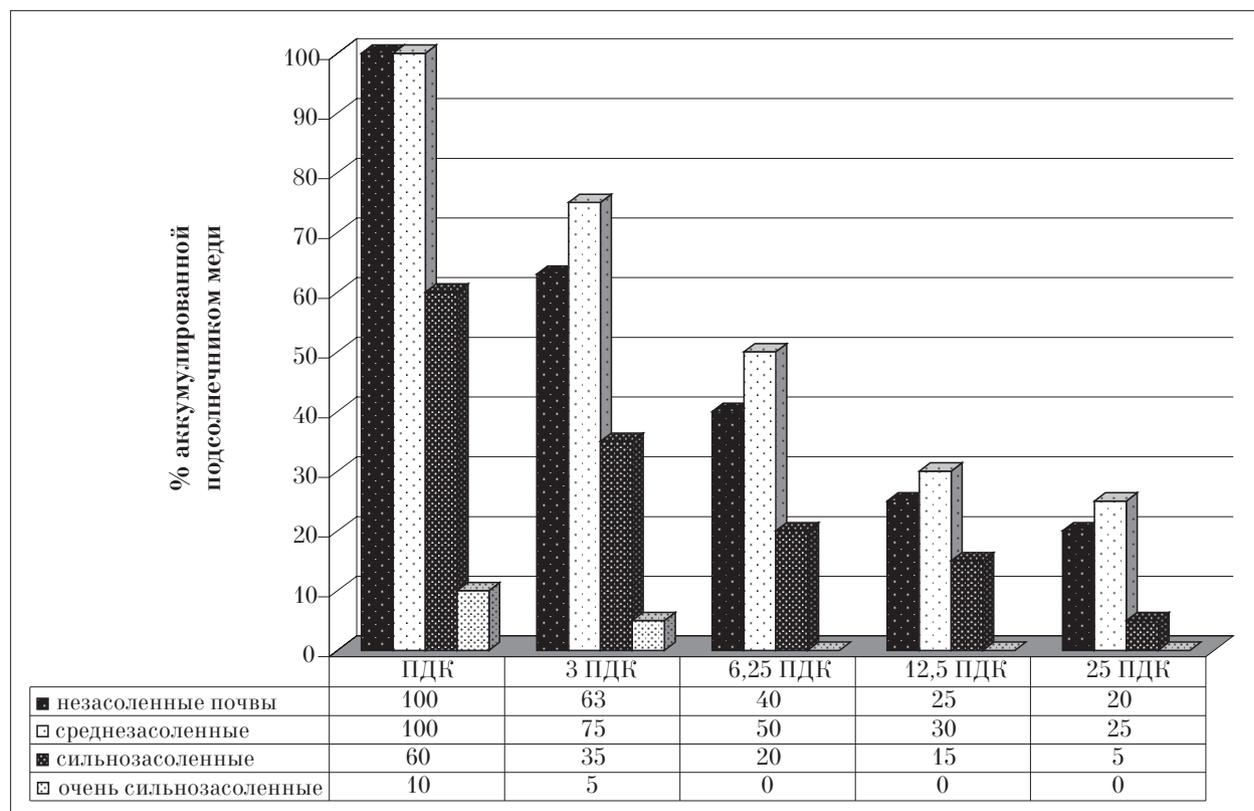


Рис. 1. Уменьшение содержания меди в почвах с различной степенью засоления при выращивании подсолнечника

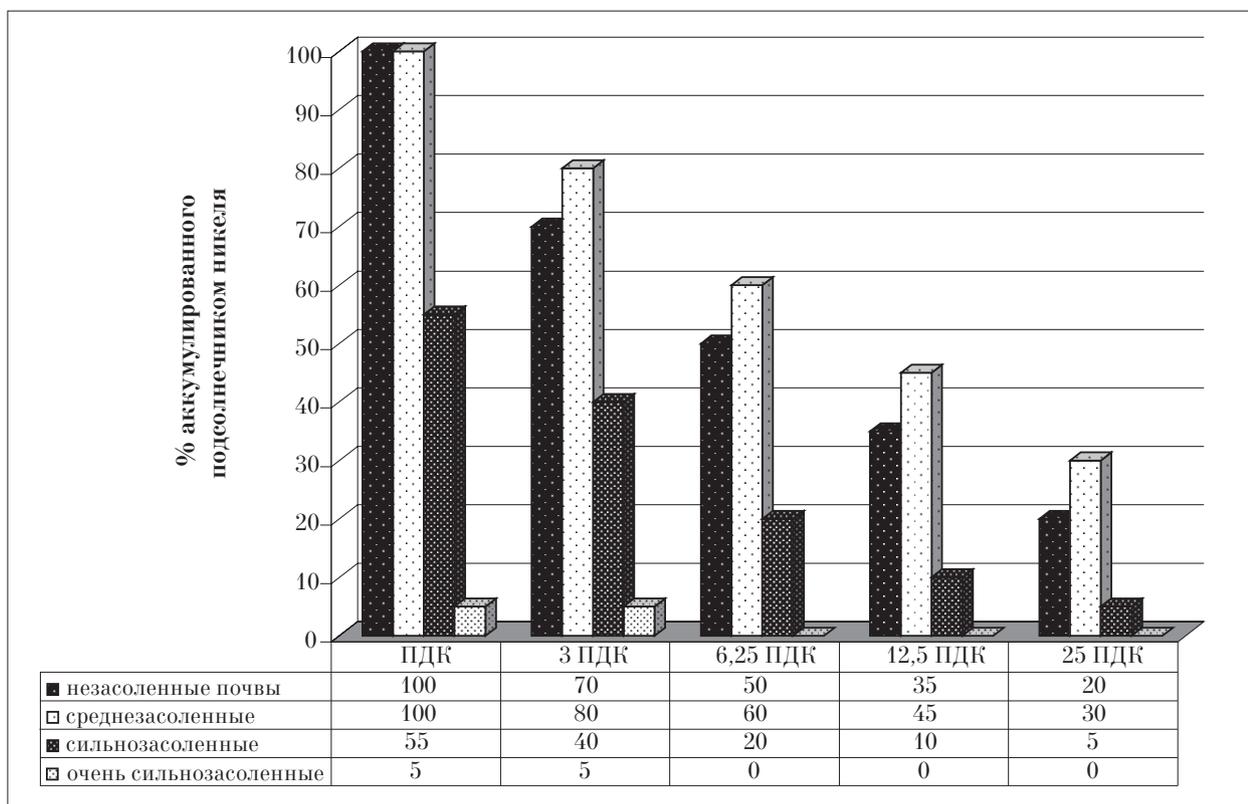


Рис. 2. Уменьшение содержания никеля в почвах с различной степенью засоления при выращивании подсолнечника

В третьей серии опытов в почвах с аналогичными концентрациями меди и никеля было создано засоление различной степени аналогично первому этапу.

Растения выращивались при температуре 20 – 22 °С в течение 14 дней. На 15-й день растения скашивали, почву высушивали до воздушно-сухого состояния, и пробы (контроль и опыт) подвергали анализу на медь и никель на приборе «СПЕКТРОСКАН № 2043 (LiF200)». Результаты исследований представлены на рисунках 1 и 2.

Из проведённых исследований следует, что при средней степени засоления (0,3–0,6%) увеличивается способность растений аккумулировать ТМ. При более высокой степени засоления активность растений уменьшается, но тенденция их к аккумуляции сохраняется. При максимальной степени засоления накопление металлов растениями намного ниже контрольных образцов.

Контролировалась всхожесть семян и установлено, что при среднем засолении почв семена всходят одновременно с контрольными образцами. При сильном засолении время их прорастания увеличивается (с 3-4 до 14-15 дней), а при максимальном засолении всходят лишь единичные экземпляры и в случае слабого загрязнения тяжёлыми

металлами (1 – 3 ПДК), намного снижается также устойчивость растений по сравнению с контролем.

Полученные результаты позволяют заключить, что подсолнечник устойчив к совместному действию ТМ засолению почв в средней и высокой степени. Так как данная культура является широко возделываемой по всему миру, её можно эффективно использовать для фиторемедиации засоленных почв, загрязнённых тяжёлыми металлами, без потери сельскохозяйственной ценности растений.

### Литература

1. Сидько А.А., Мясичев С.И., Баякина В.П. Комплексная мелиорация солончаковых и солонцовых почв при орошении. М.: Агропромиздат, 1985. 206 с.
2. Большаков В.А., Краснова Н.М., Борисочкина Т.И. Аэротехногенное загрязнение почвенного покрова тяжёлыми металлами: источники, масштабы, рекультивация. М.: Почвенный институт им. В.В. Докучаева, 1993. 92 с.
3. Битюцкий Н.П. Микроэлементы и растения. СПб: Изд-во Петербургского университета, 1999. 230 с.
4. Карнаухов Н.И. Мелиорация солонцов. Иркутск: Иркутский государственный университет им. А.А. Жданова, 1980. 238 с.

УДК 612.014.482

## Чернобыльская катастрофа и атомные бомбардировки Хиросимы и Нагасаки: черты сходства и существенного различия

© 2009. А.Г. Назаров<sup>1</sup>, д.б.н., профессор, В.Н. Летов<sup>2</sup>, д.м.н., профессор,  
<sup>1</sup>Экологический центр Института истории естествознания и техники им. С.И.Вавилова РАН,  
<sup>2</sup>ГОУ ДПО Российская медицинская академия последиplomного образования МЗ РФ,  
 e-mail: anaz@yandex.ru

В статье представлен сравнительный анализ оценок медико-биологических и радиоэкологических последствий двух крупнейших радиационных катастроф XX столетия: атомных бомбардировок в 1945 году японских городов Хиросима и Нагасаки и аварии на IV блоке АЭС в Чернобыле.

The article presents the comparative analysis of medico-biological radio-ecological consequences of the two largest radiation catastrophes of the XXth century: atomic bombing in Hiroshima and Nagasaki in 1945 and the catastrophe in the IVth power-generating unit in Chernobyl.

Ключевые слова: радиация, атомные бомбардировки, аварии, АЭС

Минуло более 60 лет с момента атомных бомбардировок Хиросимы и Нагасаки в августе 1945 г. и более 20 лет – крупнейшей в истории человечества радиационной чернобыльской катастрофы, произошедшей 26 апреля 1986 г. В исторической памяти поколений эти два различающиеся трагические события – целенаправленный сброс атомных бомб для уничтожения японских городов и их населения и авария на мирной атомной станции, переросшая в глобальную радиационную катастрофу, соединились в одно или близкое по восприятию в обыденном сознании представление о страшной разрушительной мощи ядерного оружия и не менее страшном воздействии вышедшего из-под контроля «мирного атома».

Но, как оказалось, не только в «невежественном» обыденном, но и в профессиональном отраслевом сознании ряда физиков-атомщиков и международных чиновников в сфере атомной энергетики сформировалось убеждение о возможности соединить Чернобыль и бомбардировки в Японии в единое «радиационное поле» и создать для него одну нормативную базу. По такому пути пошёл комитет ООН по действию атомной радиации (НКДАР ООН). Выработанные им рекомендации по оценке радиационных рисков основаны на представлении о сходстве и «практической идентичности» двух сценариев радиационных воздействий на человека – японского и чернобыльского. На некоторых причинах такого единства в оценке двух

принципиально несводимых друг к другу радиоэкологических и медико-биологических событий мы остановимся ниже, после краткой характеристики существенных черт сходства и различия рассматриваемых исторических событий, предприняв попытку выделения недостаточно учитываемых радиационных факторов.

### Жертвы атомных бомбардировок в Хиросиме и Нагасаки: дозиметрические данные

Основу для анализа заболеваемости радиационно индуцированными злокачественными новообразованиями и оценки показателей смертности от рака среди жертв атомной бомбардировки в Японии составили 76 тыс. человек: из них был создан регистр пострадавших («хибакуси») в 1950 году. Общее же число погибших в период с августа 1946 года и до первой переписи 1950 года, по разным оценкам, составило 150 – 180 тыс. человек. Они не вошли в состав национального японского регистра, но представляли радиочувствительную часть населения: детей, стариков, беременных женщин [1].

В отличие от выброса радионуклидов при аварии реактора ЧАЭС, источники излучения при взрыве атомных бомб были иные: 1) мгновенные нейтроны деления (время испускания (ВИ) после взрыва – 1 мкс); 2) запаздывающие нейтроны, испускаемые продуктами деления после взрыва и выгорания ядерного заряда

Таблица 1

Дозы облучения для смешанной популяции японцев в городах Хиросима и Нагасаки [2]

Дозовые группы	Количество жертв	Смертность от рака	Система дозиметрии DS86 (доза - сЗв)
Контрольная группа	66028	4297,08	0,875
Малые дозы группа 3 облучения: группы 3+4	14943 19168	1063,97 1369,74	14,564 20,309
Все (3+4+5+6+7+8)	25203	1918,67	47,388
Средние дозы: (4 + 5)	7353	567,36	54,924
Высокие дозы: (5+6+7+8)	6035	548,93	133,397
Группы: (6 + 7 + 8)	2907	287,34	197,054

(ВИ – 1 мин.); 3) мгновенные гамма-лучи от самого процесса деления (ВИ – 1 мкс); 4) вторичные гамма-лучи, возникающие при взаимодействии нейтронов с самим ядерным зарядом, с воздухом или с землей (ВИ от 1 мкс до 0,2 с); 5) гамма-лучи активационных процессов, образующихся при нейтронной активации земли или других материалов (ВИ – от начальной активация 0,2 с – 1 мин. до остаточной активности в 1 мин. – годы). Поскольку огненный шар взрыва поднимается за 1 мин. до высоты около 3 км, то облучение запаздывающими нейтронами и гамма-лучами на уровне земли прекращается. Облучение происходило мгновенно и, в отличие от катастрофы на ЧАЭС, при взрыве ядерных бомб было острым (табл. 1).

В Хиросиме нейтронное облучение составляло менее 1,0% – 6,5%, в Нагасаки – от 1,0% до 1,5 % от общей кермы<sup>1</sup>. Основная доза облучения в обоих городах была сформирована за счёт гамма-излучения. На основе аналитических данных по кривым доза – эффект возникновения рака молочной железы у жертв бомбардировок был сделан вывод о приблизительной эквивалентности нейтронного и гамма-излучения, а функции доза – эффект оказались достаточно линейными [2].

Исследования в течение ряда лет канцерогенной эффективности нейтронов не позволили разделить оценить ОБЭ нейтронов и гамма-квантов из-за малого вклада нейтронов в дозу облучения.

Следовательно, основной поражающий эффект радиационного воздействия от сбро-

шенных атомных бомб на жителей Хиросимы и Нагасаки однозначно связан с мощным внешним гамма-излучением, практически мгновенным, с весомым вкладом средних и высоких доз облучения (табл. 1).

### Радиоэкологические и медико-биологические особенности чернобыльской катастрофы

Существенным отличием чернобыльской катастрофы от атомной бомбардировки Хиросимы и Нагасаки является общеизвестный факт формирования глобальной и локально-региональных послечернобыльских радиоэкологических обстановок. Большое разнообразие природных экосистем и сельскохозяйственных агроэкосистем в зоне прохождения чернобыльского радиоактивного облака на территории европейских стран, Украины, Беларуси и России определили чрезвычайно пёструю картину накопления и миграции выброшенных из разрушенного реактора ЧАЭС радионуклидов в почвах, растительном покрове, наземном и подземном животном мире, в водных объектах, в приземном воздухе и в тропосфере.

Радиоактивному загрязнению подверглись огромные пространства сельскохозяйственных угодий, сельских подворий, сельскохозяйственных животных, приусадебных участков, что потребовало разработки срочных компенсаторных контрмер, изменения сложившегося уклада жизни населения.

Можно с уверенностью говорить о том, что именно сложная радиоэкологическая обста-

<sup>1</sup> Керма – сокращённое название от «kinetic energy released in material». Это понятие (и единица измерения) связано с энергией, переданной ионизирующей радиацией среде на единицу массы. Она означает разницу между энергиями частиц и квантов, вошедших и вышедших из маленького тест-объёма. Применительно к дозиметрии излучения при взрыве атомной бомбы разница в энергиях фотонов и нейтронов равна энергии, переданной заряженными частицами, образующимися в облучаемом объёме. Эта разница в энергиях на единицу массы и называется кермой. Применительно к атомной бомбе «керма» давала достаточно точное приближение к дозе [см. 1].

новка, сложившаяся в чернобыльской зоне, вместе с объективной неизученностью в то время многих аспектов радиационной экологии, значительно осложнили ликвидацию последствий чернобыльской катастрофы, привели в ряде случаев к принятию неэффективных, дорогостоящих и небезопасных для УЛПА решений (двух-, трёх-, даже шестикратная дезактивация отдельных населённых пунктов [3], как в целом почти вся масштабная дезактивация территорий, приводившая к дополнительному переоблучению молодого воинского контингента, и др.).

К настоящему времени проведено большое число радиоэкологических исследований, связанных с чернобыльской катастрофой. Предприняты попытки систематизации и обобщения накопленного полевого и лабораторного материала. Авторы данной статьи также принимали участие и в экспедиционных работах в чернобыльской зоне и в последующем экспертно-научном изучении причин и последствий Чернобыля [4 – 13]. Ограничимся ссылками на публикации и перейдём к медико-биологическому анализу аварии.

После взрыва активной зоны на IV-ом блоке РБМК мощность экспозиционной дозы (МЭД) на крыше и в рабочих помещениях реактора составляла сотни Р/ч. На момент катастрофы в ночь на 26.04.86 г. персонал на Чернобыльской АЭС и прибывшие пожарные аварийными средствами индивидуального дозиметрического контроля (ИДК), прежде всего индивидуальными дозиметрами (ИД) оснащены не были. В первые недели и месяцы МЭД создавали короткоживущие изотопы. Наиболее тяжёлой радиационная обстановка была в 30-километровой зоне вокруг реактора. Поля облучения формировались за счёт  $\gamma$ -,  $\beta$ - и  $\alpha$ -излучателей, дозы от которых могли быть с известной точностью определены с помощью средств ИДК, но которых, строго говоря, не было в течение первых нескольких недель после катастрофы [14]. Полученные дозиметрические данные позволили разделить УЛПА на три основные группы:

- 1) полученные экспозиционная или поглощённая дозы, установленные с помощью ИД с погрешностью около 50%;
- 2) групповая доза (её доля находилась в интервале 25 – 50%), с наличием ИД у одного из членов группы, при максимальной погрешности для группы порядка 300%;
- 3) маршрутная доза (от 1 до 7% данных), оцениваемая по средней мощности экспози-

ционной дозы (МЭД) для всей группы, работающей в зоне. Её неопределённость могла достигать 500 %.

В районе выпадения радиоактивных осадков из активной зоны формировались несколько типов облучения: а) прямое облучение  $\gamma$ -лучами из радиоактивного облака, которое содержало радионуклиды и проходило над местностью и людьми; б) при ингаляции радионуклидов из проходящего облака и ресуспандированных из грунта, прямое  $\gamma$ -облучение всего тела от осевших радионуклидов на грунте; в) внутреннее облучение за счёт загрязнённых радионуклидами продуктов питания и воды. Соотношение этих источников излучения и их мощность зависели от ряда конкретных ситуаций.

В таблице 2 представлены данные о количестве пострадавших в результате чернобыльской катастрофы. Для аварии на ЧАЭС характерно, что наибольшая доза облучения в зоне выпадений была обусловлена цезием-137 ( $T_{1/2}=30,2$  года) и цезием-134 ( $T_{1/2}=2,3$  года). Выпавшие из облака взрыва активной зоны IV блока ЧАЭС радионуклиды характеризовались различными химическими, физическими и биологическими свойствами.

Критическим радионуклидом в первые недели после взрыва был радиоактивный йод ( $^{131}\text{I}$ ). Но йодная профилактика с целью блокирования поступления  $^{131}\text{I}$  в щитовидную железу была проведена бессистемно и не привела к положительным результатам. Впоследствии с облучением  $^{131}\text{I}$  связан взрывной рост рака щитовидной железы, особенно среди детского контингента.

Эффекты внутреннего облучения за счёт ингаляции радионуклидов, потенцируемые токсическим действием химических факторов, приводили к более тяжёлым клиническим проявлениям у ЛПА [15], существенно повышающих действие малых доз облучения.

Вместе с тем, высказывалось мнение, что при оценке частоты раковых заболеваний и лейкемии, вызванных облучением за счёт радионуклидов, попавших внутрь организма пострадавших, можно пренебречь [2]. В случае с чернобыльской катастрофой, когда уточнён объём выброса взрыва активной зоны IV блока РБМК [16], с этим трудно согласиться. Особенно, если учесть, что УЛПА работали преимущественно в 30-километровой зоне вокруг IV блока, где в основном и выпали тяжёлые трансурановые радионуклиды, как об этом свидетельствуют опубликованные данные [17]. По-видимому, объединение населения

Количество пострадавших при аварии на ЧАЭС [18]

Группы населения	Россия	Украина	Беларусь	Всего
Переселенцы	52400	163000	135000	350000
Численность населения, проживающего на загрязнённых территориях	1788600	1140813	1571000	4500413
Ликвидаторы 1986 – 1987гг.	160000	61873	70371	292244
Ликвидаторы 1988 – 1989 гг.	40000	488963	37439	566402
Инвалиды	50000	88931	9343	148274
Итого	2091000	3189477	1823153	7103600

и УЛПА в одной категории (табл. 2), как это сделано в работе [18], даёт общее представление о количестве пострадавших вследствие катастрофы, но отношение различных групп участников этих событий к повреждающим факторам катастрофы разное. Их разделяет «весовой» вклад в поражающий эффект выброшенных взрывом трансурановых элементов в пределах 30-километровой зоны для УЛПА и эффекты действительно малых доз облучения остального населения за пределами этой зоны.

Карты загрязнений  $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{239}\text{Pu}$  и  $^{240}\text{Pu}$  были включены в «Атлас загрязнений Европы цезием после чернобыльской аварии» [17], как пишут его составители, для полноты освещения последствий катастрофы, «поскольку их значимость часто вызывает интерес» по сравнению с  $^{137}\text{Cs}$ . Более тяжёлые трансурановые радионуклиды выпали на относительно небольшой площади, которая практически ограничивалась 30-километровой зоной вокруг реактора. В этой зоне происходили основные работы с участием ЛПА в ликвидации последствий катастрофы.

Для УЛПА 1986 года въезда в зону плотность распределения доз облучения имела максимум в области малых доз до 10 мГр и больших доз – от 200 до 250 мГр [19]. Для въехавших в зону в 1987 г., кроме этих максимумов, добавился резкий максимум в области доз порядка 100 мГр. Среди УЛПА установленная доза внешнего облучения колебалась от 35,6 до 91,1% от общего числа зарегистрированных лиц. В целом по России наибольшее число мужчин-ликвидаторов получили дозу облучения от 0 до 5 сГр (34,3%), 25,9% лиц получили дозу от 5 до 10 сГр и 17,6% лиц находятся в дозовой группе от 20 до 25 сГр (РГМДР, 2001). Динамику прогнозируемых радиационно индуцированных раком на этапе 1998 года [См. 14] рассчитывали с учётом

латентных периодов для солидных опухолей – до 10 лет и для лейкозов – 2 года. Риск возникновения лейкозов после общего облучения человека сохраняется в течение 20 лет после облучения, в то время как для солидных раков он сохраняется на протяжении всей жизни. С позиций радиационной защиты весовой множитель для  $\alpha$ -излучения наиболее высок и составляет порядка 25 [20].

Средняя продолжительность работы ликвидаторов в загрязнённой 30-километровой зоне составляла 2,7 месяца при средней дозе для УЛПА из России 10 сГр. Средний возраст УЛПА составлял 34 года [19]. Примерно у 10% из них дозиметрический контроль проведён не был [20]. В исследованиях в рамках РГМДР были оценены только дозы внешнего гамма-облучения, хотя «проблема дозиметрии для УЛПА остаётся одной из наиболее актуальных задач при ведении РГМДР в настоящее время», как пишут сами авторы публикаций о результатах исследований [19].

Но каков же вклад в дозу за счёт  $\alpha$ -излучения трансурановых радионуклидов? Несмотря на то, что была учтена загрязнённость некоторыми долгоживущими радионуклидами [14], вклад в дозу за счёт внутреннего облучения при вдыхании выброшенных в виде аэрозолей радионуклидов, в том числе  $\alpha$ -излучающих, не учитывался. Начальная оценка суммарного выброса трансурановых радионуклидов из активной зоны IV блока (1986 г.) достигала величины порядка 3,5% от всей массы радионуклидов активной зоны [21]. Со временем эти оценки претерпят существенные изменения в сторону значительного их увеличения (более чем на два порядка). Авторы отчётов о последствиях катастрофы на ЧАЭС не учитывали вклад  $\alpha$ -излучателей в эффект, но озабочены тем, что медицинские последствия катастрофы заметно превышают

ожидаемые только за счёт воздействия внешнего гамма-излучения.

Сопоставление между собой данных, представленных в табл. 1 и 3, показывает, что дозовые нагрузки за счёт внешнего гамма-облучения на население двух японских городов практически на два порядка выше, чем для участников ЛПА в 30-километровой зоне Чернобыля. При этом необходимо учитывать, что мощности доз облучения населения в двух японских городах были в 10–14 раз выше, чем для УЛПА в Чернобыле. Но не забудем о существенном отличии чрезвычайно сложной радиоэкологической обстановки в Чернобыле, от тяжелейшей, но локальной – в Японии [5].

Из таблицы 4 следует, что загрязнённость 30-километровой зоны  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{90}\text{Sr}$  и  $^{239,240}\text{Pu}$  была тем выше, чем меньшим было расстояние до IV блока ЧАЭС [14]. В свете исследований учёных ГНЦ «Курчатовский институт» (2006) объёма выброса из активной зоны IV блока ЧАЭС [22, 16], представленные в табл. 4 значения величин выбросов радионуклидов могут быть восприняты лишь как сугубо ориентировочные.

Необходимо указать, что количественное определение  $\alpha$ -излучающих радионуклидов до настоящего времени представляет достаточно сложную задачу, требующую значительных усилий и времени. И её решение должно занимать отдельную строку в меню задач, стоящих перед исследователями последствий катастроф ядерных установок.

**Злокачественные новообразования, индуцированные чернобыльской катастрофой и атомной бомбардировкой Хиросимы и Нагасаки**

Из опубликованных данных В.К. Иванова, А.Ф. Цыба и С.И. Иванова следует,

Таблица 3

Распределение УЛПА по дозе внешнего облучения [ 19]

Всего, человек	160564	100 %
Без дозы	40094	24,97
[0 – 50] мГр	38565	24,02
[50 – 100]	30412	18,94
[100 – 150]	11973	7,46
[150 – 200]	13501	8,41
[200 - 250]	20753	12,93
[> 250]	5265	3,28

что частота заболеваемости лейкозами среди УЛПА тем выше, чем раньше (по годам) они прибывали в 30-км зону вокруг IV блока реактора и начинали принимать участие в работах по ликвидации последствий аварии [14]. Так, из общего числа ликвидаторов 1986 года въезда в зону, острый лейкоз был диагностирован в 52,1% (48 случаев заболеваний), для въехавших в 1987 году – в 33,3% случаев, для въехавших в 1988 году – в 10,4% случаев, для въехавших в 1989 году – в 2,1% случаев и для въехавших в 1990 году – в 2,1% случаев.

Средние величины доз внешнего облучения для УЛПА в зависимости от времени въезда в зону представлены в таблице 5.

В той же публикации [14] приведены следующие данные о числе случаев лейкозов среди УЛПА в зависимости от дозы внешнего гамма-облучения: при дозах <50 мГр отмечено 25% заболевших острым лейкозом; при дозах 50 – 99 мГр – 16,7%; при дозах 100 – 149 мГр – 12,5%; при дозах 150 – 199 мГр – 6,2%; при дозах 200 – 249 мГр – 14,6% и при дозах свыше 250 мГр – 2,1% заболевших.

Приведённые фактические данные свидетельствуют о том, что частота индукции острых

Таблица 4

Загрязнённость долгоживущими радионуклидами в 30-километровой зоне ЧАЭС (данные УДК НПО «Припять», ЧАЭС, 1986)

Параметры 30-км зоны		$^{137}\text{Cs}$		$^{90}\text{Sr}$		$^{239+240}\text{Pu}$	
$R_1 - R_2$ , км	Площадь, км <sup>2</sup>	A <sup>b</sup>	$\sigma^a$	A <sup>b</sup>	$\sigma^a$	A <sup>b</sup>	$\sigma^a$
0 – 1	2	114,7	57,4	11,1	5,55	0,26	0,13
1 – 3	25	488,4	19,5	518	20,7	1,11	0,044
3 – 5	50	836,2	16,7	111	2,22	2,3	0,048
5 – 15	628	1743	2,78	2331	3,7	9,6	0,015
15 – 30	2120	888	0,41	629	0,30	16,3	0,007
0 – 30	2827	4070	1,92	3700	1,3	30	0,011

Примечание:  $R_1$ ,  $R_2$  – внутренний и внешний радиусы кольца вокруг IV блока реактора; A – общая активность радионуклидов в выпадениях, ТБк ( 27 Ки);  $\sigma$  – средняя удельная плотность выпадений, МБк/м<sup>2</sup> (27 Ки /км<sup>2</sup>).

Таблица 5

Дозы внешнего облучения УЛПА (мЗв) в зависимости от года въезда в 30-километровую зону вокруг IV блока ЧАЭС (14)

Время въезда	Период работы в зоне ликвидации последствий аварии				
	1986 г.	1987 г.	1988 г.	1989 г.	1990 г.
Средняя доза, мЗв	159 ± 83	89,5 ± 58	33 ± 35	32 ± 36	37 ± 29

лейкозов у ЛПА была тем выше, чем раньше они оказывались в зоне выбросов активной зоны реактора. Это заключение подтверждается и зарубежными исследователями [23].

Поэтому вполне уместен вопрос: почему ведущую роль в частоте индукции острых лейкозов играла дата въезда в 30-километровую зону вокруг ЧАЭС? Ответ на этот вопрос позволяет высказать допущение о присутствии на раннем этапе протекания катастрофы некоего «фактора», который мог потенцировать индукцию лейкозов у ЛПА. И тем более выраженную, чем раньше после аварии участники ЛПА оказывались в 30-километровой зоне вокруг IV блока ЧАЭС! Скорее всего, именно с таким «фактором» можно связать резкое увеличение индукции острых лейкозов среди ЛПА. Таким фактором, на наш взгляд, могут явиться трансурановые радионуклиды, выброшенные взрывом в атмосферу и осевшие в непосредственной близости от реактора.

В связи с этими наблюдениями заслуживают внимания исследования смертности от лейкозов среди работников атомной промышленности (США, Англия, Япония). Было показано, что при внешнем облучении в суммарных дозах порядка 25 – 30 сГр за весь период трудовой деятельности [24], частоты смертности от радиационно индуцированных

заболеваний лейкозом не превышают таковой для спонтанных лейкозов. В то же время при сопоставимых дозах внешнего облучения количество УЛПА, заболевших острым лейкозом, составило 48 случаев.

Результаты этих наблюдений свидетельствуют в пользу неадекватно высокой частоты возникновения лейкозов среди УЛПА, что не может быть объяснено только высокой канцерогенной эффективностью низких доз облучения.

Рассмотрим теперь сравнительные результаты оценки частоты онкологической смертности среди жертв атомных бомбардировок жителей японских городов Хиросима и Нагасаки и сопоставим с аналогичными данными последствий катастрофы на IV блоке ЧАЭС для ЛПА.

Для сравнительного анализа возникновения радиационно индуцированного смертельного онкологического заболевания были избраны данные МКРЗ (1994) по японской популяции (табл. 6). В данном случае из контингента облученных при атомной бомбардировке были избраны лица в возрасте, близком по возрасту контингенту участников ЛПА в Чернобыле.

Из данных таблицы 6 следует, что вероятность возникновения лейкемии более высока

Таблица 6

Относительная вероятность возникновения смертельного рака различных локализаций в зависимости от возраста на момент бомбардировки и возраста смерти (нормировано к дозе 1 Гр экранированной кермы) [25, 26]

Возраст при бомбардировке, лет	Вероятность	Возраст на время смерти, лет			
		20-29	30-39	40-49	50-59
Лейкемия					
20-29	5,09	5,33	3,54	43,09	1,02
30-39	3,99	–	0	24,05	10,58
40-49	2,55	–	–	0,83	3,82
Все возрасты	4,92	9,81	4,75	3,68	3,98
Все раковые заболевания за исключением лейкемии					
20-29	1,65	–	1,38	2,09	1,74
30-39	1,26	–	0,84	1,12	1,11
40-49	1,24	–	–	1,25	1,12
Все возрасты	1,29	2,22	1,60	1,58	1,39

Таблица 7

Оценки радиационных рисков смертности УЛПА по основным классам заболеваний [27]

Класс заболеваний	p	ERR / Гр
Злокачественные новообразования (солидные)	0,03	1,52 (0,20; 2,85)
Болезни системы кровообращения	0,07	0,73 (-0,16; 1,64)
Болезни органов дыхания	0,79	-0,25 (-2,06; 1,54)
Инфекционные и паразитарные болезни	0,44	1,39 (-2,92; 5,70)
Все	0,09	0,39 (-0,08; 0,87)

у лиц, облучённых в молодом возрасте. Для тех, кто был облучён в возрасте свыше 50 лет, вероятность возникновения лейкемии и солидных раков заметно ниже, чем при облучении в молодом возрасте.

В таблице 7 представлены данные исследований рисков смертности УЛПА, полученные включительно по 2002 год. Динамический контроль за состоянием здоровья участников ЛПА и населения на загрязнённых территориях вокруг ЧАЭС, проводимый Российским национальным радиационно-эпидемиологическим Регистром (НРЭР) в Обнинске, показал существенное ухудшение здоровья обследуемых контингентов. Так, если в 1991 году участники ЛПА в 1-й группе здоровья составляли 20%, то в 1996 году – только 8%. Для участников ЛПА из Москвы и Московской области в 2002 – 2003 гг. картина состояния здоровья оказалась ещё более удручающей: в 1-й группе вообще не было найдено здоровых лиц, а число заболевших двумя-тремя хроническими заболеваниями достигло 100%, то есть была отмечена полиморбидность. К этому периоду число участников ЛПА, которые получили инвалидность, достигло 37%, а среди принимавших участие непосредственно в работах в Чернобыле – 95%. Какие же болезни были наиболее распространены в качестве причин инвалидности этих обследуемых контингентов:

- 1) болезни ЦНС – 70 %;
- 2) болезни системы кровообращения – 23%;
- 3) болезни опорно-двигательного аппарата – 6%.

По данным НРЭР (г. Обнинск), в группах первичного учёта УЛПА по заболеваниям ЦНС и сердечно-сосудистой системы показатели патологии в 5-10 раз превышают общероссийские.

При исследованиях рисков смертности от радиационно индуцированных онкологических заболеваний [см. 27] было установлено, что для УЛПА 1-го года въезда в 30-километровую

зону спустя 16 лет после аварии радиационный риск смертности от всех злокачественных новообразований, за исключением новообразований лимфоидной и кроветворной тканей, незначительно отличается от японской когорты близкого возраста (20 – 29 лет).

Незначительные различия величин рисков смертности от злокачественных новообразований между японской когортой и участниками ликвидации последствий катастрофы на ЧАЭС при совершенно несопоставимых величинах доз внешнего гамма-облучения заставляют сделать единственно возможным вывод [28]: «фактором», который резко увеличил частоту смертности УЛПА, могли быть трансурановые радионуклиды активной зоны IV блока РБМК Чернобыльской АЭС.

### Выводы

1. Рассмотрение и трактовка радиоэкологических и медико-биологических последствий катастрофы на ЧАЭС для УЛПА с позиций эффектов малых доз внешнего гамма-облучения являются недостаточными и требуют дальнейших исследований.

2. Оценку рисков онкологической заболеваемости УЛПА целесообразно вести в рамках последствий комбинированного внешнего гамма-облучения в малых дозах и радиотоксического поражения организма УЛПА трансурановыми элементами разрушенной активной зоны IV блока ЧАЭС.

3. Обобщённая трактовка результатов изучения медицинских последствий атомных бомбардировок населения японских городов Хиросима и Нагасаки и последствий катастрофы IV блока ЧАЭС для УЛПА практически невозможна из-за различия условий формирования и протекания этих двух ядерных катастроф.

### Литература

1. Pierce D. A. , Shimizu Y., Preston D.L. Studies of the mortality of atomic bomb survivors. Report 12. Part I.

- Cancer: 1950 – 1990. // *Radiation Research*. V. 146. P. 1-27.
2. Гофман Дж. Рак, вызываемый облучением в малых дозах: независимый анализ проблемы. М.: Со – ЭС, 1994. Т. 1, 2.
3. Пристер Б.С., Алексахин Р.М., Бебешко В.Г. и др. Чернобыльская катастрофа: эффективность мер защиты населения, опыт международного сотрудничества / Под ред. Б.С. Пристера. Киев: Центр технической информации «Энергетика и электрификация», 2007. 64 с.
4. Чернобыльская катастрофа. Проблемы социально-экологической безопасности / Под ред. А.Г. Назарова. // Информ. бюлл. ВИНТИ АН СССР и ГКНТ СССР. 1990. № 5. 170 с.
5. Бурлакова Е.Б., Назаров А.Г., Нестеренко Е.Б., Шевченко В.А. и др. Чернобыльская катастрофа: причины и последствия. В 4-х книгах. Минск: Тест, 1992 – 1994 (1995 – отдельн. изд.).
6. Nazarov A.G. Ecological Problems of the Chernobyl Catastrophe // *Radiobiological Disasters: Consequences of Accidents at Nuclear Power Stations* / Ed. by E.V. Burlakova. New York: Nova Science Publishers, Inc. 1995. P. 11-20.
7. Назаров А.Г. Почему чернобыльская катастрофа была катастрофой, а не аварией, и почему она не была случайной // Глобальные проблемы современной энергетики: Матер. междунар. конф. к 20-летию катастрофы на Чернобыльской АЭС. М.: Изд-во МНЭПУ, 2006. С. 196-210
8. Бурлакова Е.Б., Назаров А.Г. О возможности «безопасного» проживания на радиационно поражённых чернобыльских территориях. Последствия чернобыльской катастрофы через 20 лет // Глобальные проблемы современной энергетики: Матер. междунар. конф. к 20-летию катастрофы на Чернобыльской АЭС. М.: Изд-во МНЭПУ, 2006. С. 262-268.
9. Кузнецов В.М., Назаров А.Г. Радиационное наследие холодной войны: опыт историко-научного исследования. М.: Ключ-С, 2006. 720 с.
10. Назаров А.Г., Бурлакова Е.Б., Пелевина И.И., Орадовская И.В., Летов В.Н. Чернобыль, биосфера, человек: взгляд в будущее // Атомная энергия, общество, безопасность: Матер. общественного форума-диалога. М.: Российский Зелёный Крест, 2007. С. 78-111.
11. Назаров А.Г. Радиационная катастрофа: сущность понятия // Теоретическая и прикладная экология. № 3. 2007. С. 74-81.
12. Назаров А.Г., Летов В.Н. Что такое радиационная катастрофа: сущность понятия, проблемы // Опыт преодоления последствий техногенных аварий и развитие атомных технологий: Матер. науч.-практ.конф., посвящённой 50-летию аварии на ПО «МАЯК». Челябинск: Челябинский институт ФГОУ ВПО «Уральская академия государственной службы», 2007. С. 301-309.
13. Назаров А.Г., Бурлакова Е.Б., Летов В.Н. В чём смысл и опасность радиационной катастрофы? // Атомная энергия, общество, безопасность: Матер. докл. Второго общественного национального форума-диалога. Санкт-Петербург. 2008. С. 98-107.
14. Иванов В.К., Цыб А.Ф., Иванов С.И. Ликвидаторы чернобыльской катастрофы: радиационно-эпидемиологический анализ медицинских последствий. М.: Галанис, 1999. 312 с.
15. Гуськова А.К. // Медицина труда и промышленная экология. 2004. № 3. 11 с.
16. Чечеров К.П. // Доклад на Международном чернобыльском конгрессе. Берлин. Германия. 2006.
17. Atlas of Caesium deposition on Europe after the Chernobyl Accident. Luxembourg, Office for Official Publications of the European Communities, 2001.
18. Василенко И.Я. Медицинские последствия облучения населения (17 лет после чернобыльской аварии) // Бюллетень по атомной энергии. 2002. № 4. С. 24-28.
19. Иванов В.К., Растопчин Е.М., Горский А.И. и др. // Радиация и риск. Бюллетень НРЭР. Вып. 12. Обнинск – Москва. 2001. С. 48-61.
20. Tchetcherov K.P. On The Physical Nature and Parameters of the Explosion (Energy Release of Physical and Chemical Reactions in the Time of the Accident Processes Development) in Block 4 of the Chernobyl NPP // The Report on the International Chernobyl Congress. Germany, Berlin. 2006
21. Василенко И.Я., Василенко О.И. Плутоний // Энергия: экономика, техника, экология. №1. 2004. С. 60-63.
22. Глуценко А.И., Сусков И.И., Балева Л.С. Радиоэкологические и медико-геномные последствия чернобыльской катастрофы через 20 лет и прогноз на XXI век // Институт истории естествознания и техники им. С.И. Вавилова РАН. Годичная научная конференция. 2006. М.: Анонс Медиа, 2006. С. 49-497.
23. Stewart A. Fifty years of studying A-Bomb survivors // In: I.Schmitz-Fuerhake, M.Schmidt (Eds). Proc. Inter. Workshop, Univer. Portsmouth, 9 – 12 july, 1996. Ges. Fur Strahlenschutz, 1998. Berlin. P. 12-19.
24. Cardis E., Gilbert E.S., Carpenter L. et al. Cancer mortality among nuclear workers in three countries // *Radiation Research*. 1995. V. 143. P. 117-132.
25. International Committee of the Radiation Protection. Report № 40. 1986.
26. Toxicological Profile for Plutonium. Draft for Public Comment Sept., 2007 // Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). Atlanta, GA: US. Department of Health a. Human Services, Public Health Service. 2007. PDF Version, 3,2 MB.
27. Иванов В.К., Туманов К.А., Кащеев В.В. и др. // Радиация и риск. Бюллетень НРЭР. Обнинск – Москва. 2006. Т. 15. № 1 – 2. С.11-21.
28. Летов В.Н. Медицинские последствия как плата за прогресс ядерной энергетики // Глобальные проблемы современной энергетики: Матер. междунар. конф. к 20-летию катастрофы на Чернобыльской АЭС. М.: Изд-во МНЭПУ, 2006. С. 238-246.

УДК 630+582.475 (470.21)

**Оценка динамики радиального прироста и особенности  
возрастной структуры сосновых древостоев в южном секторе  
Кольского полуострова**

© 2009. О.А. Гончарова<sup>1</sup>, к.б.н., н.с., А.В. Кузьмин<sup>2</sup>, д.б.н., профессор,  
Е.Ю. Полоскова<sup>1</sup>, к.б.н., заместитель директора,

<sup>1</sup> Полярно-альпийский ботанический сад-институт Кольского НЦ РАН,

<sup>2</sup> Великолукская государственная сельскохозяйственная академия,

e-mail: poloskova\_eu@mail.ru

Проанализированы особенности возрастной структуры сосновых древостоев. Определены основные закономерности динамики годичного радиального прироста сосны обыкновенной, произрастающей в южном секторе Кольского региона.

Age structure of pine forest stands is analyzed. The basic laws of dynamics of a year radial gain of *Pinus sylvestris* L. in the southern sector of the Kola region are determined.

**Ключевые слова:** сосна обыкновенная, годичный радиальный прирост, долговременная динамика радиального роста, возрастная динамика радиального роста

Лесные сообщества на Кольском полуострове находятся на северном пределе распространения. Они являются наиболее северными в европейской части России. Общая площадь таёжной зоны в пределах полуострова 98 тыс. км<sup>2</sup> делится на подзону лесотундры (46 тыс. км<sup>2</sup>) и северотаёжную подзону (52 тыс. км<sup>2</sup>) [1]. Наибольшую ценность в крайне-северных лесах представляют сосняки, эти леса обладают более высокой продуктивностью и выполняют важнейшие средостабилизирующие и защитные функции лесного покрова на северном пределе распространения. Сосновые леса Крайнего Севера в экологическом отношении – наиболее действенный фактор природной среды [2].

В современных условиях изменения климата существенно растёт интерес к изучению реакции экосистем и их отдельных компонентов на указанные воздействия. В условиях Крайнего Севера подобные исследования особенно актуальны. Больше внимание уделяется вопросу реакции годичного прироста древесных организмов на климатические факторы. Для выявления изменений в структуре лесных экосистем необходимо параллельно изучать реакцию других компонентов, в частности, изменения в долговременной и возрастной динамике годичного радиального прироста. Площадь годичного кольца является наиболее достоверным косвенным показателем изменений продуктивности деревьев и древостоев [3]. С.П. Арефьев [4] отмечает,

что дерево является наилучшим индикатором устойчивости лесных экосистем.

Многие особенности сезонного радиального роста деревьев имеют региональную специфику. Это требует проведения дендрохронологических исследований в различных регионах страны. Оценка изменений в динамике диаметрального роста древесных организмов на региональном уровне является недостаточно разработанным вопросом. В связи с этим оценка тенденций радиального роста древесных организмов в высоких широтах является важным условием для понимания процессов развития и устойчивости лесных экосистем.

В соответствии с актуальностью рассматриваемых вопросов формулируются следующие задачи: описание особенностей возрастной структуры исследованных модельных площадей; анализ долговременной и возрастной динамики радиального роста, изменчивости и вариабельности величины годичного радиального прироста; оценка долговременной и возрастной устойчивости сосновых древостоев с применением индекса стресса; определение географических трендов долговременной и возрастной динамики диаметрального роста деревьев.

**Материалы и методика**

С целью решения представленных выше задач в Мурманской области по меридианаль-

ному направлению выбраны три экспериментальные площади, представляющие собой географическую трансекту протяженностью около 400 км с запада на восток (рис. 1). Рассматриваемые локальные лесные экосистемы находятся на расстоянии, не превышающем 10 км от населённых пунктов метеорологических наблюдений МО 1 (Алакуртти), МО 2 (Умба), МО 3 (Кашкаранцы). Из всей совокупности пробных площадей, расположенных в южном секторе Кольского региона, выбраны древостои, имеющие максимальное сходство по основным характеристикам преобладающей породы. Кроме того, используемые насаждения не имеют существенных различий по форме поверхности рельефа, поскольку данный фактор достоверно влияет на структуру древостоя.

Типологическое описание модельных объектов следующее. Модельный объект 1. Рельеф местности ровный. Тип леса: кустарничково-сфагновый. Состав древостоя: 10С. Подрост: сосна группами. Подлесок: берёза, ива группами, жимолость единично. Кустарничковый ярус из черники, брусники, багульника. Напочвенный покров состоит из сфагновых мхов, зелёные мхи представлены незначительно. Модельный объект 2. Рельеф площади ровный. Тип леса: лишайниково-вороничный. Состав древостоя: 10С+ед.Б. Подрост: сосна немногочисленно. Травяно-кустарничковый ярус разрежён, преобладает вороника (*Empetrum nigrum L.*). Лишайниковый покров из *Cladina arbuscula*, *C. stellaris*, *Cetraria islandica*. Модельный объект 3. Рельеф местности равнинный. Тип леса: сфагново-вороничный. Состав древостоя: 10С+ед.Е. Подрост: сосна обильно, ель единично. Подлесок: можжевельник единично. Напочвенный покров состоит из брусники и лишайников.

В пределах каждого компактного древостоя для сбора эмпирической информации использовались 30 деревьев, расположенных в непосредственной близости. Всего обследовано 90 деревьев. У каждого из деревьев с помощью бурава Пресслера отобраны образцы древесных кернов, измерение которых проводилось с точностью до 0,01 мм с использованием автоматизированной системы телеметрического анализа [5]. Возраст каждого дерева определён по количеству годичных слоев. Количественный анализ исходных данных основан на применении стандартных статистических методов [6, 7].

Для оценки устойчивости древостоя применяли индекс стресса (ИС) по С.П. Арефьеву

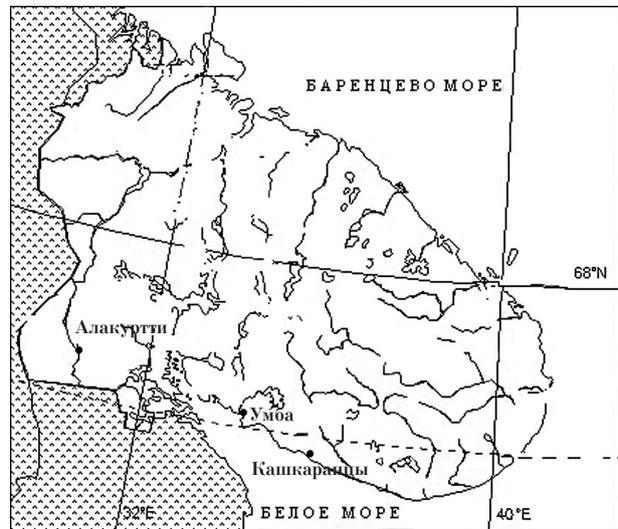


Рис. 1. Расположение модельных объектов

[4]. Биологический смысл показателя – реакция на воздействие дезаптирующего фактора, проявляющаяся в резком уменьшении или увеличении прироста. ИС, соответствующий устойчивому состоянию, близок к нулю по модулю. Поэтому в нашей работе использовали не абсолютные значения ИС, а значения по модулю. Временной ряд индексов стресса является относительно однородным. В используемом показателе уже заложена норма (нулевое значение, соответствующее наибольшей устойчивости). Повышенный уровень индекса стресса наблюдается в песимальных условиях.

Для достоверного анализа дендрохронологических рядов необходимо выполнить процедуру удаления возрастного тренда. Под возрастным трендом понимали детерминацию возрастом древостоя других показателей. Метод экологической реконструкции ростового процесса по Алексееву А.С. [8] позволяет объективно преобразовать данные о радиальном росте деревьев. Данный способ стандартизации абсолютных значений годового прироста дерева основан на подавлении эффекта возрастной (биологической) кривой роста. Основной единицей информации является значение радиального прироста с двумя временными характеристиками: возрастом дерева, на котором он образовался, и календарным годом отложения. Далее данные о ширине годичных колец, образовавшихся на разных деревьях, группировали по возрастным группам с учётом календарного года их образования. В связи с тем, что общим свойством для исследуемых древостоев является выпадение отдельных классов возраста, в работе использовали

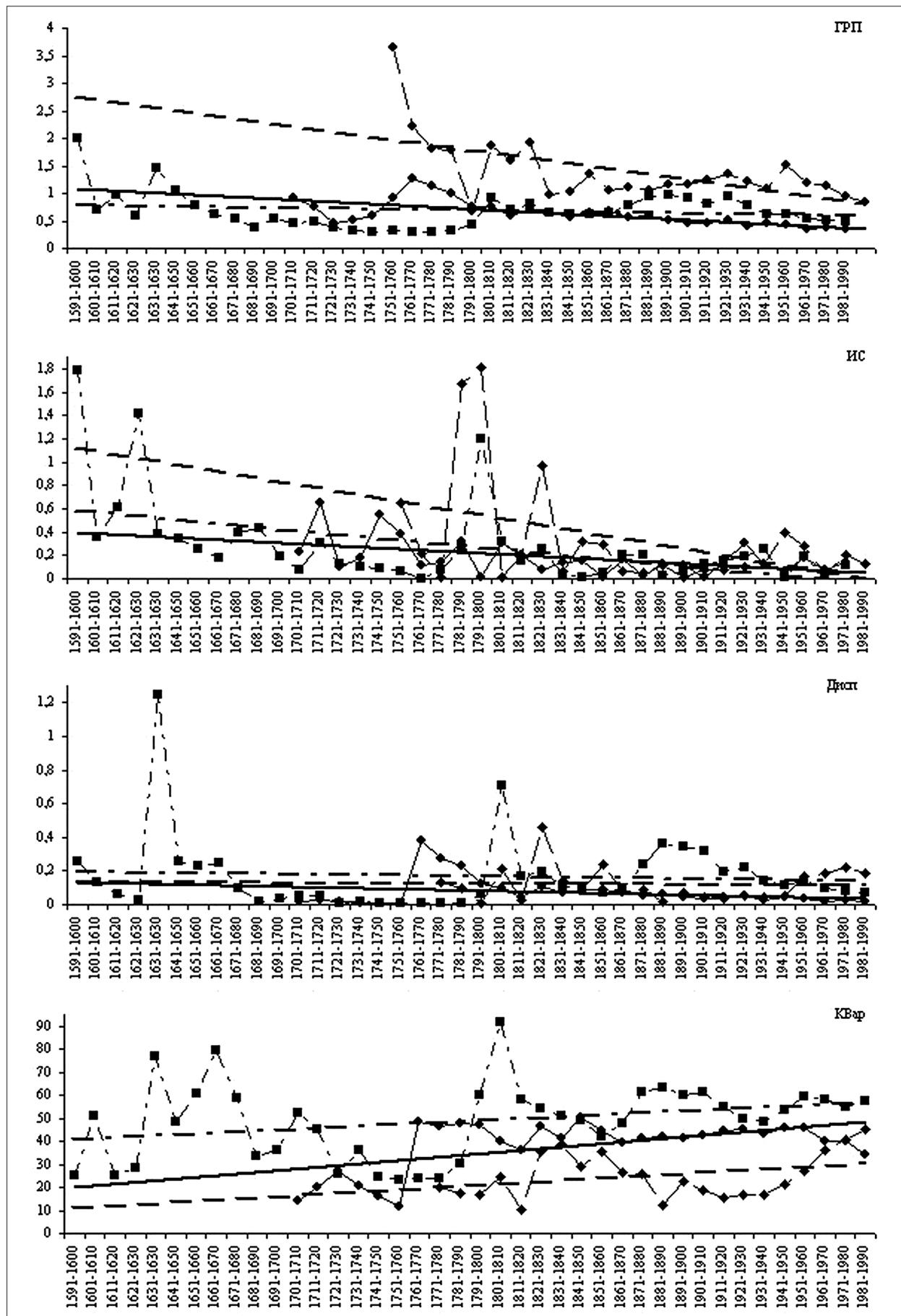


Рис. 2. Долговременная динамика радиального прироста

Примечание к рис. 2:

ГРП – средний годичный радиальный прирост, ИС – индекс стресса, Дисп – дисперсия среднего годичного радиального прироста, КВар – коэффициент вариации среднего годичного радиального прироста

----- МО 1                      - . - . - . - . - МО 2                      ----- МО 3

Уравнения линейных трендов долговременной динамики

ГРП: МО 1  $y = -0.048x + 2.7918$ ,  $R^2 = 0.3451$ ; МО 2  $y = -0.0047x + 0.7782$ ,  $R^2 = 0.0284$ ; МО 3  $y = -0.0183x + 1.1093$ ,  $R^2 = 0.4479$

ИС: МО 1  $y = -0.029x + 1.1563$ ,  $R^2 = 0.1769$ ; МО 2  $y = -0.0163x + 0.6082$ ,  $R^2 = 0.2405$ ; МО 3  $y = -0.0087x + 0.4024$ ,  $R^2 = 0.2229$

Дисп: МО 1  $y = -0.0004x + 0.1314$ ,  $R^2 = 0.0005$ ; МО 2  $y = -0.0014x + 0.1942$ ,  $R^2 = 0.0055$ ; МО 3  $y = -0.0025x + 0.1391$ ,  $R^2 = 0.0642$

КВар МО 1  $y = 0.5034x + 10.423$ ,  $R^2 = 0.1095$ ; МО 2  $y = 0.4228x + 40.016$ ,  $R^2 = 0.0899$ ; МО 3  $y = 0.7257x + 19.287$ ,  $R^2 = 0.3074$

преобразованный «урезанный» метод экологической реконструкции ростового процесса по Алексею А.С. [8]. Для анализа долговременных тенденций радиального роста данные о ширине годичных колец, образовавшихся на разных деревьях, группировали по календарным годам с шагом в 10 лет от 1591 г. до 1990 г. При исследовании возрастной динамики группировку дендрохронологических данных проводили по возрастным классам с шагом в 20 лет. Всего исследовано на МО 1 4395 годичных слоев, на МО 2 – 5117, на МО 3 – 5361.

Таким образом, у каждого ряда (ряд долговременной и ряд возрастной динамики) максимально исключены индивидуальные характеристики роста по диаметру. Эти ряды отражают в большей степени общую изменчивость, характерную для древостоя в целом, а не индивидуальную. Аналогичным образом группировали значения индекса стресса (ИС), дисперсии среднего ГРП (Дисп) и коэффициента вариации (КВар).

### Результаты и обсуждение

Распределение особей сосны обыкновенной по классам возраста представлено в таблице 1.

Обследованные деревья распределили в 16 возрастных классов (от 5-го по 20-й классы). Самыми массовыми являются классы возраста с 6-го по 10-й, в среднем к этим классам отнесли от 10% деревьев в 10-м классе до 21% –

в 9-м. Наиболее представлены 9-й возрастной класс – 21% и 8-й – 16% от общего числа рассмотренных деревьев.

В настоящей работе определено, что общим свойством для исследуемых древостоев является выпадение отдельных классов возраста. Таковыми являются для: МО 1: 10, 11, 13-20-й; МО 2: 8, 11-14, 17, 19-й; МО 3: 5, 13, 14, 16-20-й (табл. 1). На всех модельных площадках не обнаружены деревья 13, 14, 17 и 19-го классов возраста. Датировка обнаруженных событий позволяет определить следующие временные интервалы по годам: МО 1: 1772-1811; МО 2: 1608-1627, 1629-1667, 1708-1787, 1828-1847; МО 3: 1708-1747. Древостой на МО 2 отличается от других МО наиболее масштабным характером выпадения классов возраста, установлено 4 временных интервала, когда не происходило образование новых поколений растений. Для МО 1 и 3 обнаружено по 1 временному этапу, в течение которых отсутствовало возобновление деревьев. Явление выпадения из возрастного спектра отдельных классов возраста ранее было показано для сосновых древостоев Кольского региона [9, 10].

В таблице 2 приведены типы возрастной структуры исследованных модельных объектов, определённые на основе значения коэффициента вариации среднего возраста.

Возрастная структура исследованных сосняков не отличается разнообразием: от условно разновозрастных до разновозрастных.

Таблица 1

Распределение деревьев по классам возраста

МО	Количество деревьев по классам возраста, %															
	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	7	17	20	20	30	–	–	7	–	–	–	–	–	–	–	–
2	17	23	13	–	7	23	–	–	–	–	3	3	–	7	–	3
3	–	3	3	27	27	7	20	3	–	–	3	–	–	–	–	–

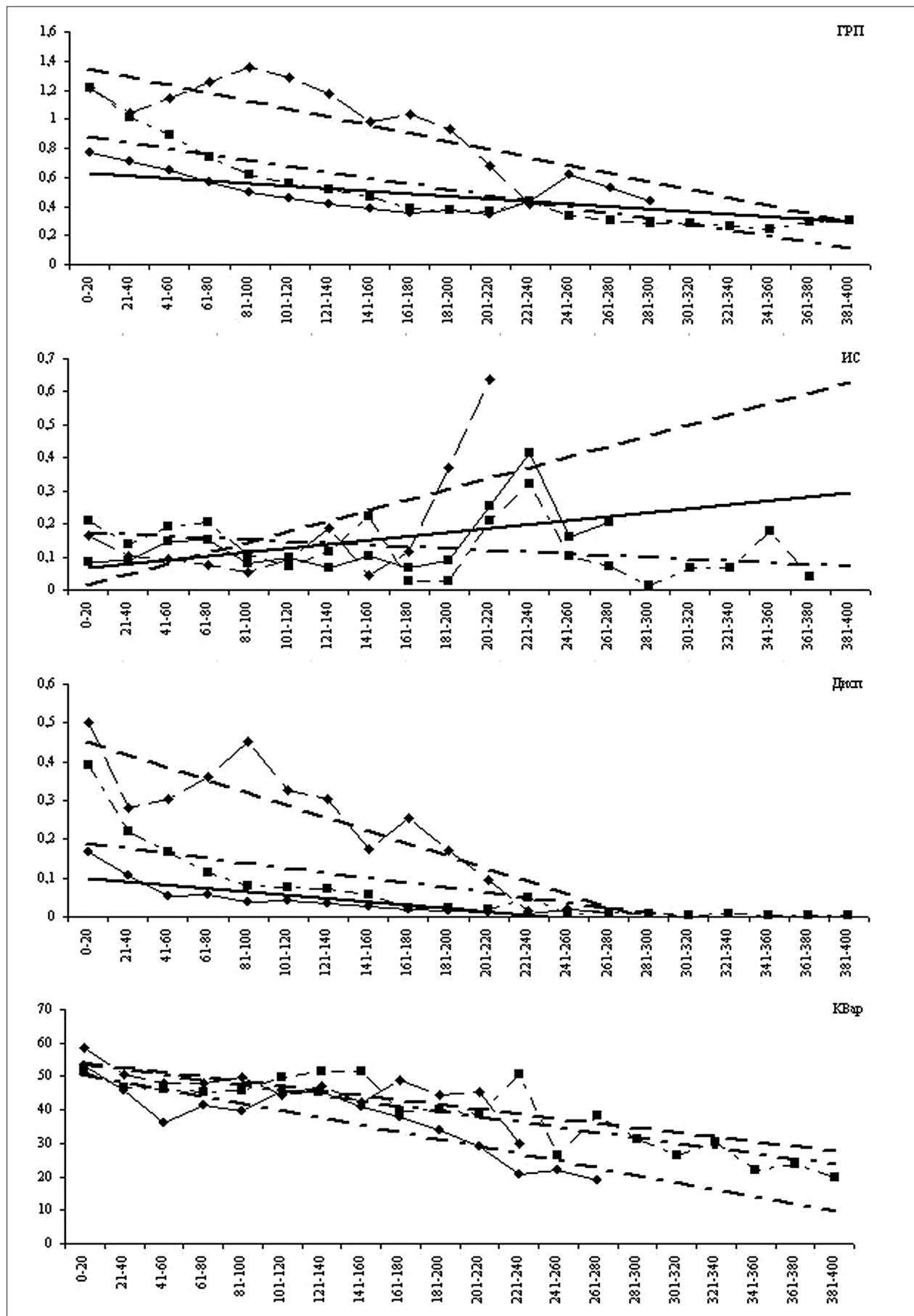


Рис. 3. Возрастная динамика радиального прироста

Примечание к рис. 3: см. примечания к рисунку 2.

Уравнения линейных трендов возрастной динамики

ГРП: МО 1  $y = -0,0558x + 1,4056$ ,  $R^2 = 0,5545$ ; МО 2  $y = -0,0403x + 0,9163$ ,  $R^2 = 0,7605$ ; МО 3  $y = -0,0171x + 0,641$ ,  $R^2 = 0,3297$

ИС: МО 1  $y = 0,0324x - 0,0174$ ,  $R^2 = 0,3663$ ; МО 2  $y = -0,0053x + 0,1785$ ,  $R^2 = 0,1231$ ; МО 3  $y = 0,0119x + 0,0544$ ,  $R^2 = 0,2714$

Дисп: МО 1  $y = -0,0327x + 0,4827$ ,  $R^2 = 0,7063$ ; МО 2  $y = -0,0127x + 0,2008$ ,  $R^2 = 0,6077$ ; МО 3  $y = -0,0087x + 0,1086$ ,  $R^2 = 0,6669$

КВар МО 1  $y = -1,3949x + 55,514$ ,  $R^2 = 0,5873$ ; МО 2  $y = -1,5904x + 55,452$ ,  $R^2 = 0,7462$ ; МО 3  $y = -2,1589x + 52,654$ ,  $R^2 = 0,7518$

На следующем этапе рассмотрим результаты анализа долговременной динамики радиального роста, индекса стресса, дисперсии среднего и коэффициента вариации ГРП сосны обыкновенной (рис. 2). Средняя величина ГРП по 10-летним интервалам на всём протяжении анализируемого промежутка времени выше на МО 1 (Алакуртти), данный древостой расположен в континентальной части полуострова и характеризуется меньшим возрастом большинства деревьев.

Анализ динамики среднего значения ГРП по десятилетиям показал, что все полученные тренды являются отрицательными, это с биологической точки зрения свидетельствует о наличии тенденции к сокращению величины радиального прироста на исследуемом временном отрезке. Для МО 1 и 3, характеризующихся как условно разновозрастные и отличающиеся сходством в явлении выпадения отдельных классов возраста, полученные линейные отрицательные тренды являются достоверными, на МО 2 отрицательный тренд не является достоверным, однако при анализе долговременной динамики величины ГРП старовозрастных деревьев на данном объекте [41] установлена статистически достоверная тенденция к уменьшению среднего ГРП в возрастных группах до 100 и свыше 240 лет. Общую тенденцию к снижению средней величины радиального прироста можно объяснить увеличением среднего возраста деревьев по ходу исследованного отрезка времени, также началом промышленного освоения.

При анализе изменчивости среднедесятилетних значений ГРП, выражающейся в дисперсии, установлено, что линейные

тренды графиков динамики являются также отрицательными, но статистически недостоверными. Динамика КВар средних величин ГРП по десятилетиям характеризуется наличием статистически достоверной тенденции к росту анализируемого показателя на протяжении исследуемого отрезка времени для МО 3. У графиков долговременной динамики КВар на МО 1 и 2 выделенный линейный тренд также является положительным, но недостоверным.

Результаты исследования долговременной динамики среднедесятилетних величин ИС показали следующее. Для всех МО установлена статистически достоверная тенденция к сокращению значений ИС на протяжении анализируемых десятилетий, судить об этом позволяет наличие достоверного отрицательного тренда у графиков долговременной динамики ИС. Отметим, что величина угла наклона линии тренда максимальна для МО 1, минимальна – для МО 3. В целом для МО 1 значения ИС выше, чем для МО 2, для МО 3 данный показатель имеет незначительные значения. Выше отмечено, что ИС используется как показатель устойчивости, следовательно, можно сделать заключение о тенденции к снижению уровня устойчивости на протяжении рассмотренного временного интервала и в географическом направлении с запада на восток. Аналогичные результаты получены при исследовании влияния климатических факторов на радиальный прирост в данных сосняках. Модельный древостой в Алакуртти проявляет меньшую устойчивость к воздействию комплекса метеофакторов [9, 10].

Таблица 2

Типы возрастной структуры сосняков Кольского полуострова

МО	Средний возраст, лет	Коэффициент вариации, %	Тип возрастной структуры
1	146 ± 6	22	Условно разновозрастная
2	171 ± 16	50	Разновозрастная
3	179 ± 6	19	Условно разновозрастная

На следующем этапе исследовали возрастную динамику средних значений радиального прироста, его изменчивость и коэффициент вариации, индекс стресса. Анализировали ГРП всей совокупности обследованных деревьев по 20-летним интервалам независимо от временного фактора. Анализ дендрохронологических рядов с шагом в 20 лет является общепринятым для хвойных видов.

В данной работе установлено наличие статистически достоверных отрицательных линейных трендов динамики среднего ГРП для всех МО. С биологической точки зрения, это свидетельствует о существовании достоверной тенденции к сокращению размера радиального прироста с увеличением возраста древесных организмов. Общеизвестно, что возрастной ход прироста по диаметру у древесных растений в основном характеризуется одновершинной кривой, в настоящей работе получены аналогичные результаты. Отметим, что наиболее существенно возрастная тенденция к снижению ГРП выражена на МО 1, менее – на МО 3, МО 2 занимает промежуточное положение (рис. 3), т. е. для сосняков более западного расположения характерно большая степень сокращения среднего ГРП с увеличением возраста.

При анализе изменчивости и вариабельности среднего ГРП по 20-летним интервалам аналогично получены статистически достоверные отрицательные линейные тренды динамики указанных параметров, что говорит о достоверной возрастной тенденции к сокращению вариабельности и изменчивости среднего радиального прироста. На МО 1 более ярко, чем на других МО выражена тенденция к сокращению изменчивости ГРП, для МО 3 наблюдается противоположная ситуация, МО 2 занимает промежуточное положение. На МО 1 в большинстве случаев величина КВар выше, на МО 3 – всегда меньше, чем на других МО. По С.П. Арефьеву, рост КВар свидетельствует о более низкой структурной устойчивости деревьев, следовательно, устойчивость древостоев сокращается в ряду МО 1 – МО 2 – МО 3.

Исследование динамики значений ИС по модулю показало следующие результаты. Статистически достоверный линейный тренд характерен только для динамики ИС на МО 1, выделенный тренд является положительным, что с биологической точки зрения свидетельствует о тенденции к росту анализируемого показателя. Выше отмечено, что повышенный уровень индекса стресса, отражающего

уровень устойчивости, наблюдается в пессимальных условиях, следовательно, для МО 1 характерно снижение уровня устойчивости с увеличением возраста деревьев. Для МО 2 и 3 установленные линейные тренды: отрицательный и положительный соответственно, но данные тенденции статистически недостоверны.

Сокращение ширины годичного кольца, изменчивости и вариабельности среднего ГРП изученных групп растений объясняем возрастным фактором, т. к. на протяжении анализируемого времени средний возраст исследованных совокупностей деревьев увеличивался. Старовозрастные деревья более подвержены воздействию внешних факторов, вредителей, кроме этого, снижение величины радиального прироста может происходить вследствие атмосферного загрязнения.

### Заключение

Проведённые исследования позволили выявить основные закономерности в возрастной структуре и динамике годичного радиального прироста деревьев сосны обыкновенной, произрастающей в южном секторе Кольского региона. Возрастная структура исследованных сосняков отличается незначительным разнообразием: от условно разновозрастных до разновозрастных. Общим свойством для всех обследованных древостоев является выпадение из возрастного спектра отдельных классов возраста. В разновозрастном древостое на модельном объекте Умба данное явление наиболее масштабно.

Долговременная динамика радиального прироста, его изменчивости и коэффициента вариации, а также индекса стресса на исследованных модельных объектах, расположенных по географической трансксекте в направлении с запада на восток, в южном секторе Кольского полуострова характеризуется следующими чертами. Существует достоверная тенденция к сокращению средних величин радиального прироста для сосняков условно разновозрастного типа (МО 1 и 3), в разновозрастном сосняке на МО 2 подобных тенденций не установлено, средние величины ГРП стационарны, вероятно, это связано с большим объёмом выборки, включающим в себе особи как молодые, так и старовозрастные. Изученные лесные системы характеризуются снижением уровня устойчивости, отражающейся в значении индекса стресса, в течение рассмотренных десятилетий.

Результаты анализа особенностей возрастной динамики радиального прироста с шагом в 20 лет следующие. Для всех обследованных объектов установлена статистически достоверная тенденция к сокращению средней ширины радиального прироста, снижению его изменчивости и вариабельности с увеличением возраста деревьев. Выраженность данной тенденции уменьшается в ряду МО 1 – МО 2 – МО 3. Достоверное снижение устойчивости лесной системы с увеличением возраста древесных организмов определено для МО 1, об этом говорит рост индекса стресса и большие величины коэффициента вариации.

В целом результаты работы не противоречат данным итогового отчета Европейского института леса [12], где для Кольского полуострова указана убывающая тенденция в росте древостоев.

### Литература

1. Зайцева И.В., Кобяков К.Н., Никонов В.В., Смирнов Д.Ю. Коренные старовозрастные леса Мурманской области // Лесоведение. 2002. № 2. С. 14-22.
2. Цветков В.Ф., Семенов Б.А. Сосняки Крайнего Севера. М.: Агропромиздат, 1985. 116с.
3. Николаева С.А., Савчук Д.А., Петрова Е.А. Динамика роста и развитие *Pinus sibirica* (*Pinaceae*) в лесных культурах // Растительные ресурсы. 2006. Вып. 2. С 1-17.
4. Арефьев С.П. Оценка устойчивости кедровых лесов Западно-Сибирской равнины // Экология. 1997. № 3. С. 175-183.
5. Кузьмин А.В., Олейник А.Г., Олейник О.В., Зотов А.И. Автоматизированная система телеметрического анализа древесных кернов // Экология. 1989. № 3. С. 79-80.
6. Зайцев Г.Н. Математика в экспериментальной ботанике. М.: Наука, 1990. 296 с.
7. Кендалл М., Стюарт А. Многомерный статистический анализ и временные ряды. М.: Наука, 1976. 736 с.
8. Алексеев А.С., Сорока А.Р. Анализ долговременных тенденций роста *Pinus sylvestris* L. на северо-западе Кольского полуострова // Ботанический журнал. 2003. Т. 88. № 6. С. 59-75.
9. Кузьмин А.В., Полоскова Е.Ю., Распопов О.М., Кузьмина Л.И., Гончарова О.А. Дифференцированный анализ влияния элементарных климатических факторов нетемпературной группы на формирование сосновых древостоев Кольского региона в пространстве географических градиентов. Апатиты: изд. Кольского НЦ РАН, 2006. 66 с.
10. Кузьмин А.В., Полоскова Е.Ю., Кузьмина Л.И. Интервально-групповой анализ гетерогенной реакции элементов соснового древостоя и идентификация географических трендов в поле влияния температурного фактора. Апатиты: изд. Кольского НЦ РАН, 2005. 35 с.
11. Гончарова О.А. Долговременная динамика радиального роста старовозрастных деревьев *Pinus sylvestris* L. в условиях Кольского полуострова (пос. Умба) // I Всерос. молодёжная научная конференция «Молодёжь и наука на Севере» (в 3-х томах). Т. III. XV Всерос. молодёжная научная конференция «Актуальные проблемы биологии и экологии»: Матер. докл. Сыктывкар. 2008. С. 52-54.
12. Growth trends in European forests/ Ed. by H. Spiecker et al. Springer Verlag. Berlin, New York. 1996. 347 p.

**Многолетняя динамика структуры населения  
булавоусых чешуекрылых (*Lepidoptera*, *Papilionoidea*,  
*Hesperioidea*) сфагнового болота**

© 2009. А.Г. Татаринов, к.б.н., с.н.с, О.И. Кулакова, к.б.н., н.с.,  
Институт биологии Коми научного центра Уральского отделения РАН  
e-mail: andrei\_tatarinov@mail.ru; iduna@rambler.ru

Приведены материалы по изучению многолетней динамики структуры населения булавоусых чешуекрылых двух сфагновых болот в окрестностях г. Ухты Республики Коми. Выявлена глубокая трансформация состава и структуры доминирования видов дневных бабочек на болоте, расположенном внутри дачного массива и испытывающем значительную антропогенную нагрузку.

The article presents the long-term dynamics of population structure of rhopalocera lepidopterous insects of two peat moss bogs in the vicinity of Ukhta in the Komi republic. Deep transformation of composition and structure of butterflies' prepotency is revealed in a bog suffering from anthropogenic influence in the vicinity of a country-cottage village.

Ключевые слова: дневные бабочки, структура населения,  
болота, антропогенная нагрузка

В последние десятилетия среди энтомологов и экологов широкого профиля наблюдается повышение интереса к синэкологическому (точнее геоэкологическому) направлению изучения булавоусых чешуекрылых. Углубленному исследованию структуры населения (топических группировок, ассамблей) дневных бабочек в природных сообществах способствует их относительно хорошая изученность в региональных, ландшафтно-зональных и локальных фаунах, открытый образ жизни имаго и возможность (в большинстве случаев) визуального определения видов в полевых условиях. Эти чешуекрылые чутко реагируют на изменения условий окружающей среды и поэтому признаны хорошей модельной группой в экологическом мониторинге наземных экосистем, при комплексной оценке биоразнообразия, а также при проектировании особо охраняемых природных территорий [1 – 5].

Одними из основных типов местообитаний булавоусых чешуекрылых на северо-востоке Русской равнины являются сфагновые болота. В общей сложности их постоянно или временно заселяет около 60 видов, или почти 50% состава региональной фауны дневных бабочек [6]. К сожалению, в последние десятилетия наблюдается всё возрастающее прямое и косвенное влияние человека на болотные сообщества в процессе хозяйственной деятельности. Естественно, что это не может не отражаться

на структуре населения булавоусых чешуекрылых болотных сообществ.

Настоящая работа посвящена изучению многолетних изменений в структуре населения булавоусых чешуекрылых двух сфагновых болот на границе средней и северной тайги северо-востока Русской равнины, испытывающих разную степень антропогенной нагрузки.

**Район, материал  
и методика исследований**

Исследования проводились на двух болотных участках в окрестностях г. Ухты (Республика Коми) в течение восьми полевых сезонов в период с 1991-го по 2006 г. Изучались сфагновые грядово-мочажинные болота площадью около 4,5 и 3,5 га каждое. Растительность на обоих участках в начале наблюдений была сходная. На грядах росла сосна обыкновенная (*Pinus silvestris* L.), берёза карликовая (*Betula nana* L.), багульник болотный (*Ledum palustre* L.), мирт болотный (*Chamaedaphne calyculata* (L.) Moench), подбел узколистный (*Andromeda polyfolia* L.), голубика (*Vaccinium uliginosum* L.), морозника (*Rubus chamaemorus* L.). В мочажинах присутствовала клюква болотная (*Oxycoccus palustris* Pers.), пушица влагалищная (*Eriophorum vaginatum* L.), осоки (*Carex* spp.). По перифе-

рии болот и вдоль вытекающих из них ручьев была развита травянистая растительность из лабазника вязолистного (*Filipendula ulmaria* (L.) Maxim.), гравилата речного (*Geum rivale* L.), горца большого (*Bistorta major* S.F. Gray), фиалки болотной (*Viola palustris* L.), незабудки дернистой (*Myosotis cespitosa* K. F. Schultz), манжеток (*Alchemilla* spp.), лютиков (*Ranunculus* spp.), осок и др.

Первый участок находится внутри массива сфагновых и зелёномошных сосняков первой группы на значительном удалении от населённых пунктов. Характер растительности и микрорельефа болота за период наблюдений не изменился, по этой причине оно было выбрано в качестве контрольного участка. Второе болото с 1989 г. располагается внутри дачного поселка. Лес вокруг него был постепенно вырублен под строительство домов и огороды, по обеим сторонам проложены грунтовые дороги, а в центре вырыт пожарный водоём. За период наблюдений часть территории вокруг этого болотного участка была застроена. На неосвоенных площадях началась растительная сукцессия: выросли ивы (*Salix* spp.), берёза *Betula pubescens* Ehrh., появился подрост ели *Picea obovata* Ledeb. и сосны. Дороги покрылись разнотравьем из иван-чая узколистного (*Chamaenerion angustifolium* (L.) Scop.), клеверов: ползучего (*Amoria repens* (L.) C. Presl.), среднего (*Trifolium medium* L.) и гибридного (*Amoria hybrida* (L.) C. Presl.), мать-и-мачехи (*Tussilago farfara* L.), ромашки непахучей (*Tripleurospermum perforatum* (Merat.) M. Lainz.), нивяника обыкновенного (*Leucantemum vulgare* Lam.), горца птичьего (*Polygonum aviculare* L.), злаков и др., затем – ивами. Само болото стало испытывать значительные антропогенные нагрузки из-за вытаптывания в процессе сбора ягод, лекарственных растений и отдыха возле пожарного водоёма, вырубки деревьев для хозяйственных нужд, выкоса травы и свалки бытового мусора. Проложенные грунтовые дороги и вырытый водоём изменили гидрологический режим болота, в результате чего оно стало интенсивно зарастать берёзой пушистой, сосной, ивами, рябиной, лесным и рудеральным разнотравьем.

Из-за относительной изолированности и небольшой площади изучаемых болот во избежание опасности истребления населения булавоусых чешуекрылых безвозвратный вылов имаго не практиковался. Численность видов на участках определялась путем временного безвыборочного отлова и мечения бабочек

у основания переднего крыла с помощью маркера [7, 8], а также в ходе маршрутных визуальных учётов имаго, согласно имеющимся в литературе методическим рекомендациям [9 – 17]. Работы на каждом болотном участке проводились силами двух человек, раз в два дня в течение 3-4 ч. при условии хорошей погоды с последней декады мая до последней декады августа. В сборе материала в течение всего или части полевого сезона принимали участие студенты Сыктывкарского государственного университета.

Камеральная обработка материала включала определение относительного обилия видов [14] и уровня видового разнообразия булавоусых чешуекрылых в изученных сообществах. Для специфических болотных видов, кроме того, определялась плотность особей (экз./га) на участках.

Инвентаризационное разнообразие ( $\alpha$ -разнообразие) видов оценивалось с помощью показателей видового богатства и индексов неоднородности:

- $S$  – общее число видов в сообществе;
- $D_{mg}$  – индекс видового богатства Маргалефа;
- $H'$  – индекс разнообразия Шеннона;
- $d$  – индекс доминирования Бергера-Паркера (в прямой форме).

Дополнительно строились графики рангового распределения обилия видов.

Дифференцирующее, или  $\beta$ -разнообразие, характеризовалось путем попарного сравнения состава и численности видов булавоусых чешуекрылых на разных болотных участках и на одном участке в разные годы. В качестве показателя соответствия использовался индекс Чекановского-Сьеренсена ( $I_{c-s}$ ).

Формулы использованных индексов можно найти в различных пособиях [14, 18, 19 и др.]. Расчёт их проводили с помощью компьютерной программы Biodiv v. 4.1 [20].

## Результаты и обсуждение

В общей сложности за восемь полевых сезонов на первом (контрольном) участке было зарегистрировано 35 видов булавоусых чешуекрылых и 41 вид на втором (табл.). Всех выявленных на болотах дневных бабочек можно разделить на три группы: 1) постоянные обитатели болот; 2) виды, для которых болота служат кормовыми участками имаго; 3) случайные посетители болот.

Таблица  
 Состав, относительное обилие (%) и уровень разнообразия видов булавоусых чешуекрылых на двух сфагновых болотах в окрестностях г. Ухты

Названия видов	Первый (контрольный) участок										Второй участок									
	1990	1993	1994	1997	1998	2000	2005	2006	1990	1993	1994	1997	1998	2000	2005	2006				
<i>Papilio machaon</i> L.	-	0,2	-	-	0,3	-	-	-	0,5	0,8	-	-	1,1	1,7	1,7	0,8				
<i>Leptidea sinapis</i> (L.)	1,6	4,3	0,5	4,9	4,8	0,8	2,3	2,6	2,1	1,4	2,6	2,8	2,4	2,4	2,2	1,8				
<i>Aporia crataegi</i> (L.)	0,5	0,7	-	0,5	0,7	4,5	-	-	0,5	-	0,5	0,5	2,1	3,4	0,7	-				
<i>Pieris brassicae</i> (L.)	0,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,5	1,4	1,2	0,5				
<i>P. napi</i> (L.)	2,5	3,7	5,0	3,6	3,4	3,2	2,5	1,6	4,8	7,4	8,9	9,0	8,6	9,6	7,0	7,0				
<i>P. rapae</i> (L.)	1,4	4,9	2,0	0,5	4,1	4,7	0,7	-	1,8	2,5	1,2	2,0	2,9	2,2	2,1	2,1				
<i>Anthocharis cardamines</i> (L.)	2,3	2,7	1,6	2,4	3,5	2,8	2,8	1,8	2,1	2,0	1,9	2,3	1,7	1,2	1,2	1,6				
<i>Colias palaeno</i> (L.)	17,7	16,9	18,9	19,0	17,5	16,8	19,7	15,1	10,1	12,1	8,5	6,4	8,6	7,4	7,4	5,7				
<i>Gonepteryx rhamni</i> (L.)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,7	0,3	-	-				
<i>Calliphrys rubi</i> (L.)	10,4	13,1	10,9	18,1	13,1	14,3	16,8	16,4	13,6	9,7	13,0	11,3	8,8	5,7	4,7	4,7				
<i>Lycaena helle</i> (L.)	2,1	4,7	2,9	2,4	0,7	4,1	0,6	1,3	2,3	1,0	2,4	2,2	1,8	1,9	-	-				
<i>Palaeochrysophanus hippothoe</i> (L.)	1,2	0,8	4,9	4,4	0,5	4,3	0,5	2,1	-	-	-	-	-	-	-	-				
<i>Celastrina argiolus</i> (L.)	2,3	4,3	1,8	2,1	2,9	1,9	2,3	2,9	2,1	0,6	1,4	1,6	1,9	3,2	5,9	5,9				
<i>Plebejus argus</i> (L.)	-	-	0,4	0,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
<i>Vacciniina optilete</i> (Knoch)	4,8	10,8	6,2	4,3	6,5	9,7	13,4	9,9	3,1	4,4	4,9	2,5	4,7	4,6	2,8	2,8				
<i>Aricia artaxerxes</i> (F.)	-	-	-	-	-	-	-	-	0,5	-	0,7	0,8	1,2	1,2	1,0	1,0				
<i>Pseudoaricia nicias</i> (Meig.)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,6	1,7	2,3	2,3				
<i>Eumedonia eumedon</i> (Esp.)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,5	0,9	1,1	1,1				
<i>Cyaniris semiargus</i> (Rott.)	0,5	1,3	-	0,7	1,3	1,3	0,8	1,2	-	-	-	1,1	1,6	5,2	7,0	7,0				
<i>Plebicula amandus</i> (Schn.)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,7	2,3	2,3				
<i>Polyommatus icarus</i> (Rott.)	-	-	-	-	-	0,4	1,1	2,1	-	-	-	-	0,5	4,2	3,9	3,9				
<i>Nymphalis antiopa</i> (L.)	-	-	-	-	-	0,6	0,9	-	0,6	2,3	3,8	1,9	1,8	2,9	0,8	0,8				
<i>N. xanthomelas</i> (Esp.)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,5	2,8	2,8				
<i>Polygonia c-album</i> (L.)	0,7	0,2	-	0,7	2,0	1,1	0,5	1,3	-	-	-	0,5	1,6	2,7	4,1	4,1				
<i>Aglais urticae</i> (L.)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,8	2,5	5,6	6,5				
<i>Araschnia levana</i> (L.)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,2	2,9	4,7				

Названия видов	Продолжение таблицы															
	Первый (контрольный) участок							Второй участок								
	1990	1993	1994	1997	1998	2000	2005	2006	1990	1993	1994	1997	1998	2000	2005	2006
<i>Vanessa cardui</i> (L.)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,7	1,5	4,7
<i>Euphydryas maturna</i> (L.)	2,1	4,5	2,7	4,3	4,5	4,1	3,1	3,7	1,5	2,1	2,7	1,7	1,8	2,8	1,9	2,6
<i>Mesoacidalia aglaja</i> (L.)	-	-	-	-	-	-	0,5	-	0,5	0,5	-	0,5	1,2	0,5	2,2	1,0
<i>Brenthis ino</i> (Rott.)	4,1	3,7	4,3	3,1	4,0	3,0	5,4	5,7	6,4	8,1	9,9	9,7	8,7	7,6	5,9	4,4
<i>Boloria aquilonaris</i> (Stich.)	20,5	19,9	17,1	15,5	15,5	12,7	17,4	12,3	19,9	20,5	15,4	15,1	13,6	13,4	6,4	3,4
<i>Proclissiana eunomia</i> (Esp.)	1,6	0,7	1,4	2,4	2,3	1,0	2,6	1,3	6,0	5,1	1,6	2,6	1,5	0,5	-	-
<i>Clossiana angarensis</i> (Ersh.)	-	-	-	-	-	-	-	-	0,5	0,5	-	-	-	-	-	-
<i>C. euphrosyne</i> (L.)	4,5	6,1	3,4	5,5	2,9	4,3	3,1	1,8	5,4	3,2	5,3	4,3	2,5	3,7	2,7	2,3
<i>C. selene</i> ([Den. Et Schiff.])	2,5	2,5	1,8	3,1	1,8	2,4	2,0	3,1	3,6	2,3	6,0	3,1	3,7	2,6	2,5	1,3
<i>C. freija</i> (Bekl.)	3,5	4,5	4,8	2,3	4,3	2,8	1,6	1,0	3,5	1,8	2,7	1,2	8,0	1,4	-	-
<i>C. frigga</i> (Bekl.)	0,5	0,7	0,3	0,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>C. titania</i> (Esp.)	2,1	1,2	1,3	2,4	1,5	0,5	1,5	1,3	1,6	1,1	1,3	1,4	1,3	0,5	0,9	-
<i>Coenonympha tullia</i> (Mll.)	2,5	1,9	2,3	1,2	1,1	4,3	-	1,0	3,7	3,2	1,6	1,4	0,3	0,7	-	-
<i>Erebia ligea</i> (L.)	0,7	-	0,9	-	1,2	0,6	-	1,8	1,3	-	1,8	0,5	2,3	1,5	1,0	3,9
<i>E. euryale</i> (Esp.)	-	-	2,7	-	1,8	1,5	-	1,1	0,6	-	2,5	-	3,1	1,8	-	2,6
<i>E. embla</i> (Bekl.)	2,1	-	2,5	-	4,5	3,3	-	2,9	-	6,2	-	7,8	-	-	2,0	-
<i>Oeneis jutta</i> (Hbn.)	5,1	-	3,4	0,2	1,9	3,4	-	3,9	3,3	-	3,9	-	1,8	1,6	2,4	3,4
<i>Carthorocephalus palaemon</i> (Pall.)	0,5	0,7	1,4	1,0	0,4	-	-	0,8	0,6	-	-	0,9	0,6	-	0,7	1,0
S	27	25	26	26	28	28	23	26	26	24	23	25	32	36	35	32
<i>D<sub>lit</sub></i>	3,91	3,47	3,65	3,62	3,91	4,04	3,18	3,48	3,79	3,33	3,33	3,47	4,49	5,06	4,91	4,49
H'	2,71	2,58	2,71	2,64	2,80	2,85	2,48	2,77	2,75	2,71	2,81	2,78	3,03	3,17	3,32	3,28
d	0,20	0,20	0,20	0,19	0,18	0,16	0,19	0,17	0,21	0,21	0,15	0,15	0,14	0,13	0,09	0,07

К первой группе относятся чешуекрылые, которые развиваются на болотах на всех стадиях жизненного цикла. Это достаточно stenотопные гигрофилы и мезо-гигрофилы: болотные перламутровки *B. aquilonaris*, *P. eunomia*, *C. freija*, болотно-лесные желтушка *C. palaeno*, голубянки *C. rubi*, *V. optilete*, сатириды *E. embla*, *Oe. jutta*. и болотно-луговая сенница *C. tullia*. Первый участок, кроме того, заселяла болотная перламутровка *C. frigga*, а на втором была обнаружена редчайшая в средней тайге северо-востока Русской равнины перламутровка *C. angarensis*. По характеру зонально-ландшафтного распределения все перечисленные чешуекрылые – гипоаркто-бореальные и северно-бореальные виды. Зона их экологического оптимума лежит в пределах гипоарктической тундры, лесотундры и крайнесеверной тайги, где они широко заселяют как зональные, так и интразональные сообщества. В северной и средней тайге эти виды также остаются заметным элементом лепидоптерофауны, но распределены здесь локально по интразональным болотным местообитаниям. Существованию их в лесной зоне со времен голоценовых климатических флуктуаций благоприятствуют «мини-гипоарктические» условия на грядово-мочажинных сфагновых болотах: из-за повышенной влажности они меньше нагреваются днём, быстрее остывают в ночное время летом, заморозки весной здесь длятся дольше, а осенью наступают раньше. Если использовать ценобиотическую типологию Л.Г. Раменского [21] в отношении дневных бабочек, то болотные виды являются *пациентами*, которые «в борьбе за существование берут не энергией жизнеспособности, а своей выносливостью к крайне суровым условиям...» (с. 379).

В особую подгруппу постоянных обитателей болот можно выделить чешуекрылых, которые держатся на их периферии среди кустарников, пограничного редколесья и разнотравья – белянка *A. cardamines*, голубянка *C. argiolus*, перламутровки *B. ino*, *C. selene*, *C. euphrosyne*, *C. titania*.

Постоянные обитатели формируют ядро, или «стратегический спектр» [22], болотных группировок булавоусых чешуекрылых. Многие из них доминируют по численности. Например, в первый год наблюдений (1990) на обоих участках наиболее обильными являлись *C. palaeno*, *C. rubi* и *B. aquilonaris*. В состав фоновых видов входили также *B. ino*, *C. euphrosyne*, а на первом участке, кроме того, *V. optilete* и *Oe. jutta*. Разницу показателей от-

носительного обилия постоянных обитателей болот надо объяснять, скорее всего, не конкурентными взаимодействиями между бабочками (имаго) за кормовой ресурс (ощутимая пищевая конкуренция между гусеницами дневных чешуекрылых в условиях изучаемого региона вряд ли возможна), а иными причинами, например, различным влиянием абиотических условий на тот или иной вид, естественной динамикой его численности, историческим фактором.

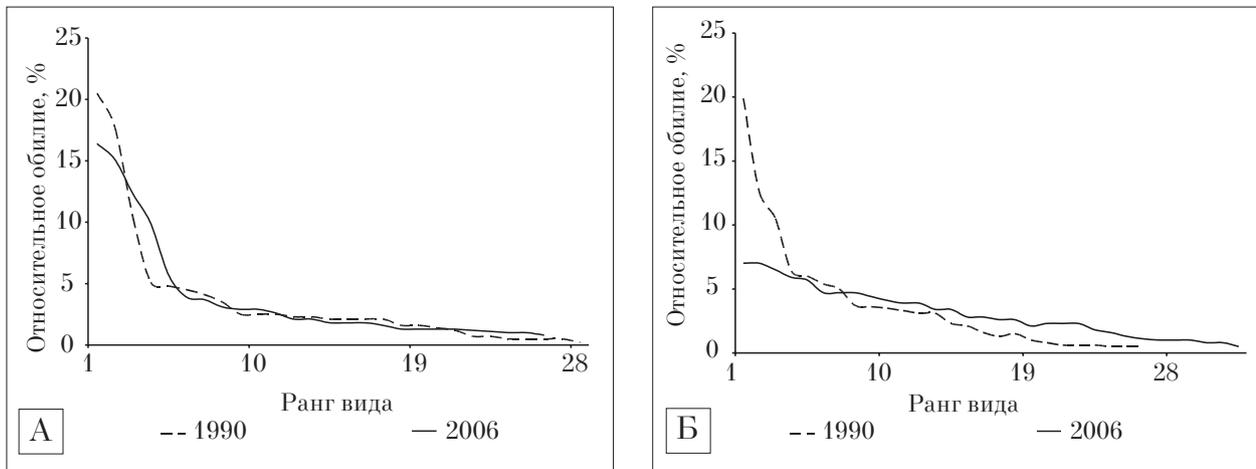
На втором участке в начале наблюдений была обильна белянка *P. napi*. Однако болото служило ей лишь кормовым участком имаго первого поколения, в период лёта которого цвели многие травы и кустарнички (вересковые, брусничные, морошка и др.). В августе особи второй генерации этого вида здесь почти не встречались, концентрируясь в основном на огородах дачного посёлка и опушках леса.

Судя по обилию, встречаемости и характеру размещения на сопредельных территориях второй болотный участок служил в качестве кормового также для имаго белянок *L. sinapis*, *P. rapae*, голубянок *L. helle*, *P. hippothoe*, шашечницы *E. maturna*, чернушек *E. ligea*, *E. euryale*, толстоголовки *C. palaemon*. Как случайные залёты на болото мы классифицировали редкие встречи голубянки *A. artaxerxes*, нимфалид *N. antiopa* и *M. aglaja*.

Контрольный болотный участок находится внутри соснового массива и относительно изолированно от других местообитаний булавоусых чешуекрылых в данной местности: пойменных луговых сообществ, травянистых мелколиственных лесов и ивняков. Тем не менее по руслу ручья, вытекающего из болота, сюда проникали единичные особи белянок *A. crataegi*, *P. brassicae*, голубянки *C. semiargus*, углокрыльницы *P. c-album*, в небольшом количестве кормились белянки *L. sinapis*, *P. napi*, *P. rapae*, шашечница *E. maturna*, чернушки *E. ligea*, толстоголовки *C. palaemon*, заселяющие ивняки и разнотравье вдоль водотока.

Главное отличие представителей второй и третьей групп от постоянных обитателей заключается в том, что они неспецифичны для населения булавоусых чешуекрылых сфагновых болот. Их состав непостоянен и определяется характером рельефа местности, сочетанием различных растительных сообществ вокруг болота и другими случайными факторами.

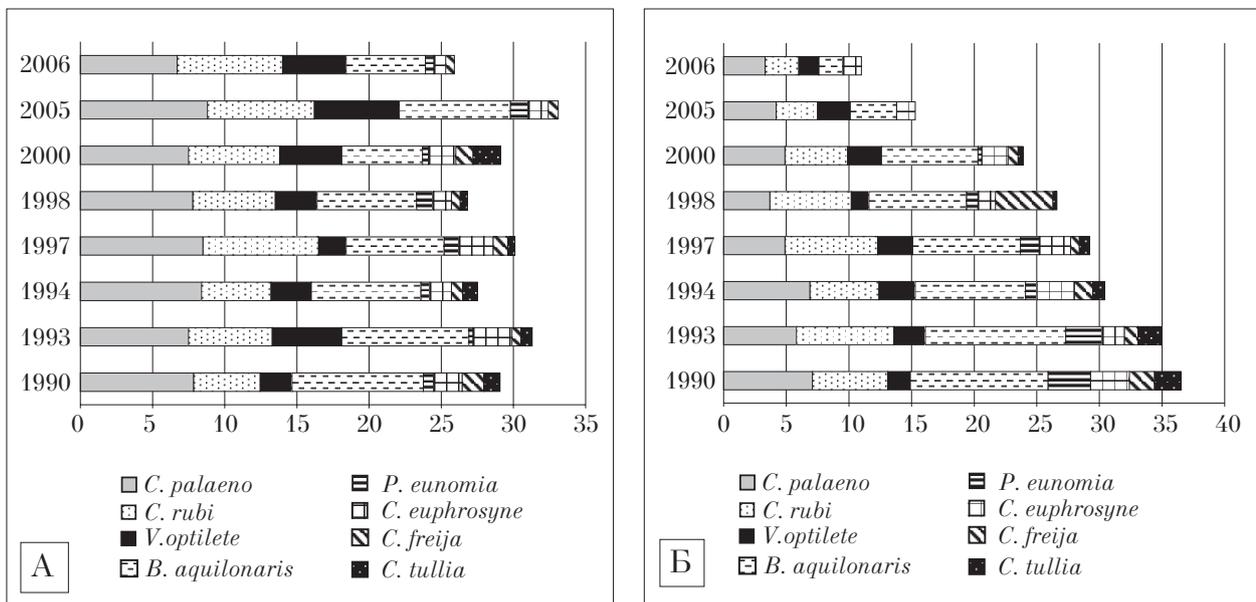
Уровень сходства видового состава дневных бабочек изучаемых болотных участков



**Рис. 1.** Кривые рангового распределения видов булавоусых чешуекрылых на сфагновых болотах в начале и конце наблюдений. А – первый (контрольный) участок; Б – второй участок

в 1990 г. составил 76,4%, а с учётом численности – 82,5%. Значения показателей инвентаризационного разнообразия на обоих болотах оказались сходны и в целом типичны для группировок булавоусых чешуекрылых таёжных болот севера Русской равнины [6, 23]. Кривые «ранг/обилие видов» (рис. 1) более всего соответствовали модели логарифмически нормального распределения [18, 24]. В данном случае это может свидетельствовать о том, что в начале наблюдений население булавоусых чешуекрылых на обоих болотах имело сложившуюся и устойчивую структуру, основу которой составляли специфичные гипоаркто-бореальные и северно-бореальные виды.

В последующие годы структура населения булавоусых чешуекрылых на контрольном участке существенных изменений не претерпела. Специфичные болотные виды по-прежнему составляли его ядро, хотя у отдельных представителей наблюдались колебания численности как в сторону снижения, так и в сторону увеличения (рис. 2, А). Например, заметно возросла плотность голубянок *C. rubi* и *V. optilete*, в то же время у перламутровок она стала ниже, а *C. frigga* и *C. tullia* в последние годы не регистрировались совсем. Но в целом показатели инвентаризационного разнообразия сохранились примерно на том же уровне, что и в начале наблюдений. Распределение



**Рис. 2.** Динамика плотности наиболее характерных видов булавоусых чешуекрылых сфагновых болот. А – первый (контрольный) участок; Б – второй участок.

Примечание: по оси абсцисс обозначена плотность видов, экз./га, по оси ординат – годы наблюдений.

видовых обилий по-прежнему соответствовало логнормальной модели. Уровень сходства видового состава дневных бабочек на данном участке в 1990 г. и 2006 г. составил 86,8%, а с учётом численности – 75,3%.

Совершенно иная картина наблюдалась на втором болоте. За период наблюдений исчезли (скорее всего, вымерли) некоторые болотные виды: *P. eunomia*, *C. freija*, *C. angarensis*. Численность других характерных представителей болота, составлявших в начале наблюдений ядро топической группировки, заметно снизилась (рис. 2, Б). Например, плотность перламутровки *B. aquilonaris*, являвшейся в 1990 г. самым многочисленным видом, стала меньше почти в шесть раз, а у *C. palaeno* и *C. rubi* – почти в три раза. В значительном количестве появились адвентивные виды из антропогенных местообитаний *P. brassicae*, *A. urticae*, *A. levana*, *V. cardui*, по обочинам дорог распространились опушечные и луговые мезофилы *A. artaxerxes*, *P. nicias*, *E. eumedon*, *C. semiargus*, *P. icarus*, *P. amanda* и дендро-тамнофилы *A. crataegi*, *G. rhamnii*, *N. xanthomelas*.

Сходство видового состава булавоусых чешуекрылых на втором болотном участке в 1990 г. и 2006 г. составило 71,2%, с учётом численности – 40,3%, с контрольным участком в 2006 г. оно оказалось на уровне 66,7% и 46,6% для качественных и количественных данных соответственно. Показатели обилия видов на втором болоте заметно выравнивались, так что четко выделить группу доминантов и субдоминантов стало затруднительно. Уровень инвентаризационного разнообразия булавоусых чешуекрылых формально повысился. Кривая «ранг/обилие видов» стала напоминать распределение по модели «разломанного стержня» (рис. 1, Б). Как известно, распределение по такому типу встречается в случаях, когда экологически однородная группа видов делит между собой случайным образом фиксированное количество какого-либо важнейшего ресурса, т. е. гиперпространство ниш поделено на соприкасающиеся, но не перекрывающиеся участки [24]. В рассматриваемом случае это может свидетельствовать о снижении биоценотического значения болотных пациентов и о нарастающем влиянии адвентивных чешуекрылых.

Уменьшение численности постоянных болотных видов на втором участке связано, несомненно, с изменением в составе растительности, нарушением гидрологического режима и в определённой мере с механическим воздействием на субстрат (вытаптыванием) людьми.

Усилению присутствия на болоте адвентивных видов во многом способствовало развитие инфраструктуры дачного посёлка, окружающего болото, с огородами, мозаичными луговыми и рудеральными фитоценозами, зарослями различных кустарников и подростом деревьев. Известно, что в подобных условиях формируются особые комплексы булавоусых чешуекрылых антропогенных местообитаний с высоким уровнем видового богатства [23, 25]. Как правило, в их составе присутствуют эвритопные, экологически пластичные и конкурентно мощные виды, которые в благоприятной обстановке могут оказать значительное влияние на структуру населения дневных чешуекрылых коренных сообществ, а иногда даже выступать в роли виолентов.

Вероятно, определённую роль в изменении структуры населения булавоусых чешуекрылых на втором болоте сыграла и естественная динамика численности некоторых видов в районе исследований. Например, в 2005 – 2006 гг. сеница *C. tullia* исчезла на этом участке, а также контрольном и во многих других местообитаниях. Обилие голубянки *C. argiolus* в локальной фауне, наоборот, заметно выросло, кроме того, в последние годы у неё наблюдалось здесь полноценное второе (позднелетнее) поколение. Появление на болотах махаона (*Papilio machaon*) связано с общим увеличением его численности в таёжной зоне Русской равнины в последние десятилетия. Существует несколько теорий естественной динамики численности [26 – 29], но ни одна из них не даёт ей удовлетворительного объяснения. Связано это, прежде всего, с отсутствием данных о численности большинства видов за достаточно длительный период времени. Тем не менее надо всегда помнить, что это явление имеет место, циклично и может затруднять анализ причин колебания обилия видов в природных сообществах, особенно испытывающих антропогенную нагрузку.

Таким образом, за 16-летний период времени два изначально сходных сообщества булавоусых чешуекрылых сфагновых болот развивались по совершенно разным сценариям. На болоте, располагающемся вне зоны значительного антропогенного влияния, структура населения и уровень видового разнообразия дневных бабочек значительных изменений не претерпели. На втором болотном участке отмечено некоторое повышение инвентаризационного разнообразия видов, но совершенно очевидно, что здесь началась глубокая и уже необратимая трансформация характерной

(устойчивой во времени и пространстве) для сфагновых болот региона структуры населения булавоусых чешуекрылых.

### Заключение

Сфагновые болота являются одним из основных типов местообитаний булавоусых чешуекрылых в таёжной зоне северо-востока Русской равнины. Болотные группировки дневных бабочек имеют характерную, сложившуюся в процессе голоценовых колебаний климата структуру. В ненарушенном состоянии возможны изменения по причине естественной динамики численности видов, но они носят циклический характер и в целом не влияют на её устойчивость.

Значительное воздействие на состав и структуру доминирования булавоусых чешуекрылых оказывает антропогенная трансформация болотных сообществ. Специфичные гипоаркто-бореальные и северо-бореальные виды из-за изменений в растительном покрове, характере увлажнения, в результате вытаптывания болот заметно снижаются в численности, а некоторые вымирают. Одновременно возрастает доля адвентивных видов из антропогенных, луговых и лесных местообитаний. Несмотря на некоторое увеличение показателей инвентаризационного разнообразия, подобную динамику нельзя считать положительной, так как нарушается исторически сложившаяся структура населения, а из-за относительной изолированности болотных группировок дневных бабочек в лесной зоне данные изменения являются необратимыми. Все эти факты заставляют ещё раз обратить пристальное внимание на необходимость комплексной охраны болотных систем, важнейшим компонентом которых являются булавоусые чешуекрылые.

Наконец, проведённые наблюдения за динамикой населения булавоусых чешуекрылых сфагновых болот с разной степенью антропогенной нагрузки вновь подтвердили перспективность использования этих насекомых в качестве репрезентативной модельной группы в комплексной оценке биоразнообразия территорий и экологическом мониторинге наземных экосистем.

### Литература

1. Кузякин А.П. Дневные чешуекрылые как зоогеографический индикатор // Четвёртая межвузовская зоогеограф. конф.: Тез. докл. Одесса. 1966. С. 135-136.

2. Голденков А.А. Изменения в сообществах булавоусых чешуекрылых (*Lepidoptera, Rhopalocera*) Белоруссии при антропогенном воздействии на биотопы // X съезд Всесоюзного энтомол. об-ва.: Матер. докл. Л. 1990. С. 151-152.

3. Плющ И.Г. Вопросы охраны булавоусых чешуекрылых (*Lepidoptera, Rhopalocera*) и их индикационное значение // X съезд Всесоюзного энтомол. об-ва.: Матер. докл. Л. 1990. С. 190-192.

4. Мазин Л.Н. Общие итоги и перспективы исследований населения булавоусых чешуекрылых (*Lepidoptera, Rhopalocera*) природных зон СССР // Систематика животных, практическая зоология и ландшафтная зоогеография. М. 1991. С. 68-78.

5. Клепиков М.А. Булавоусые чешуекрылые (*Lepidoptera, Rhopalocera*) как эталонная группа биологического разнообразия при планировании ООПТ на примере Ярославского Заволжья // Проблемы формирования региональных систем особо охраняемых природных территорий. Ярославль: Изд-во ЯГПУ, 2001. С. 127-133.

6. Татаринов А.Г., Долгин М.М. Видовое разнообразие булавоусых чешуекрылых на Европейском Северо-Востоке России. СПб: Наука, 2001. 244 с.

7. Gall L.F. The effects of capturing and marking on subsequent activity in *Boloria acrocnema* (*Lepidoptera: Nymphalidae*), with a comparison of different numerical models that estimate population size // Biol. Conserv. 1984. V. 28. № 2. P. 139-154.

8. Горбач В.В. Сезонная динамика численности и половой состав популяции перламутровки *Boloria aquilonaris* (*Lepidoptera, Nymphalidae*) // Зоол. журн. 1998. Т. 77. № 5. С. 576-581.

9. Любичев А.А. К методике количественного учёта и районирования насекомых. Фрунзе: Изд-во АН КиргССР, 1958. 167 с.

10. Палий В.Ф. Методика фенологических и фаунистических исследований насекомых. Фрунзе. 1966. 177 с.

11. Палий В.Ф. Методика изучения фауны и фенологии насекомых. Воронеж: Центр.-Черноземн. книжн. изд-во, 1970. 191 с.

12. Yamamoto M. Notes on the methods of belt transect census of butterflies // J. Fac. Sci. Nippon Univ. 1975. Ser. VI. Zool. V. 20. № 1. P. 53-58.

13. Pollard E. A method assessing changes in the abundance of butterflies // Biol. Conserv. 1977. V. 12. № 2. P. 115-134.

14. Песенко Ю.А. Принципы и методы количественного анализа в фаунистических исследованиях. М.: Наука, 1982. 287 с.

15. Малков Ю.П. К методике учёта булавоусых чешуекрылых // Животный мир Алтае-Саянской горной страны. Горно-Алтайск. 1994. С. 33-36.

16. Челинцев Н.Г. Маршрутный визуальный учёт имаго булавоусых чешуекрылых (проект методики) //

Бюл. Моск. об-ва испытателей природы. Отд. биол. 2002. Т. 107. Вып. 4. С. 66-69.

17. Малков П.Ю. Количественный анализ биологических данных. Учебное пособие. Горно-Алтайск: РИА Г.-АГУ, 2005. 76 с.

18. Мэгарран Э. Экологическое разнообразие и его измерение. Пер. с англ. М.: Мир, 1992. 166 с.

19. Лебедева Н.В., Дроздов Н.Н., Кривоуцкий Д.А. Биоразнообразие и методы его оценки. М.: Изд-во МГУ, 1999. 94 с.

20. Baev P.V., Penev L.D. Biodiv-program for calculation biological diversity parameters, similarity, niche overlap and cluster analysis. Version 4.1. Sofia: Pensoft, 1993. 43 p.

21. Раменский Л.Г. Избранные работы. Л.: Наука, 1971. 334 с.

22. Миркин Б.М. Теоретические основы современной фитоценологии. М.: Наука, 1985. 136 с.

23. Болотов И.Н. Влияние антропогенной трансформации ландшафтов на формирование топических группировок булавоусых чешуекрылых (*Lepidoptera*,

*Diurna*) в условиях европейской северной тайги // Вестн. Поморского ун-та. Сер. Естественные и точные науки. 2003. № 2(4). С. 55-66.

24. Джиллер П. Структура сообществ и экологическая ниша. М.: Мир, 1988. 184 с.

25. Болотов И.Н. Результаты мониторинга влияния сведения лесов на фауну и сообщества булавоусых чешуекрылых и шмелей Поморья // Проблемы экологии человека. Архангельск. 2000. С. 28-31.

26. Рубцов И.А. Исторические факторы в динамике численности организмов // Журн. общ. биол. 1947. Т. 8. Вып. 3. С. 121-129.

27. Викторов Г.А. Трофическая и синтетическая теории динамики численности насекомых // Зоол. журн. 1971. Т. 50. Вып. 3. С. 361-372.

28. Максимов А.А. Многолетние колебания численности животных, их причины и прогноз. Новосибирск: Наука, 1984.

29. Максимов А.А., Ермаков Л.Н. Циклические процессы в сообществах животных. Новосибирск: Наука, 1985.

## Философские основания экологической этики и её категориальное определение

© 2009. Т.В. Борисова, д.ф.н., профессор, Е.Ю. Виноградова, аспирант,  
Самарский государственный технический университет,  
e-mail: ekrigina@yandex.ru,

Философское знание, выступая в качестве междисциплинарного основания концепта «экологическая этика», позволяет выделить два классификационных различия: отношение человека к бытию и динамику новых форм деятельности человека; по первому основанию выделяются биоэтика (касающаяся отношений человека с живыми компонентами окружающей среды) и экологическая этика (распространяющаяся на всё природное окружение, в том числе и на бытие неживой природы); по второму – конкретные разделы этики (медицинская, сельскохозяйственная и др.).

The interdisciplinary concept 'ecoethics' is based on the philosophic theory; this theory offers the following classification: the man's attitude to existence and the dynamics of the new forms of human activity. The former class is divided into bioethics, i.e. (the relations of man and other living beings) and ecoethics that spreads to the environment on the whole, including abiocoen. The latter class is represented by some definite branches of ethics (medical, agricultural, etc.).

Ключевые слова: экологическая этика, биоэтика, классификация, категория, философия

В структуре современного экологического знания существует некоторая «категориальная размытость» определения экологической этики. Например, наряду с понятием «экологическая этика» существует понятие «биоэтика». В некоторых случаях их трактуют как синонимы. Практически сложилось так, что под биоэтикой подразумевают чаще всего биомедицинскую этику. Такой позиции придерживается Комиссия ЮНЕСКО по этике научного знания и технике (КОМЭНТ) [1]. Категориальная размытость понятия «экологическая этика» связана с проблемой выбора оснований любой классификации в научном познании. Известно, что выбор «строгих» оснований классификации является методологическим каркасом для построения нужной концептуальной теории. На сегодняшний день в структуре научного познания существуют два вида классификации: «естественная классификация», которая фиксирует закономерные связи, и классификация социальных объектов, в рамках которой выявляется соответствие между эмпирически наблюдаемыми объектами и их социокультурными смыслами-символами. Экология – система научного знания, которое описывает связи-взаимодействия живых организмов, поэтому она работает в системе естественной классификации. Экологическая этика, как вид научного знания, структурирована в систему классификации

социальных объектов. В результате мы сталкиваемся с труднейшей эпистемологической задачей – поиском междисциплинарных оснований для классификационного определения экологической этики.

В качестве такого междисциплинарного основания может выступить философское знание, функция которого направлена на поиски и обнаружение единого в разнообразном. Эта функция философии поможет вычленить теоретико-логические параметры категориального определения экологической этики. Вычленение этих параметров, на наш взгляд, тематизирует два «эпистемологических сюжета». Первый «сюжет» связан с определением общего философского основания экологической этики, второй выясняет родовое соотношение экологической этики с другими видами знания экологической направленности.

Философским стержнем междисциплинарного основания классификационного определения экологической этики, на наш взгляд, выступает метафизическое отношение человека к миру, бытие человека в этом мире. На трансцендентальном уровне это отношение есть способ витальной адаптации человека к миру, посредством выстраивания отношений с природой и через неё с самим собой. В философском плане биоэтика и экологическая этика определяют основы этих отношений.

В отечественной философии понятие «биоэтика» достаточно разработано. Биологическая этика формировалась как поиск ответов на сложнейшие моральные и антропологические проблемы, порождаемые развитием биомедицинских технологий [2]. «Популярный словарь по экологической этике» [3] даёт следующее определение биоэтики: 1) Направление, возникшее на стыке экологической, медицинской и сельскохозяйственной этики, рассматривающее моральные вопросы абортов, клонирования, трансплантации, генной инженерии, биотехнологии и генетически модифицированных продуктов; она основана на гуманизме и занимается спасением ценностей жизни человека; 2) наука, изучающая человеческое поведение в биолого-медицинской отрасли, а также в охране здоровья касательно его соответствия моральным ценностям; 3) этика выживания человечества; термин введён в 1971 г. американским онкологом Ренсселером Поттером. Лишь в последней трактовке биоэтика может перекликаться с этикой экологической.

Очень коротко суть экологической этики можно определить следующим образом: распространение норм морали с отношений человека к человеку и человека к обществу на отношение человека к окружающей его природе.

Экологическая этика, или энвайронментальная (от англ. environment – окружающая среда), определяется там же [3, с. 87] как учение о должном в отношениях человека с природой, основанное на восприятии природы как субъекта, признании её морального статуса, высоком оценивании внутренней ценности природы, уважении прав природы и ограничении прав человека. Главным направлением в экологической этике является экобиоцентризм, нацеливающий людей на сохранение как можно большего количества видов живых существ и участков природы в безотносительной пользе от этого человеку или даже во вред ему. Согласно биоцентризму экологические проблемы не могут быть разрешены без фундаментальных изменений в существующих ценностях общественной и политической жизни.

Приставка «био-» в «биоэтике» появилась прежде всего потому, что биоэтика охватывает изыскания, связанные с человеком как биологическим существом. Понятие «экологическая этика» означает распространение этики на сферу экологических отношений, фиксирует специфику бытийного отношения человека

через природу к самому себе. Во избежание путаницы, мы считаем целесообразным придерживаться именно такого понимания [4], хотя термин биоэтика продолжают отождествлять с понятием экоэтика. Так, учебник Т.Н. Павловой [5], излагающий основные положения экологической этики, носит название «Биоэтика в высшей школе».

Динамизм и усложнение бытия человека проявляются в формировании новых видов и форм жизнедеятельности, в рамках которой возникают разнообразные ценностные ориентации, регулирующие поведение человека в конкретных ситуациях. Это разнообразие позволяет вычленивать статус родовых различий в классификационном соотношении экологической этики с другими видами этики.

Выделяют этику науки, корпоративную, медицинскую, сельскохозяйственную этику и др. Экологическую этику часто отождествляют с прикладной направленностью этического знания. На наш взгляд, это не оправдано. Развитие экологической этики как научного знания базировалось на философских основаниях, в её структуре всегда присутствовали идеи бережного, уважительного отношения к другим живым существам. Мифологическое сознание, одушевлявшее весь окружающий мир, не проводившее чёткой грани между человеком и природой, было стихийно экологичным. С развитием человечества эти идеи, в том или ином виде, присутствовали в разных формах философских и религиозных учений. Восточные религии более экологичны, трактуют человека в единстве с природой. В традиции западных монотеистических религий принято рассматривать живые существа как творения бога, по этой причине заслуживающие уважения и сострадания, а человека как «пастыря», призванного заботиться о них. Однако идеи гуманизма, возвеличивания человека и в особенности получивший распространение в XVII веке механицизм способствовали утверждению антропоцентризма.

В современной экологической этике философские основания наиболее ярко актуализировались в теориях американского эколога Олдо Леопольда и немецкого философа Альберта Швейцера.

О. Леопольд первым обосновал необходимость создания этики, регулирующей взаимоотношения человека с землёй, животными и растениями, обитающими на ней, выделил пространственно-временные характеристики бытия живых систем. Именно такая этика, по его убеждению, должна стать руководством

в новых, сложных, не понятных ещё для общества экологических ситуациях [6]. Он назвал её «этикой земли», причём основное внимание уделял не конкретным организмам, а живым системам.

А. Швейцер создал своё этическое учение, назвав его этикой благоговения перед жизнью. В основе, по его мнению, должно лежать глубинное нравственное чувство, основанное на ответственности за всё живое, на уважении к жизни в любой форме. Принцип благоговения перед жизнью применим как к отношениям между людьми, так и к отношениям человека с другими живыми существами. Заслуга Швейцера состоит в том, что он распространил свою этику на всё живое (не рассматривая, однако, экологические системы). При этом он не отрицал возможности уничтожения одних существ другими, но лишь в том случае, когда это необходимо. Решение о «необходимой необходимости» совершения зла человек должен принимать осознанно в каждом конкретном случае [7].

В последующие годы различные варианты и направления экологической этики разрабатывались в Западной Европе и США. С 1998 г. существует Международный союз экоэтики, объединяющий активистов из 23 стран.

Угроза современного экологического кризиса подтолкнула развитие идей экологической этики. Новое мировоззрение человечества должно быть сформулировано с учётом того обстоятельства, что один вид живого принимает на себя всю ответственность за соблюдение «правил безопасности» на планете [8].

Появились такие направления в философии, как экософия – философия этической гармонии или экологического равновесия (термин предложен норвежцем Арне Нейсом, основателем «глубинной экологии»); негуманизм, переносящий особую значимость с человека на другие виды живой природы (термин предложен американским поэтом Робинсоном Джеффером); экологическая (зелёная) философия, основывающаяся на положении о том, что вся жизнь и все живые существа обладают внутренней ценностью и правами, что всё в природе взаимосвязано, что человечество должно жить в пределах законов природы.

В настоящее время выделяют несколько направлений этики, связанной с отношениями человека и окружающей его среды.

Этика дикой природы (радикальное направление экологической этики, ориенти-

рованное на уважение прав дикой природы и почитание её как священного пространства); этика земли (переносит фокус моральной заботы с живых существ на биосообщества); этика экологической добродетели (постулирует, что природу нужно защищать, чтобы расширить человеческие возможности и помочь людям стать лучше); этика эмпатии к природе (основана на сочувствии, сопереживании к другим формам жизни, термин предложен московским экофилософом А.Н. Тетиором); геоэтика (этическое отношение к неживой природе, термин введён в 1990-х гг. чешскими геологами В. и Л. Немецами) считаются направлениями экологической этики [3, с. 16, 87 – 88].

Отдельно стоят этика благоговения перед жизнью (по А. Швейцеру, распространяющаяся и на отношения в обществе) и Живая этика (Агни-Йога, разработанная Е.И. и Н.К. Рерихами, целью которой является сохранение и восстановление природы земли и пробуждение духовности в землянах).

Составляющими экологической этики можно считать движение в защиту животных, движение в защиту прав животных, проблемы этического отношения к растениям, сохранение участков Дикой Природы [9].

Теоретическими исследованиями в этой области широко занимаются экофилософы Запада. (Хотя в среде отечественных философов не все принимают этот термин).

Разработан аксиологический аспект, который подчеркивает философские основания экологической этики. В объектах и явлениях природы выделяют внутреннюю ценность (для себя) и внешнюю (для других). Внешняя ценность может быть материальной и нематериальной, причём приоритет отдаётся последней. Внутренняя ценность, определяемая самим существованием, у всех существ и живых систем одинакова, отсюда вытекают и одинаковые их права [10].

Разработано положение о моральных партнёрах и моральных агентах. Последние, обладая способностью сознавать этичность своих поступков, несут ответственность за права моральных партнёров.

В рамках философского знания переосмысливается содержание «гуманизма», который трактуется как «отношение к другим существам так же, как к человеку».

Проблемы экологической этики всё чаще оказываются в центре внимания философов. Так, в 1998 г. в Воронеже прошла конференция «Экология и нравственность», её вывод:

«XXI век должен стать веком нового – нравственного отношения к живой и неживой природе» [11].

Проблемы экологической этики обсуждались на прошедшем в августе 2008 г. в Сеуле XXII Всемирном философском конгрессе. Правда, здесь чаще использовали термин «биоэтика». Обсуждение было продолжено в Улан-Удэ на Международном Байкальском философском форуме на тему «Этика будущего: аксиология устойчивого развития», в котором приняли участие более 100 зарубежных и российских учёных [12].

В итоге возникает необходимость провести классификационное различие между понятиями «биоэтика» и «экологическая этика». В русле сказанного эти понятия выводятся, на наш взгляд, из общего философского основания – отношения к бытию [13]. В рамках общего основания считаем необходимым развести эти понятия, не отрицая их общую философскую основу. Биоэтика фиксирует внимание на отношениях человека как биосоциального существа с живыми компонентами окружающей среды. Экологическая этика распространяет концептуальную сферу на всё природное окружение, в том числе и на бытие неживой природы.

Обобщая изложенное, сделаем выводы: 1) классификационный концепт «экологическая этика» направлен на выявление междисциплинарного основания, которое бы объединило эпистемологические усилия естественной классификации и классификации социальных объектов; 2) в качестве междисциплинарного основания выступает философское знание, которое позволяет выделить два классификационных различия: отношение человека к бытию и динамику новых форм деятельности человека; 3) по первому основанию выделяются биоэтика

и экологическая этика, по второму основанию – конкретные разделы этики (медицинская, сельскохозяйственная и др.).

### Литература

1. Апресян Р.Г., Шамов И.А. Совецание ЮНЕСКО по проблемам преподавания этики и биоэтики // Вопросы философии. 2005. № 7. С. 159-163.
2. Киященко Л.П. Опыт философии трансдисциплинарности (казус «биоэтика») // Вопросы философии. 2005. № 8. С. 105-117.
3. Борейко В.Е. Популярный словарь по экологической этике. Киев: Эколога-культурный центр, 2003. 96 с.
4. Ригина Е.Ю. (Виноградова). Экологическая этика как категорический императив 21-го века // Творчество, культура, наука. Сб. научн. трудов. Самара: Гос. техн. унив., 2008. С. 99-105.
5. Павлова Т.Н. Биоэтика в высшей школе. М., 1997. 148 с.
6. Леопольд О. Календарь песчаного графства. М.: Мир, 1980. 216 с.
7. Швейцер А. Благоговение перед жизнью. М.: Прогресс, 1992. 576 с.
8. Колосова О.Ю. Экологический императив как социокультурное явление // Гуманитарные и социально-экономические науки. 2008. № 2. С. 39-43.
9. Борейко В.Е. Краткий курс экологической этики. Киев: Эколога-культурный центр, 2004. 70 с.
10. Кэликотт Б. Природоохранные ценности и этика // Гуманитарный экологический журнал. 1999. № 1(2). С. 40-67.
11. Фетисов В.П., Варава В.В. Этика и русская философия // Вопросы философии. 2007. № 8. С. 166-171.
12. Улан-Удэ как философская столица мира // Номер один. Улан-Удэ. 20 августа 2008. Интернет-версия.
13. Борисова Т.В. Специфика и онтологический статус предпринимательской деятельности // В кн.: Борисова Т.В. Философский анализ предпринимательской деятельности. Самара: Изд-во СНИЦ РАН, 2003. С. 88-115.

## Современное состояние и перспективы экологического взаимодействия приграничных регионов: Смоленская и Витебская области

© 2009. О.Б. Шумская, научный сотрудник,  
Институт географии РАН,  
e-mail: khorkina@mail.ru

В статье освещены проблемы трансграничного экологического сотрудничества двух приграничных регионов России и Беларуси – Смоленской и Витебской областей, проанализирована возможность взаимодействия по следующим проблемным направлениям: трансграничный перенос загрязняющих веществ, загрязнение трансграничных рек – Днепра и Западной Двины и создание трансграничного экологического каркаса с целью сохранения биоразнообразия.

The article concerns the problems of cross-border cooperation in the environmental field. The geographical scope focuses on the two regions of Russia and Belarus, Smolensk region and Vitebsk region. The following issues are analyzed: transboundary air and water pollution (of the international rivers – the Dnieper and the Zapadnaya Dvina) and organization of transboundary ecological network aiming at preserving biodiversity.

**Ключевые слова:** международная трансграничная территория, экологическое загрязнение, трансграничные водотоки, мониторинг, трансграничный перенос, экологический каркас территории, особо-охраняемые природные территории (ООПТ)

На протяжении XX века государственные границы претерпели значительные и многократные изменения. Одним из ключевых событий стал распад СССР и появление десятков тысяч километров новых границ. В результате дезинтеграции Советского Союза возникли 24 новые границы общей протяжённостью более 24 тыс. километров, что составляет около 57% от общей длины всех границ постсоветских государств. Большая их часть приходится на рубежи России (более 11 тыс. километров, т. е. около 56% длины российских границ) [1].

В исключительных условиях, когда 49 из 89 регионов России имеют статус приграничных, изучение пограничных регионов приобретает особую актуальность. Близость к государственной границе стала одним из ключевых факторов регионального развития приграничной территории России, обеспечив наряду с новыми предпосылками возникновение новых проблем. Изменение геополитического положения многих регионов, бывших до этого внутренними территориями (Псковская, Смоленская области и др.) объясняет возросший в последние десятилетия интерес к изучению границ и развитию территорий, находящихся в непосредственной близости от государственной границы [2 – 5].

В данном контексте особенно выделяется западное пограничье России,

составляющее вкупе с областями республики Беларусь буферную зону между пространством СНГ и Западной Европой. Для этой территории характерно особое значение трансграничных процессов, как социально-экономических, так и экологических. В первом случае важную роль в формировании территориальной структуры приграничных регионов играют транзитные потоки товаров и населения, во втором – перенос загрязняющих веществ, которые аккумулируются, главным образом, в пределах приграничных территорий.

Для регионов российско-белорусского пограничья характерны комплексные взаимосвязи, затрагивающие многие сферы деятельности. Данной территории свойственны комплементарность экономических систем и социально-культурная общность. Основные экологические проблемы пограничных регионов также имеют много общего, равно как причины их возникновения и пути решения. Это позволяет говорить о наличии в пределах российско-белорусского пограничья особого трансграничного района.

В отечественной литературе не существует общепринятого определения трансграничного района, разнятся также подходы и принципы, применяемые в процессе их выделения. Изучение трансграничных систем в географии идёт по двум основным направлени-

ям – экономико-географическому и физико-географическому (экологическому) [2, 5].

Международная трансграничная территория – это, как правило, комплексная географическая структура, сочетающая в себе определённые природные ресурсы, объекты инфраструктуры, расселения населения, а также его хозяйственную деятельность в границах крупной геосистемы. Понятие «трансграничный район» во многом отражает ситуацию с границами соединяющего типа, что характерно для анализируемой в статье российско-белорусской границы.

В работе рассмотрены Смоленская и Витебская области – два звена нового российско-белорусского пограничья. Целью работы является оценка предпосылок сотрудничества в сфере охраны окружающей среды на региональном уровне с более детальным рассмотрением следующих аспектов возможного взаимодействия:

- 1) изучение экологической ситуации в бассейнах трансграничных рек – Днепра и Западной Двины, оценка совместных действий по охране их бассейнов;
- 2) оценка роли трансграничного переноса загрязняющих веществ в воздушном пространстве Смоленской и Витебской областей;
- 3) анализ региональных сетей ООПТ и возможности создания трансграничных особо охраняемых природных территорий (ООПТ).

Особенностью участка границы между Смоленской и Витебской областями, протяжённость которого составляет 24,4% (234 км) общей границы между Россией и Беларусью (959 км) [6], является его географическое положение. С одной стороны, государственную границу пересекают две крупные реки – Днепр и Западная Двина, с другой – крупнейшие транспортные коммуникации и газопроводы, включая международный транспортный коридор. Особенности экономико-географического положения обусловлен и сравнительно высокий уровень антропогенной освоенности.

Рассмотренные ниже факторы позволяют рассматривать Смоленскую и Витебскую области как единую трансграничную территорию. Условием для её выделения, по мнению П.Я. Бакланова и С.С. Ганзея, является обеспечение единства, неразрывности географической среды, которое складывается из следующих компонентов. Во-первых, для данных регионов свойственны *однотипные*

*природные комплексы*, наблюдается единство компонентов, составляющих физико-географическое описание территории.

- В почвенном покрове как Смоленской, так и Витебской областей преобладают дерново-подзолистые.

- Для территории характерны сходные геоморфологические структуры, представляющие собой пологоволнистую ледниково-аккумулятивную равнину, сложенную системой гряд и холмов.

- Видовой состав растительного и животного мира, соотношение типов растительности регионов также обладают значительными чертами сходства. Степень лесистости Витебской области и видовой состав сходны со Смоленской. В первой показатель составляет 39,5%, во второй – доля территории, покрытой лесом, несколько выше и составляет 43%. В лесах Смоленщины хвойные леса составляют лишь 38% со значительным перевесом еловых (27%), против 58,5% в соседней области с преобладанием сосновых – 31,7%; доля еловых – 16,8%. Луга составляют 16,04% земельного фонда Витебской области, 20% – Смоленской [7,8].

Во-вторых, расположение на трансграничной территории *единых звеньев хозяйственной системы* характеризует устойчивую взаимосвязь трансграничных форм экономической деятельности. Так, железные и автомобильные дороги, трубопроводы представляют собой части единой транспортной системы, включая наиболее важную ее составляющую – магистраль Москва – Минск – Брест. Пересекая территорию обоих регионов, она в значительной мере определяет территориальную структуру областей и является важнейшим фактором её эволюции.

Сельское хозяйство приграничных районов Витебской и Могилевской областей является одним из поставщиков сырья для пищевой (молочной, молококонсервной) промышленности Смоленщины. Для граждан Беларуси привлекателен рынок труда Смоленской области. С одной стороны, выделяется межрайонный поток рабочей силы, ориентированный на предприятия, расположенные в приграничных районах Смоленской области. С другой – транзитный поток с последующей миграцией в столичный регион. Наличие сходных элементов природной и хозяйственной составляющих, свойственных Смоленской и Витебской областям, позволяет говорить о наличии предпосылок для приграничного сотрудничества между регионами в области охраны окружающей среды.

*Особенности российско-белорусской границы.* Морфология границы, отсутствие природных препятствий усиливает её контактную функцию. Северная часть смоленского участка российско-белорусской границы слабо выражена на местности, проходит по лесистому, озёрному краю, пересекает множество мелких лесных озёр, иногда следует течению небольших речек. Южная – почти не выражена, имеет речные участки небольшой протяжённости [9]. Политическая конъюнктура благоприятна для регионального взаимодействия. Процесс реинтеграции в рамках СНГ принял разносторонний и разноуровневый характер [10]. После распада СССР вектор взаимоотношений России и Беларуси не приобрёл характер центробежного, что произошло со многими бывшими союзными республиками. На постсоветском пространстве это единственный пример столь глубокого межгосударственного взаимодействия. Уже в 1992 г. было подписано Соглашение о свободной торговле. В декабре 1999 г. интеграционные процессы получили своё выражение в Договоре о создании Союзного государства.

На региональном уровне руководство Смоленской области подписало соглашения о сотрудничестве с шестью областями Республики Беларусь, в том числе с Витебской. Области сотрудничества, помимо экономического и культурного обмена, включают в себя совместные действия в области охраны окружающей среды. Аналогичные соглашения подписаны между областными центрами и приграничными районами Смоленской и Витебской областей. Как следствие, контактная функция границы на российско-белорусском участке значительно преобладает над проявлениями барьерности, способствуя взаимодействию на основных территориальных уровнях – межгосударственном, областном, районном и городском.

После распада СССР прошло немногим более десятилетия, поэтому российско-белорусская граница не сложилась в представлениях населения как государственная, разделяющая два суверенных образования. Благодаря интеграционным стремлениям России и Беларуси, она не приобрела барьерных функций, существуя формально и в настоящее время. В силу указанных особенностей сотрудничество именно на российско-белорусской границе представляется наиболее вероятным и перспективным.

*Схожие стартовые условия регионов, определяющие особенности экологической си-*

*туации.* Экономико-географическое положение областей схоже в своей уникальности. Обе области граничат с соседним государством, имея в то же время внутрисоюзную границу со столичным регионом (Московской и Минской областями). Смоленская и Витебская области занимают сопоставимые между собой территории с приблизительно равным количеством населения, проживающих на них. Площадь Смоленской области составляет 49,8 тыс. кв. км, Витебской – 40,1 тыс. кв. км. Количество жителей в указанных регионах равно 1019 и 1377,3 тыс. чел. соответственно, тогда как население областных административных центров – Смоленска и Витебска – насчитывает 319,3 и 344,1 тыс. жителей [11,12].

Региональные системы расселения как в Смоленской, так и в Витебской области приурочены к единому транспортному каркасу. Крупнейшие населённые пункты обеих областей, в том числе их областные центры, сосредоточены вдоль главных магистралей. Эти города (Рославль, Вязьма, Ярцево с российской стороны, Орша, Полоцк – с белорусской) развиваются более успешно. Функционирование транспортных осей – основной фактор, влияющий на их современную специализацию.

*Демографический кризис* – черта, характерная как для Витебской, так и для Смоленской областей. С 1990-го по 2004 г. естественная убыль в Смоленской области увеличилась с –1,4 до –12,5% [12], причём наиболее ярко данный тренд проявился в аграрных районах российско-белорусского пограничья. Сокращение населения отрицательно сказывается на индексе развития человеческого потенциала, однако приводит к снижению антропогенного воздействия на территорию и улучшению экологической ситуации. Демографический кризис в приграничной зоне обеих областей в совокупности с описанным далее экономическим спадом создаёт благоприятные условия для проведения совместных природоохранных мер.

Социально-экономический кризис проявляется и в сокращении площади обрабатываемых земель и количества используемых удобрений, что благоприятно с точки зрения состояния окружающей среды. В Смоленской области площадь обрабатываемых земель в период с 1990-го по 2001 г. сократилась с 3,846 тыс. га до 3,315 тыс. га. В Витебской области количество удобрений, вносимых в почву, снизилось в 10 раз по сравнению

с аналогичным показателем 1990 года [7]. Наличие значительного количества существующих природных комплексов, неизменных или слабо изменённых даёт возможность резервировать территории для их последующего перевода в категорию земель ООПТ.

Схожие стартовые условия и черты экономико-географического положения (ЭГП) Смоленской и Витебской областей, наличие звеньев единой транспортной системы обуславливают сопоставимый уровень антропогенной нагрузки. Это объясняет сходные экологические проблемы, характерные для регионов, их территориальное распределение, концентрация вдоль линий социально-экономического каркаса областей, основных путей коммуникации и системы расселения. Такое положение способствует обмену опытом, проведению совместных природоохранных мероприятий, актуальных для обеих областей. Подобные условия особенно благоприятны для формирования экологических каркасов областей, их объединения в единый трансграничный экологический каркас и создания трансграничных ООПТ.

Каковы же наиболее вероятные направления взаимодействия Смоленской и Витебской областей в области охраны окружающей среды?

1. *Трансграничные водотоки.* Экологическая обстановка в приграничных районах одной страны зависит от форм и уровня хозяйственной деятельности в приграничных районах другой [5], поэтому существование трансграничных рек является важной предпосылкой в проведении согласованной природоохранной политики. Трансграничные реки образуют зоны совместных интересов. Проблемы сохранения и улучшения качества воды в реках определяют предпосылки сотрудничества. «Потребителем» в данном случае является белорусская сторона, это обусловлено водораздельным положением Смоленской области. Её территория принадлежит трём бассейнам – Балтийского, Каспийского и Чёрного морей. Истоки и верхние течения многих рек находятся в пределах области, гидрологического загрязнения извне не происходит, что создаёт возможности для сохранения чистоты рек.

Две крупные реки – Днепр и Западная Двина – пересекают российско-белорусскую границу. Решением Совета Европы (95/308/ЕС) они были включены в список десяти крупнейших трансграничных рек Европы. К бассейну Днепра относится более полови-

ны (57%) территории Смоленской области, где он и берёт начало, тогда как в Витебской области водосбор реки составляет лишь 17% территории. Бассейн Западной Двины охватывает около 80% площади Витебской области. На Смоленщине река протекает по крайнему северо-западу (Велижский район) и занимает лишь 16,6% территории, являясь наиболее полноводной рекой области [7, 8]. Всего на территории Смоленской области насчитывается 1149 рек, из которых 68 являются пограничными и трансграничными. В соседней Витебской области такой статус имеют 8 из 15 крупнейших рек области. По данным мониторинга 2003 г., реки Днепр и Западная Двина в пределах Смоленской области характеризуются как умеренно-загрязнённые. Максимальные показатели загрязнения наблюдаются в реках, принадлежащих бассейну Днепра [12,13]. По данным материалов гидрохимических наблюдений, к ним отнесены следующие водотоки:

- р. Вязьма – превышение ПДК по 14 ингредиентам;
- р. Улица (приток р. Вязьмы). Концентрации вредных загрязняющих веществ превышают ПДК по 10 ингредиентам: азота аммония – 1,8 – 50,0; меди – 49,0; марганца – 13,3; БПК<sub>5</sub> – 1,75 – 8,5; фосфора фосфатов – 2,8 – 6,5; цинка – 4,4; нефтепродуктов – в 4,0-4,2 раза.
- р. Вопец (ниже г. Сафоново). Из общего числа показателей (36) концентрации вредных загрязняющих веществ превышают ПДК по 11 ингредиентам, в том числе азот аммония – 24; фосфаты и марганец – 9,0; медь – 5,0; БПК<sub>5</sub> – 3,7 ПДК.

Загрязнение рек Улица, Вязьма, Вопец и других притоков негативно сказывается на гидрохимическом режиме р. Днепр. В последние годы уровень загрязнения Днепра не снизился, однако река не потеряла самоочищающей способности. Одной из причин загрязнения является сброс неочищенных сточных вод. Из 22,7 км<sup>3</sup> сточных вод, сбрасываемых ежегодно в поверхностные водоёмы России, полной очистке подвергается только 2,4 км<sup>3</sup> (11%), не снижается число аварийных «залповых» сбросов неочищенных сточных вод. Проблема касается и трансграничных рек. Например, в р. Днепр в 2000 г. сброшено 816,6 млн. м<sup>3</sup> сточных вод, из них без очистки – 485,8 млн. м<sup>3</sup> [14]. В пределах Смоленской области доля загрязнённых сточных вод, сброшенных в р. Днепр, также весьма существенна и имеет тенден-

Таблица 1

Динамика сброса сточных вод в поверхностные водные объекты бассейна р. Днепр [12].

	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2003
Всего, млн. м <sup>3</sup>	201,2	176,92	172,68	155,09	141,5	137,1	136,4	121,9	116,4
Нормативно очищенные стоки, млн. м <sup>3</sup>	0,13	0,06	0,06	0,06	0,06	–	–	–	–
Нормативно-чистые без очистки, млн. м <sup>3</sup>	79,66	54,90	59,76	46,62	38,27	30,4	31,7	26,9	29,79
Загрязненные: Без очистки, млн. м <sup>3</sup>	2,38	7,87	10,65	5,91	3,6	5,4	6,5	5,7	4,76
Недостаточно очищенные, млн. м <sup>3</sup>	119,01	114,09	102,21	102,49	99,58	101,3	98,1	89,3	81,85

Таблица 2

Динамика сброса сточных вод в поверхностные водные объекты бассейна р. Западная Двина [12].

	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2003
Всего, млн. м <sup>3</sup>	2,0	0,45	1,26	1,15	1,44	1,39	1,4	1,5	5,03
Нормативно очищенные стоки млн. м <sup>3</sup>	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Нормативно чистые без очистки, млн. м <sup>3</sup>	–	–	–	–	–	–	–	–	3,44
Загрязненные: Без очистки млн. м <sup>3</sup>	0,04	0,05	0,04	0,04	0,04	0,04	0,05	0,02	0,01
Недостаточно очищенные, млн. м <sup>3</sup>	1,95	0,41	1,71	1,10	1,4	1,35	1,35	1,5	1,58

цию к росту: от 68,94% в 1995 г., до 78,69% в 2000 г. В 1995 – 98 гг. нормативно очищенные воды составляли в среднем 0,04% от суммарного сброса. В 1999 – 2001 гг. таковые отсутствовали вовсе (табл. 1, 2).

На качество воды в р. Западная Двина хозяйственная деятельность в Смоленской области не оказывает существенного влияния. Это связано, во-первых, с малым охватом территории речного бассейна в пределах региона. Во-вторых, протекая по крайнему северо-западу области, Западная Двина не пересекает крупнейшие промышленные узлы области и густонаселённые территории. Однако, в общем объёме сточных вод нормативно очищенные не представлены. Всю сумму составляют загрязнённые стоки – без очистки или недостаточно очищенные.

Инвентаризация состояния очистных сооружений Смоленской области показала, что 90% не обеспечивают необходимый уровень очистки. Причиной этого стало ухудшение условий эксплуатации и выход из строя значительной части сельских очистных сооружений при увеличении объёма сброса в сточные воды фосфора, нитратов, жиров. В связи с хронической недостаточностью финансирования заморожено строительство очистных сооружений

в п. Шумячи, п. Монастырщина, расширение и реконструкция очистных сооружений городов Смоленска, Велижа, Сафоново, Вязьмы, п. Красный. Перечисленные населенные пункты либо являются административными центрами приграничных районов, либо расположены в бассейнах Днепра и Западной Двины, что может оказать неблагоприятное влияние на экологическую обстановку в Витебской области.

Есть и положительные тенденции, которые представляют собой финансовые инициативы международных организаций в отношении Днепра и Западной Двины. Комплексное решение проблем бассейнов этих рек включает все аспекты поддержания устойчивости геосистем. Большей разработанностью в этом отношении выделяются крупные международные проекты по р. Днепр. Первый из них – грант ПРООН/ГЭФ на сумму 7 млн. долл., выделенный на реализацию проекта «Подготовка стратегической программы действий для бассейна реки Днепр и разработка её реализации (СПД)» (2001 – 2003 гг.). Работа по программе в России выполняется Комитетом по управлению Программой «Развитие экологического управления бассейном реки Днепр в России» [13]. Второй – программа

ПРООН – ГЭФ «Возрождение Днепра», в рамках которой устанавливаются контакты Смоленской области с Украиной, Беларусью. В г. Смоленске создан Региональный тематический центр «Биоразнообразие». Под его руководством ведётся ряд совместных международных проектов, таких как: «Проведение оценки заповедных зон и «проблемных» экосистем», «Создание особо охраняемой природной территории «Исток Днепра», «Разработка концепции экологических коридоров в трансграничных участках бассейна реки Днепр» [12]. Среди единичных проектов по Западной Двине выделяются правительственные инициативы, представляющие собой трёхсторонние российско-белорусско-латвийские и российско-белорусско-литовские соглашения о сотрудничестве в области использования и охраны водных ресурсов бассейна.

В целом проекты по поддержанию экологической целостности бассейнов Днепра и Западной Двины немногочисленны и малоэффективны. Государственные экологические структуры не заинтересованы в развитии практических механизмов взаимодействия, в методичной и последовательной реализации соглашений. Разработка согласованных мероприятий по поэтапному устранению источников загрязнения или снижению их влияния представляется необходимой мерой, равно как обмен экологической информацией и использование согласованных нормативов, стандартов, критериев и целевых экологических показателей. Для эффективной реализации международных проектов по Днепру и Западной Двине необходима активизация мер, предпринимаемых в рамках соответствующих грантов и правительственных соглашений. Хорошим вариантом могли бы стать межгосударственные комиссии по разработке согласованной политики управления трансграничными реками, удачный опыт создания которых уже существует в Европе. Наиболее известный пример – Дунайская комиссия (1954) и организация Центров по чрезвычайным ситуациям в каждой из стран бассейна. Этому способствовало длительное историческое развитие процесса и значительное финансирование программы (на 2001 – 2005 гг. оно составило 4,4 млрд. евро).

Однако и в отношении крупнейших рек Западной Европы возникают противоречия между странами, находящимися в верхнем течении реки, и теми, территории которых располагаются в нижнем их течении. Кроме того, разные экологические подходы и планы по

использованию земель бассейнов усложняют проблемы разработки согласованной политики управления трансграничной рекой [5].

2. *Трансграничный перенос загрязняющих веществ*: сама проблема возникает из факта существования государственной границы. Характерная черта экологического положения России – её близость ко всем крупнейшим на Земле ареалам экономической деятельности, в т. ч. западно-европейскому очагу концентрации производственного потенциала. На европейской территории России (ЕТР) «импорт» загрязняющих веществ значительно превышает их «экспорт» [15]. Трансграничное загрязнение ЕТР и особенно ее центрального региона окисленной серой и окисленным азотом достигает двух третей общего выпадения этих примесей, а восстановленным азотом почти половины [12]. Доля трансграничных поступлений ртути на ЕТР составила 86,5% (23,3 т) от общей массы (26,9 т). Из суммарных выпадений свинца (3195 т) 54,2% (1731 т) приходится на трансграничную составляющую, по кадмию аналогичный показатель составляет 65,6%.

Трансграничный перенос осуществляется из стран ближнего и дальнего зарубежья, в том числе Белоруссии, которая по своей негативной роли находится на пятом месте среди основных загрязнителей Русской равнины (после Украины, Германии, Польши и Великобритании). Заметна концентрация у границ России источников загрязнения атмосферы (Новолукомльская ТЭЦ мощностью 2400 МВт) [15]. Трансграничный перенос воздуха оказывает большое влияние на экологическую обстановку территории Смоленской области, поскольку способствует импорту загрязнений. В целом за год на большей части области преобладает ветер северо-западного, западного и юго-западного направлений [16]. С учётом преобладающих западных ветров потенциально опасными для Смоленской области являются промышленные предприятия пограничных областей Беларуси (РБ) – Витебской и Могилевской. Стоит отметить, что по объёму загрязняющих веществ, поступающих в атмосферу, Витебская область занимает второе место в РБ после Минской, также расположенной на пути западного переноса воздушных масс. Витебск входит в десятку наиболее загрязнённых городов республики (9-е место), два других промышленных центра Витебской области лидируют в этом списке. Новополоцк занимает 1-е место (50,8 тыс. т), Новолукомль – 3-е (18,4 тыс. т) [7]. На тер-

ритории Витебской области функционируют предприятия химической и нефтехимической промышленности (гг. Полоцк и Новополоцк (ПО «Нафтан», ПО «Полимир»), крупнейшая в Беларуси Лукомльская ГРЭС, Витебская и Новополоцкая ТЭЦ, дающие в совокупности более 70% загрязняющих веществ, поступающих от стационарных источников.

В 90-х годах наметилась тенденция к снижению уровня загрязнения за счёт спада промышленного производства. Ситуация была характерна для большинства центров области, за исключением Лукомля, где в конце 90-х произошло резкое ухудшение ситуации. Объём загрязнителей, поступающих в атмосферу, увеличился более чем на 40%.

Преобладание западного направления в розе ветров Смоленской области определяет зависимость атмосферного загрязнения данного региона от уровня хозяйственной деятельности соседних областей Беларуси, в особенности Витебской. Это объясняет необходимость регионального взаимодействия, в чём прежде всего заинтересована Смоленская область.

3. *Поддержание биологического разнообразия*, где основным механизмом является создание трансграничного экологического каркаса двух регионов. В рамках реализации Общевропейской стратегии сохранения биологического и ландшафтного разнообразия (1995) были выделены элементы европейского значения (ключевые (core zones), буферные зоны (buffer zones) и коридоры (corridors)), важные для поддержания биологического и ландшафтного разнообразия. Три из них приурочены к смоленско-витебскому участку границы России и Беларуси (Рис.) и представляют собой потенциальные трансграничные ООПТ.

Первая ключевая зона – лесная – покрывает северные части областей, в т. ч. территории национального парка «Смоленское поозёрье» и Велижского биологического заказника. В непосредственной близости от границы зона частично охватывает русло Западной Двины. Вторая и третья зоны – болотные экосистемы, лишь прилегающие к государственной границе. Одна из них расположена в Руднянском районе Смоленской области, другая – в Дубровенском районе Витебской области. Обе зоны приурочены к днепровскому бассейну (в основном рр. Днепр и Березина) и при объединении с существующими ООПТ (Краснинский и Руднянский биологические заказники на Смоленщине, Бабиновичский

ландшафтный – в Лиозненском районе Витебской области) могут стать основой трансграничной ООПТ.

Значительная часть ООПТ Смоленской и Витебской областей, необходимых для создания трансграничной экологической сети, *уже существует*, готовятся обоснования для выделения новых ООПТ. Поддержка инвентаризации региональным академическим сообществом способствует проведению её на научной основе. Более того, законодательство предусматривает заблаговременное резервирование территорий, изъятие их из хозяйственного оборота с возможностью перевода в категорию ООПТ.

С другой стороны, существуют факторы, ограничивающие создание трансграничного экологического каркаса. Для их выявления в Смоленской и Витебской областях был проведён опрос экспертов – представителей региональных экологических ведомств, ООПТ, научного сообщества и неправительственных организаций.

Эксперты из Витебской области выразили большую озабоченность проблемой сохранения биологического разнообразия и создания экологической сети региона за счёт большего приоритета экологической политики в Беларуси. На государственном уровне это проявляется в более высоком статусе структуры, обладающей полномочиями управления ООПТ. В Беларуси она находится в ведении Управления делами президента, в России отдел управления ООПТ является лишь структурным подразделением Министерства природных ресурсов РФ (МПР РФ). Это сказывается на эффективности проводимой экологической политики, системах мониторинга и контроля. Беларусь имеет более жёсткое экологическое законодательство, которое обеспечивается на местах технически хорошо оснащёнными рейдовыми группами с участием представителей Министерства внутренних дел, чего нет в должной мере в России.

Опрос экспертов выявил сходные проблемы, характерные для Смоленской и Витебской областей.

1. *Антропогенное воздействие*. Хорошая транспортная доступность областей относительно столичных регионов наряду с высокой сохранностью природных комплексов приводит к дачной застройке зон охраняемых природных территорий, из них особенно активно используются водоохранные зоны. Данная проблема свойственна для национальных

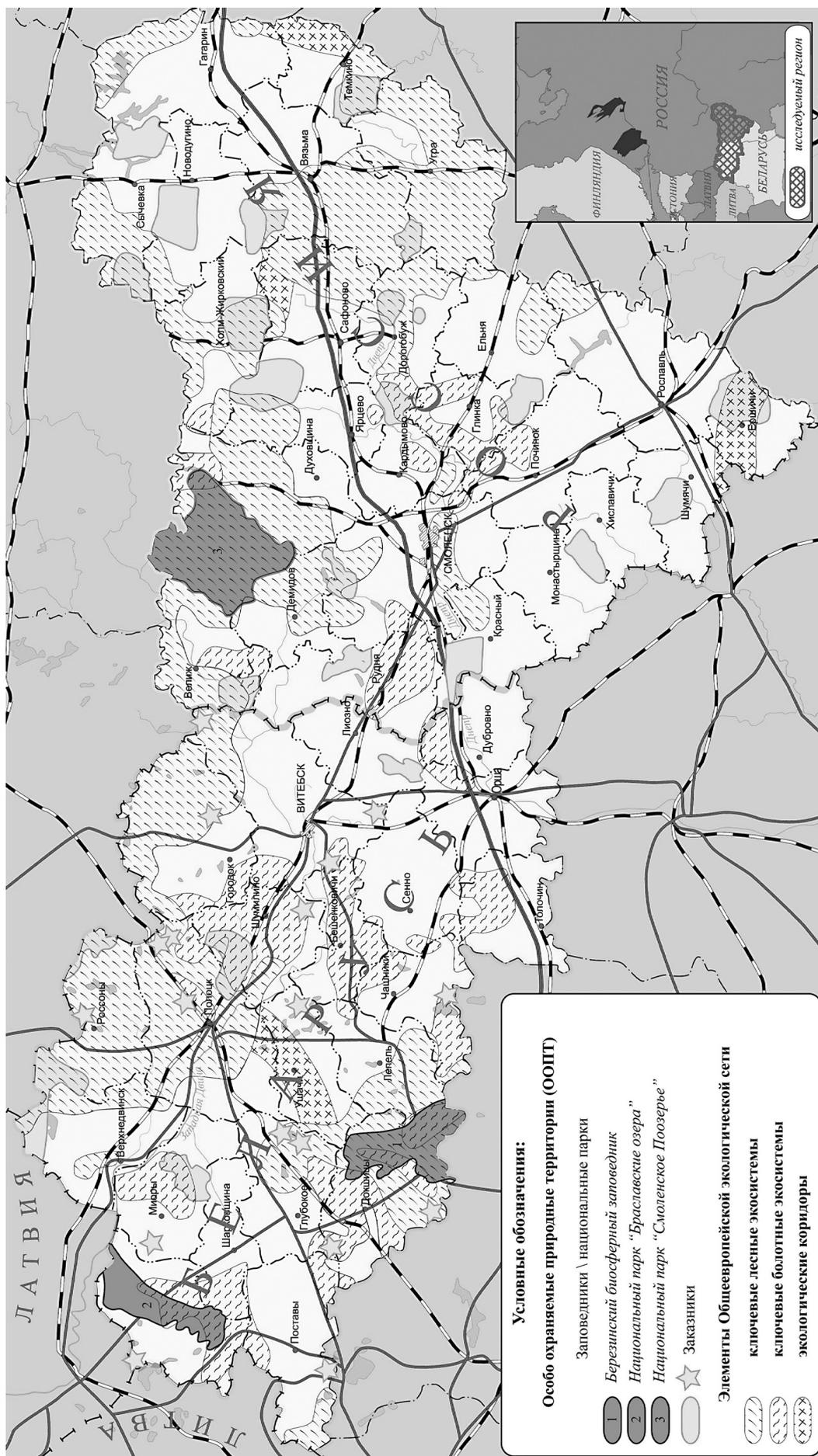


Рис. Соотношение важнейших ООПТ и ключевых элементов Общеввропейской экологической сети в Смоленской и Витебской областях

парков «Смоленское Поозерье» (Смоленская область) [8] и «Браславские Озёра» (Витебская область). К примеру, результатом прессинга стала отмена резервирования части территории вокруг Вазузской водной системы под природный парк и выдача разрешения на проведение строительных работ.

Сокращение площадей обрабатываемых земель приводит к увеличению нагрузки на существующие. Это объясняет проблему значительного снижения плодородия и деградации почв, характерную для Смоленской и Витебской областей. Источником спорной ситуации может стать разная интенсивность использования земель. Внесение минеральных удобрений на единицу сельскохозяйственных угодий в Смоленской, равно как и в Брянской и Псковской областях, было в 1,5-2 раза ниже, чем в соседней с ними Беларуси [17]. В Витебской области более 10,1 тыс. га отнесены к категории полностью деградированных земель [7]. Значительные территории представляют собой эродированные земли, являясь результатом предыдущих «улучшений». Одним из ярких примеров стал процесс осушения болот, когда только в Витебской области в течение советского периода было осушено 558,1 тыс. га [7]. В настоящее время сохранившиеся болотоягодники составляют основу ботанических заказников обеих областей [8].

## 2. Недостатки правовых региональных систем и административные барьеры.

Одним из недостатков правовой системы Смоленской области является отсутствие закона об экологическом каркасе региона, хотя в некоторых субъектах России подобные законы уже приняты, как, например, в Кировской области, где областной закон «Об особо охраняемых природных территориях» был утверждён в 1995 году [18]. По мнению Б.И. Кочурова, это является серьёзной проблемой, препятствующей формированию экологического каркаса Смоленской области и трансграничной экологической сети [19].

Аналогичная ситуация характерна и для Витебской области. В силу унитарного государственного устройства Беларуси возможность инициативы региональных властей, в том числе правовой, мала. Без прямых директив Минска законодательные и исполнительные органы власти Витебской области не могут устанавливать квоты с учётом ситуации на местах. Так, квоты на отстрел отдельных видов животных – исключительное право Министерства природных ресурсов и защиты

окружающей среды, тогда как местные органы власти, не принимающие участия в определении лимитов, считают многие из этих величин некорректными.

Проблема управления ООПТ представляет собой несоответствие целей и задач, поставленных Центром, финансовым возможностям регионов. О. Михневич, глава Витебского областного комитета природных ресурсов и защиты окружающей среды, отметил, что решения, «спущенные сверху», не всегда исполняются должным образом в силу финансовых ограничений. М. Ерашов, начальник отдела ООПТ департамента Смоленской области по природным ресурсам, также обозначил данную ситуацию как проблемную и отметил, что федеральный центр не учитывает финансовых возможностей субъектов.

К административным барьерам можно отнести проблему несогласованности действий природоохранных ведомств двух областей, ответственных за ООПТ областного и федерального уровней. Опрос выявил проблему слабого взаимодействия между ними. Разногласия существуют уже на уровне предоставляемых статистических данных об ООПТ области: департамент Смоленской области по природным ресурсам, к примеру, приводит данные о наличии одной охраняемой природной территории федерального масштаба, тогда как Главное управление природных ресурсов и охраны окружающей среды МПР России по Смоленской области указывает на две территории данного статуса [12].

3. Низкий уровень жизни населения, особенно в сельской местности, объясняет высокий уровень браконьерства, свойственный для обеих областей. В Витебской области проблема не так остра в силу более эффективного контроля за соблюдением национального экологического законодательства. В Смоленской области, по словам А. Кочергина, директора национального парка «Смоленское Поозерье», в случаях задержания на инспекторов оказывается всякого рода давление, случаи нарушения зачастую не оформляются официально [20].

4. Проблема недостатка финансирования, свойственная как Смоленской, так и Витебской областям, является одним из основных факторов, ограничивающих создание трансграничной экологической сети. Как результат, обе области ещё не завершили формирование собственных систем ООПТ. Следствием недостаточного финансирования стала слабая система мониторинга и контроля, свойственная

в особенности для Смоленской области, где происходит сокращение штата государственных инспекторов: в настоящее время на 25 административных районов приходится лишь 15 инспекторов. Ситуация усугубляется низкой технической оснащённостью рейдовых групп региона по сравнению с Витебской областью, где в их состав включены вооружённые представители МВД РБ.

Незавершённый процесс инвентаризации ООПТ (Смоленская область) либо завершённый недолжным образом ввиду наличия сроков, установленных в административном порядке (Витебская область), также являются результатом ограниченной финансовой поддержки. Для обоих регионов характерна проблема наличия данных, не соответствующих действительности. Данные инвентаризации 70-80-х годов значительно устарели и требуют проверки [8], однако финансовые возможности позволяют провести переучёт порядка 30 ООПТ в год.

Общность природной и хозяйственной систем Смоленской и Витебской областей и мощная связующая функция транспортного каркаса способствует формированию в пределах данного участка российско-белорусской границы единой трансграничной территории. Она концентрирует в себе результаты взаимодействия и взаимовлияния в различных сферах. В совокупности с контактным характером границы, общностью исторического развития это создает хорошие предпосылки для проведения совместной экологической политики, несмотря на определённые сложности, обусловленные в основном недостаточным финансированием и трудностями административного характера. Анализ показал, что сотрудничеству экологических ведомств Смоленской и Витебской областей в значительной мере препятствует отсутствие политической воли руководства, хотя на уровне государственных инспекторов взаимодействие осуществляется в форме обмена информацией и совместных рейдов.

Придание данному виду взаимодействия официального статуса представляется первым возможным шагом на пути создания трансграничной экологической сети. Это не требует значительных затрат, обеспечивая начало официального сотрудничества «снизу». Неправительственными экологическими организациями в форме всевозможных грантов и проектов может быть оказана методологическая и финансовая поддержка.

## Литература

1. Безопасность и международное сотрудничество в поясе новых границ России. / Под ред. Л.Б. Вардомского, С.В. Голунова. М.-Волгоград: НОФМО, 2002. 572 с.
2. Колосов В.А., Туровский Р.Ф. Современные государственные границы: новые функции в условиях интеграции и приграничное сотрудничество // Известия АН. Серия географическая. 1997. № 5. С. 106-113.
3. Бакланов П.Я. Географические контактные структуры и их функции в северо-восточной Азии // Известия АН. Серия географическая. 2001. № 1. С. 31-39.
4. Колосов В.А., Мироненко Н.С. Геополитика и политическая география. – М.: Аспект Пресс, 2001. 479 с.
5. Ганзей С.С. Трансграничные системы юга Дальнего Востока России и Северо-Востока КНР. Владивосток: Дальнаука, 2004. 231 с.
6. Беларусь и Россия: Статистический сборник. М.: Минстат Беларуси. Росстат, 2004. 158 с.
7. Бобрик М.Ю., Гаврильчик З.С., Галкин А.Н. и др. Физическая география Витебской области. Витебск: Витебский государственный университет им. П.М. Машерова, 2004.
8. Природа Смоленской области. Под ред. В.А. Шкаликова. Смоленск: Универсум, 2001.
9. Колосов В.А., Туровский Р.Ф. Типы новых российских границ // Известия АН. Серия географическая. 1999. № 5. С. 39-47.
10. Сотников А.В., Трунов Ю.А. Российская Федерация и Республика Беларусь: межгосударственное экономическое взаимодействие, интеграция или союзное государство? М.: Multiprint, 2001. 204 с.
11. Бобрик М.И. Социально-экономическая география Беларуси. Витебск: Изд-во УО «ВГУ им. П.М. Машерова», 2003. 45 с.
12. Состояние окружающей среды Смоленской области в 2003 г. Смоленск: ГУ ПР МПР РФ по Смоленской области, 2005.
13. Государственный доклад о состоянии и использовании водных ресурсов Российской Федерации в 2002 г. / Гл. ред. Н.М. Тарасов. М.: ВНИИ геосистем, 2003. 251 с.
14. Национальный профиль по гигиене окружающей среды Российской Федерации (Национальный доклад). / Под ред. В.И. Чибураева, М.В. Фокина. М., 2003. 86 с.
15. Клюев Н.Н. Эколого-географическое положение России и её регионов. М.: ИГ РАН, 1996. 155 с.
16. Евдокимов М.Ю., Поздеев В.Б., Шкаликов В.А. Современное эколого-географическое положение Смоленской области // Природные условия и ресурсы Европейской России и сопредельных территорий:

современные проблемы и пути их решения. Смоленск: Универсум, 2005. С. 150-182.

17. Рунова Т.Г., Волкова И.Н., Нефедова Т.Г. Территориальная организация природопользования. М.: Наука, 1993. 208 с.

18. Соловьёв А.Н. Геоэкологический подход к формированию региональной системы особо охраняемых природных территорий: На примере Кировской области: Автореф. дис. ... канд. геогр. наук. Моск. пед. ун-т. 2002. 25 с.

19. Кочуров Б.И., Иванов Ю.Г. Экологический каркас Смоленской области и организация территории национального парка «Смоленское Поозерье» // Особо охраняемые территории в 21 веке: цели и задачи: Материалы конференции. Смоленск: СГТ. С. 212-215.

20. Перспективный план управления и развития национального парка «Смоленское Поозерье». Москва: Центр охраны дикой природы, 1999.

Правительство Кировской области  
Управление охраны окружающей среды и природопользования Кировской области  
Институт биологии Коми научного центра Уральского отделения  
Российской академии наук  
Вятский государственный гуманитарный университет

**УВАЖАЕМЫЕ КОЛЛЕГИ!**  
**ПРИГЛАШАЕМ ВАС ПРИНЯТЬ УЧАСТИЕ**  
в работе Всероссийской научной школы-конференции  
«ПРОБЛЕМЫ РЕГИОНАЛЬНОЙ ЭКОЛОГИИ  
В УСЛОВИЯХ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ»

1 – 2 декабря 2009 г.,  
Вятский государственный гуманитарный университет

На конференции будут рассмотрены проблемы по следующим направлениям:

- Экологический мониторинг природных сред и объектов
- Экологическая безопасность регионов
- Проблемы сохранения биоразнообразия
- Промышленная экология
- Экология урбанизированных территорий
- Здоровье и окружающая среда
- Экологическое образования для устойчивого развития

Контактные адреса и телефоны оргкомитета:  
610002, г. Киров, ул. Свободы, 122, лаборатория биомониторинга,  
телефон/факс: (8332) 37-02-77,  
e-mail: ecolab@vshu.kirov.ru; ecolab2@gmail.com

**Государственный природный заповедник «Нургуш»**

**Е.М. Тарасова, С.В. Кондрухова, Л.Г. Целищева,**  
Государственный природный заповедник «Нургуш»,  
e-mail: nurgush@zapovednik.kirov.ru

Федеральное государственное учреждение «Государственный природный заповедник «Нургуш» образован 25 мая 1994 г. Находится в центральной части Кировской области на юго-востоке Котельничского района. Географические координаты 58°04' – 57°58' с. ш. и 48°19' – 48°30' в. д. Площадь заповедника 5653 га, что составляет 0,02% территории Кировской области. Имеется охранный зона 7998 га.

Заповедники являются наиболее эффективным способом охраны биоразнообразия, обеспечивая сохранность как отдельных видов, так и сообществ и ландшафтов, являющихся естественной средой обитания растений и животных. Природные комплексы заповедников оказывают стабилизирующее влияние на окружающие ландшафты далеко за границами охраняемых территорий.

**Основная цель создания**

Государственный природный заповедник «Нургуш» (ГПЗ «Нургуш») организован в соответствии с перспективной программой развития заповедных территорий Российской Федерации до 2005 г. В Постановлении Правительства Российской Федерации от 25.05.1994 г. №529 определена цель создания заповедника: сохранение и изучение долинных хвойно-широколиственных лесов, болотных массивов, редких и исчезающих видов животных и растений в пойме реки Вятки.

Как природоохранное научно-исследовательское учреждение заповедник функционирует с апреля 1995 г.

**История создания**

Название «Нургуш» было предложено известным вятским краеведом и натуралистом Александром Дмитриевичем Фокиным. В июле 1952 году А.Д. Фокин по заданию Кировской областной конторы «Заготживсырьё» обследовал часть Глушковской лесной дачи Вишкильского лесничества Котельничского лесхоза между селом Вишкиль и посёлком

Разлив (площадью 49 км<sup>2</sup>) и рекомендовал эту территорию под охотничий заказник. В рукописном отчёте «Природные условия Нургушского комплексного заказника в Вишкильском лесничестве Котельничского района Кировской области и пригодность его для выпуска речного бобра» А.Д. Фокин (1952) описал территорию будущего заказника, дал общую характеристику водных объектов, подробно охарактеризовал растительность озёр и протоков, оценил качество и ёмкость кормовых угодий, составил детальное описание состояния древесных, кустарниковых и водных (частью околоводных) видов.

В 1954 году по его рекомендации здесь был организован Нургушский комплексный заказник Госохотинспекции. Заказник долгие годы служил опытной базой ВНИИ охотничьего хозяйства и звероводства им. Б.М. Житкова. На территории заказника проводились работы по акклиматизации ондатры (1951 г.) и енотовидной собаки, реакклиматизации выхухоли и речного бобра. Все указанные виды сохранились в этих местах до настоящего времени. Именно благодаря заказнику уцелели в этой части вятской поймы и старовозрастные леса. Санитарные рубки после учреждения заказника не проводились, что привело к обилию на его территории перестойных деревьев.

В 1960 г. А.Д. Фокин составил подробный «Проект организации Нургушского заповедника Кировской области» на площади 66,6 км<sup>2</sup>. В начале 1994 г. департаментом по охране и рациональному использованию охотничьих ресурсов (научным сотрудником Ю.Н. Вишневым) был подготовлен проект организации заповедника, в основу которого легли материалы А.Д. Фокина и который послужил основанием для постановления Правительства Российской Федерации о создании заповедника «Нургуш».

**Отличительные особенности территории**

Заповедник располагается в излучине правого берега реки Вятки в её среднем тече-

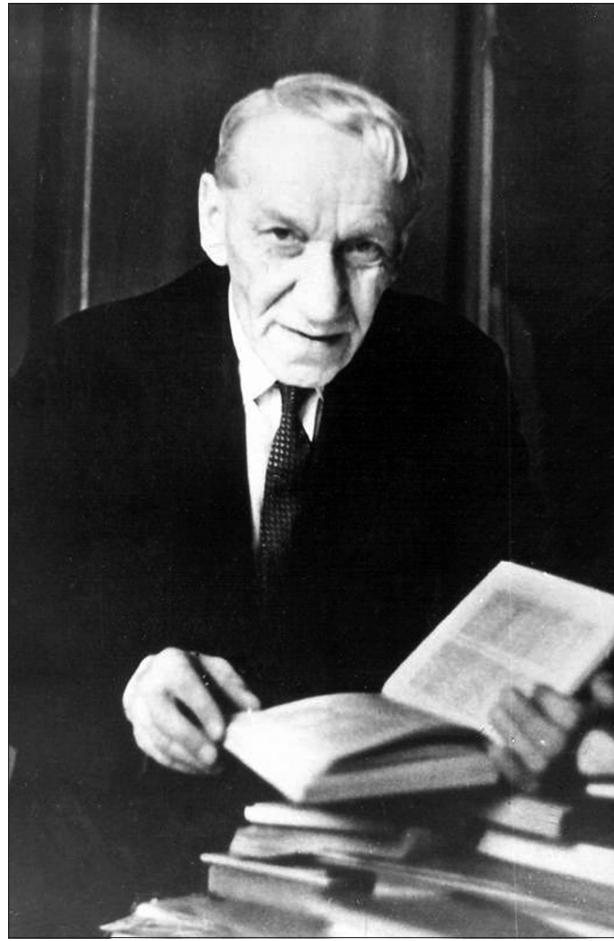
нии, где река прорезает гряды Вятского увала. Расширенная речная долина имеет здесь до 8,5 км в ширину и 11,0 (12,5) км в длину.

Малая площадь заповедника (5653 га) компенсируется естественной надёжной изолированностью. Река Вятка ограждает волшебный мир заповедника с трёх сторон – с севера, востока и юга. С запада естественной преградой служат цепочка пойменных озёр и река Прость, за которой начинается широкая боровая терраса – охранная зона (7998 га).

Территория заповедника занимает первую надпойменную террасу. Русло р. Вятки окружает заповедник с севера и востока. Южная граница проходит по северной оконечности оз. Старицы. На западе границей заповедника служит притеррасная р. Прость (правобережный приток р. Вятки) и система протоков и старичных озёр, за которыми простирается широкая боровая терраса с массивами низинных и переходных болот.

Территория заповедника сложена современными аллювиальными (речными), самыми молодыми из всех генетических типов отложениями. Возраст органических материалов (детрита), погребённых в толще руслового аллювия на глубине 4,6-4,7 м (на 0,5 м выше уреза воды), по данным радиоуглеродного датирования, составляет не менее  $10130 \pm 240$  лет (Прокашев, Бородина, Тertyчная, 1999) т. е. соответствует дриасу – позднему голоцену. В составе речных наносов представлены все 3 их генетические разновидности: русловый (базальный) аллювий кварцевого состава, выстилающий нижнюю часть пойменных напластований (мощность от уреза воды, по данным полевых наблюдений равна 3-4 м). Геоморфологически это часть средне-верхнеплейстоценовой и современной аллювиальной аккумулятивной равнины, выработанной р. Вяткой.

**Рельеф** заповедника типично пойменный, относительно плоский, осложнён множеством грив и межгривных понижений, обилием озёр-стариц. Абсолютные высоты поверхности около 90 м. Относительные высоты – над меженным уровнем реки составляют 5-6 м. Весной почти вся территория заповедника затопливается (в пик половодья – на 98% площади). Продолжительность затопления грив изменяется от 7 до 14 дней, понижений до 20 дней, прирусловых лугов – до одного месяца. Максимальный подъём весенних вод достигает 6-7 м против меженного уровня. Только на севере заповедника и на лугах южной части охранной зоны, в прирусловой



А.Д. Фокин

пойме, паводок может продолжаться около месяца. Не затопляются в паводок наиболее высокие гривы (древние прирусловые валы), расположенные к западу от оз. Кривого, к югу от оз. Могильного и у северо-западного конца оз. Нургуш. Весенние половодья являются главным фактором организации и динамики процессов в данном фрагменте природного комплекса.

В геологическом отношении территория заповедника представляет собой пойменные террасы, сформированные аллювиальными отложениями, которые состоят из песков с гравием и галькой в основании и перекрыты сверху суглинками. Большая часть охранной зоны покрыта аллювиальными отложениями первой надпойменной террасы, состоящими из песков и суглинков с гравием и песком в основании. Узкая полоса вдоль западного края охранной зоны относится ко второй надпойменной террасе. Значительная часть охранной зоны покрыта болотными отложениями с торфами. Подстилающие породы представлены Норпаловской свитой Татарского яруса и состоят из алевроитов, глин,

песков, мергелей, известняка, песчаника и конгломератов (Бутаков, Двинских, Дедков, 2001).

**Почвы** на пойменных участках дерново-аллювиальные. На первой надпойменной террасе под широколиственными и хвойно-широколиственными лесами развиты серые лесные почвы. На гривах с преобладанием хвойных пород – слабо оподзоленные суглинистые. В понижениях рельефа и на месте заросших озёр почвы болотно-луговые и торфяно-болотные. В охранный зоне под борами (вторая, боровая, терраса) преобладают песчаные почвы. На низинных и переходных болотах сформированы торфяные почвы.

**Гидрография.** В заповеднике 5 речек и более 85 озёр, которые образуют единую систему пойменных водоёмов, соединённые между собой многочисленными протоками (постоянными или частично пересыхающими) и ручьями в единую систему, имеющую три стока в р. Вятку. Направление течения в водоёмах и водотоках, как и в р. Вятке, с севера на юг. Общая площадь водной поверхности составляет 303 га. Пойменные озера разнообразны по форме и размерам. Все они – остатки старых русел реки Вятки, неоднократно менявшей здесь своё течение в попытках прорваться через гряды Вятского увала. Озёра имеют небольшую глубину и слабую проточность, благодаря чему хорошо прогреваются, и это способствует богатству и обилию гидрофильной растительности. Озёра постепенно зарастают, превращаются в низинные болота и сырые луговины. На смену водным и околородным растениям приходят луговые травы. Степень зарастания озёр широко варьирует: от слабой до совершенно заросших и превратившихся в низинные болота, и даже в сырые луговины. По берегам озёр обильно разрастаются ивы, черёмуха, ольха чёрная и реже – серая.

Самое крупное из озёр – Кривое – расположено в центре заповедника и имеет протяжённость свыше 4,0 километра. Ширина озера до 150 м при глубине свыше 2,0 м. Озеро имеет форму подковы, концы которой сужены и выделяются как заливы: Бакалово на севере и Лопата на юге. Заливы имеют глубину менее 1,0 м и активно затягиваются водной и околородной растительностью. Наружный, восточный, берег озера довольно высокий (до 4,0 м), западный – почти на всём протяжении низкий и переходит в заболоченное мелколесье. Ближе к северному концу западного берега расположено урочище Тёмный яр. Озеро

имеет два протока. Южный проток связывает его с оз. Нургуш, северный – с оз. Бабьим.

Озеро Чёрное расположено к востоку от оз. Кривого, ближе к руслу р. Вятки. Его протяжённость около 3,0 км при ширине до 100 м и глубине до 3,0 – 4,0 м. Оба берега озера высокие (3,0 – 4,0 м) и довольно крутые. На юге озеро связано протоком с оз. Нургуш, на севере – заросшим протоком с оз. Дресвяным.

Третье по величине озеро – Нургуш – имеет длину свыше 1,0 км и ширину около 100 м. Это самое глубокое из озёр (до 4,0 – 5,0 м глубиной). На севере оно соединяется протоками с оз. Чёрным и Кривым, а на юге двумя истоками – с р. Вяткой. Берега высокие, до 4,0 м, но перемежаются низинами.

**Климат** территории умеренно континентальный. Средняя годовая температура +2,2 °С. Средняя температура июля +18,0 °С, января –13,9 °С. Продолжительность безморозного периода 120 дней. Годовая сумма осадков 583 мм, из них 385 мм выпадает в виде дождя.

**Растительный покров.** Заповедник расположен в Нижнеунжинско-Ветлужском геоботаническом округе подзоны южной тайги, в узком отроге, который выклинивается из основного массива округа на полторы сотни километров к востоку (Геоботаническое районирование..., 1989).

Территория заповедника покрыта пойменными хвойно-широколиственными и широколиственными лесами. Для некоторых неморальных видов (бересклет бородавчатый) заповедник – одно из северных местонахождений в Кировской области (Фокин, 1930).

Широкую речную пойму пересекают многочисленные гривы. На них сохранились редкие для Северо-Востока европейской части России старовозрастные хвойно-широколиственные и широколиственные (дубовые, липовые, вязово-дубовые, липово-дубовые и др.) леса, с липой и бересклетом бородавчатым в подлеске, с густыми неморальными травами (сныть обыкновенная, колокольчик широколистный, медуница неясная, копытень европейский и др.). Вдоль берега Вятки высятся ветлы (ива белая) и осокори (тополь чёрный). Стволы старых деревьев достигают более метра в диаметре. В сырых лесных ложбинах можно встретить живописные заросли страусника обыкновенного.

Лесопокрытая территория составляет 87,4% площади заповедника. Хвойные леса представлены ельниками, сосняками, пихтарниками; лиственные – липняками, бе-

резняками, осинникам, чёрноольшаниками, дубняками, тополёвниками, вязовниками, ивняками. Леса заповедника коренные. Спелые и перестойные занимают 70,3% лесопокрытой площади. Они уникальны по сохранности – в большинстве своём это леса, многие десятилетия не знавшие топора. Стволы погибших старых деревья медленно разлагаются, зарастают мхами и папоротниками. Практически повсеместно леса имеют густой подлесок и обильный подрост из липы. Во время половодья среди деревьев оседает огромное количество веток и мусора. Всё это вместе образует трудно проходимые дебри. К северу от оз. Кривого, между ним и оз. Пыжик сырые и захлащённые перестойные леса почти непроходимы из-за густого подлеска и крупнотравья.

Между гривами и озёрами – пойменные луга, низинные болота, поляны, заболоченные дебри берёзовых, чёрноольховых и смешанных лесов. Болота и заболоченные участки занимают 21% территории заповедника и 10% охранной зоны. Большую часть охранной зоны (90%) составляют сосновые леса. Наиболее примечательны в них сухие боры на глубоких песках с участием в травостое вероники колосистой, гвоздики Борбаша, истода Вольфганга, раkitника русского. Не менее интересны и молиниевые боры с господством молинии голубой.

Вдоль русла р. Вятки встречаются небольшие осокорники из осокоря чёрного, а на прибрежных лугах – ива белая. Берега рек и озёр заросли ивами, черемухой. В заливаемых лесах, в западинах между гривами развивается высокотравье и заросли страусника обыкновенного. На высоких гривах преобладает разнотравье. На лугах низкого уровня и в понижениях – канареечник тростниковидный, тимофеевка луговая, кострец безостый, осока острая. Естественных лугов на территории заповедника, как и во всей Кировской области, нет. Богатый травостой на пойменных лугах и крупных полянах является результатом длительного влияния вполне определённого вида хозяйственной деятельности человека. В свое время эти территории были расчищены от древесной и кустарниковой растительности и долгие годы использовались населением как сенокосные угодья или пастбища.

Охранная зона заповедника расположена на боровой террасе и отграничена от него притеррасной речкой Простью. В охранной зоне преобладают сосновые леса, преимущественно травяные и зелёномошные (52,7%), ельники (черничники, кисличники, травяно-

болотные) распространены на площади 13,9%. Значительные площади заняты вторичными лиственными лесами: осинниками и березняками. Заболоченные березняки и ольшаники рассредоточены небольшими фрагментами по всей территории боровой террасы и занимают крупный избыточно увлажнённый участок внутри лесного массива площадью 1099 га (около 23% территории). Вырубки на разных стадиях возобновления занимают 102,6 га (Летопись природы, 2000; Бородина, Кантор, 2004).

На сухих участках встречаются редкие лугово-степные виды: вероника колосистая, истод Вольфганга, прозаннык крапчатый, гвоздика Борбаша. Весной в сосновых лесах расцветают прострел раскрытый (сон-трава) и ландыш майский. На влажных местах под соснами разрастается молиния голубая, формируя необычные молиниевые боры. На переходных болотах встречаются клюква болотная, росняка круглолистная, багульник болотный.

### Флора.

Флора заповедника включает 484 вида сосудистых растений (из 90 семейств), 90 видов мхов, 572 вида пресноводных водорослей, 60 видов почвенных водорослей, а также 94 вида лишайников и 82 вида трутовых грибов.

Постоянное ядро флоры составляет 469 (97,6%) видов, что свидетельствует о высокой степени сохранности природных комплексов заповедника.

К числу натурализовавшихся чужеродных растений относятся шесть видов. В том числе интродуцированная в 1961 г. цицания широколистная и неперенный компонент большинства современных европейских водоемов североамериканская элодея канадская. Заносных и дичающих видов немного.

Высокая флористическая насыщенность речных долин имеет свои исторические и географические причины. На пойменных гривах древесный полог слагают не только три вида елей и пихта, но и дуб, липа, вяз, ильм, реже клён платановидный. В подлеске встречаются неморальные кустарники: бересклет бородавчатый, спутник дуба жестер слабительный и волчегонник обыкновенный. В травяном покрове обильно неморальное широколистное из копытня европейского, медуницы неясной, сныти обыкновенной, колокольчика широколистного, а также ластовня ласточкина. На полянах, опушках, в мелколесьях произрастают чистяк весенний, осока Арнелла, гирчовник татарский, марьянник гребенчатый, окопник лекарственный, люцерна серповидная.

В охранной зоне найдены эндемики Восточной Европы молочай Бородина и герань уральская. При явном преобладании европейских географических элементов во флоре присутствует немало сибирских видов (княжик сибирский, латук сибирский, жимолость алтайская), а также прогрессирующий в настоящее время на всей территории Кировской области приуральский и уральский эндемик цицербита уральская.

В связи с особенностями расположения территории заповедника в пойме крупной реки особое значение приобретают экологические группы водных и прибрежно-водных растений: 85 видов. Наиболее распространены роголистник обыкновенный, водокрас лягушачий, кубышка жёлтая, рдесты плавающий и пронзённолистный, ежеголовник всплывающий, телорез алоэвидный, многокоренник обыкновенный, ряски малая и трёхдольная, хвощ приречный, частуха подорожниковая, стрелолист обыкновенный, осоки острая и дернистая. По берегам озёр и вдоль протоков развиваются обширные заросли хвоща приречного, осоки острой, стрелолиста обыкновенного. В озёрах в большом количестве разрастаются ряски, телорез алоэвидный, рдест плавающий, кубышка жёлтая, водокрас лягушачий, так что к середине лета большая часть водной поверхности оказывается заткнутой растительностью.

### Фауна.

Беспозвоночные животные заповедника и его охранной зоны представлены 1270 видами, относящимися к 12 типам и 21 классу. Цифры, приведённые в списке, соответствуют количеству зарегистрированных видов для данного таксона и носят в настоящий момент предварительный характер.

Список таксонов беспозвоночных животных заповедника «Нургуш»:

#### ТИП SARCOMASTIGOPHORA – САРКОМАСТИГОФОРЫ – 12

Класс Lobosea – Настоящие амебы – 12

#### ТИП CILIOFORA – ИНФУЗОРИИ – 6

Класс Apicostomata – Апикостомата – 2

Класс Spirotricha – Спиротрихи – 4

#### ТИП SPONGIA (PORIFERA) – ГУБКИ – 1

Класс Demospongia – Губки обыкновенные – 1

#### ТИП COELENTERATA – КИШЕЧНОПОЛОСТНЫЕ – 1

Класс Hydrozoa – Гидрозои – 1

#### ТИП PLATHELMINTHES – ПЛОСКИЕ ЧЕРВИ – 3

Класс Turbellaria – Ресничные черви – 3

#### ТИП NEMATHELMINTES – КРУГЛЫЕ ЧЕРВИ – 116

Класс Gastrotricha – Гастротрихи, или Брюхоресничные черви – 1

Класс Nematoda – Нематоды, или Собственно круглые черви – 114

Класс Mermitida – Мермитиды – 1

#### ТИП ROTATORIA – КОЛОВРАТКИ – 13

Класс Rotatoria – Коловратки – 13

#### ТИП ANNELIDA – КОЛЬЧАТЫЕ ЧЕРВИ – 13

Класс Oligochaeta – Малощетинковые кольчецы – 6

Класс Hirudinea – Пиявки – 7

#### ТИП MOLLUSCA – МОЛЛЮСКИ – 25

Класс Bivalvia – Двустворчатые – 8

Класс Gastropoda – Брюхоногие – 17

#### ТИП BRYOZOA – МШАНКИ – 3

Класс Phylactolaema – Покрыторотые – 3

#### ТИП TARDIGRADA – ТИХОХОДКИ – 1

Класс Eutardigrada – Эутардиграды – 1

#### ТИП ARTHROPODA – ЧЛЕНИСТОНОГИЕ – 1071

Класс Crustacea – Ракообразные – 4

Класс Arachnoidea – Паукообразные – 21

Класс Chilopoda – Губоногие многоножки – 2

Класс Diplopoda – Двупарноногие многоножки – 1

Класс Insecta-Ectognatha – Насекомые – 1049

Большую часть беспозвоночных составляют насекомые: 1049 видов, относящихся к 21 отряду. Распределение видов насекомых по отрядам приводится в табл. 1.

С 1995-го по 2008 г. в заповеднике и его охранной зоне отмечено 30 видов рыб, 8 видов земноводных, 6 видов пресмыкающихся, 195 видов птиц (табл. 2), 47 видов млекопитающих.

Орнитофауна составляет 66% от числа видов птиц, отмеченных в Кировской области, из них: 140 видов – гнездящиеся, 38 – пролётные, 9 – залётные, 8 – кочующие. Весной через территорию заповедника пролетают многочисленные стаи птиц, для которых долина реки Вятки служит одним из маршрутов пролёта. Среди них встречаются такие редкие виды, как лебедь-кликун, лебедь-шипун, пискулька. На гнездование остаются кряква, хохлатая черныш, обыкновенный гоголь, луток, большой улит и др.

Здесь обычны бурый медведь, кабан, лось, бобр, ондатра, куница. Встречаются рысь, волк, выдра, европейская норка. Наиболее типичны для заповедника полуводные млекопитающие (обыкновенная кутора,

## ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ ПОРТРЕТ ПРЕДПРИЯТИЯ

**Таблица 1**

Количество видов насекомых на территории заповедника и в охранной зоне

№	Название отряда	Количество видов
1.	Поденки	10
2.	Стрекозы	27
3.	Таракановые	2
4.	Веснянки	1
5.	Прямокрылые	15
6.	Уховертки	3
7.	Сеноеды	Не определены
8.	Равнокрылые хоботные	137
9.	Полужёсткокрылые	91
10.	Трипсы	1
11.	Жёсткокрылые	308
12.	Вислокрылки	1
13.	Верблюдки	1
14.	Сетчатокрылые	12
15.	Скорпионовые мухи	1
16.	Ручейники	15
17.	Бабочки	124
18.	Перепончатокрылые	135
19.	Двукрылые	165
20.	Блохи	Не определены
21.	Коллемболы (ногохвостки)	Не определены
	Итого видов:	1049

**Таблица 2**

Количество видов птиц на территории заповедника и в охранной зоне

Отряд	Количество видов
Гагарообразные	1
Поганкообразные	2
Аистообразные	4
Гусеобразные	19
Соколообразные	15
Куруобразные	5
Журавлеобразные	6
Ржанкообразные	34
Голубеобразные	5
Кукушкообразные	2
Совообразные	9
Козодоеобразные	1
Стрижеобразные	1
Ракшеобразные	2
Дятлообразные	7
Воробьинообразные	82
Всего: 16	195

Таблица 3

Численность основных видов млекопитающих в заповеднике и охранной зоне в 2008 г.

Вид	Количество особей		
	Заповедник	Охранная зона	Всего
Лось	5	2	7
Кабан	8	28	36
Заяц-беляк	71	21	92
Белка	135	367	502
Рысь	–	1	1
Лисица	12	5	17
Куница	28	16	44
Бобр	54	45	99
Ондатра	125	60	185

ондатра, водяная полёвка, американская норка). Численность основных видов млекопитающих в 2008 г. приведена в табл. 3.

На территории заповедника в разные годы были акклиматизированы ондатра и енотовидная собака, реакклиматизированы бобр и выхухоль. Выхухоль была привезена в 1959 г. из Окского заповедника. Все виды хорошо прижились и активно расселялись из заповедника. Неизвестна судьба выхухоли. В первые десятилетия она регулярно встречалась в озёрах, однако в настоящее время наличие выхухоли достоверно не установлено.

**Редкие и охраняемые виды.**

В настоящее время на территории заповедника и его охранной зоны встречаются 12 видов насекомых (апполон, медведица-госпожа, павлиний глаз малый ночной, чернушка болотная, бронзовка мраморная, лептура красногрудая, толстяк ивовый, пчела-плотник, пчела-шерстобит малая, шмель спорадичный, шмель окаймленный, бомбардир черноусый), 3 вида рыб (русский осетр, подуст, берш), 1 вид пресмыкающихся (медянка), 6 видов млекопитающих (рыжая вечерница, ночница наттерера, прудовая ночница, нетопырь натузиуса, выхухоль, европейская норка), занесённых в Красную книгу Кировской области (2001) и Красную книгу Российской Федерации (2001); а также 2 вида насекомых и 4 вида птиц, отмеченных в Приложении к Красной книге Российской Федерации (2001); 6 видов насекомых, 4 вида птиц, 3 вида млекопитающих, указанных в Приложении к Красной книге Кировской области (2001).

В Красную книгу России занесены 13 видов птиц, в Красную книгу Кировской области – 13 видов. В заповеднике гнездятся орлан-белохвост, кулик-сорока, большой подорлик, малая крачка, филин, серая неясыть, большая выпь, серая цапля, обыкновенный

зимородок. На пролёте отмечены большая поганка, лысуха, камышница. В окрестностях заповедника встречены сизоворонка и белый аист. В прошлом здесь гнездились чёрный аист и лебедь-кликун. На озёрах часто охотится скопа, жизнь которой тесно связана с водой и лесом. Скопа выбрана эмблемой заповедника.

В заповеднике произрастает девять видов сосудистых растений, занесённых в Красную книгу Кировской области (2001) и Красную книгу России (1988) (венерин башмачок настоящий, пальчатокоренник Траунштейнера, калипсо луковичная, гроздовник ромашколистный, двулепестник парижский, гвоздика Борбаша, кувшинка четырёхгранная, ладьян трёхнадрезный, схизахна мозолистая), три вида мхов (атрихум тоненький, фиссиденс моховидный, неккера перистая), четыре вида лишайников (лобария легочная, рамалина волосовидная, рамалина притуплённая, рамалина элегантная), три вида гриба (лангермания гигантская, ежевик коралловидный, митинус собачий).

Основные задачи заповедника состоят в охране территории, проведении научных исследований и экологическом просвещении населения.

Режим особой охраны заповедника обеспечивает специальная служба государственных инспекторов.

Научная работа в заповеднике ведётся в соответствии с темой «Наблюдения явлений и процессов в природном комплексе заповедника и их изучение по программе «Летописи природы». На постоянных пробных площадях изучается динамика растительных сообществ. Исследуется фауна млекопитающих, птиц, рептилий, земноводных, рыб, насекомых, нематод. В 2008 году заложен новый экологический профиль, на котором ведутся комплексные биогеоценологические исследования, в том числе

учёты численности почвенных беспозвоночных животных. На постоянных участках водоёмов ведётся долговременный комплексный гидро-биологический мониторинг.

Сотрудники заповедника участвуют в проведении работ по инвентаризации и оптимизации памятников природы Кировской области, обосновании создания новых особо охраняемых природных территорий, в изучении флоры и фауны заказников «Пижемский» и «Былина».

В заповеднике «Нургуш» функционирует отдел экологического просвещения. Сотрудники отдела разрабатывают и распространяют рекламные издания, проводятся областные творческие конкурсы, организуются фото-выставки. Заповедник совместно с Центром охраны дикой природы ежегодно проводит международную экологическую акцию «Марш парков».

Высокоэффективной формой эколого-просветительской деятельности являются экскурсии, которые дают возможность соприкоснуться с миром живой природы. Экскурсии способствуют привлечению детей к природоохранной деятельности, расширению кругозора, развитию соответствующих знаний. В 2008 г. на территории охранной зоны заповедника оборудована экологическая тропа «Заячья поляна».

### Перспективы

Для охраны биологического разнообразия России к заповеднику планируется присоединить кластерный участок «Тулашор» в Нагорском районе. Это массив самых южных в Европе не вырубленных старовозрастных лесов. Проект обоснования прошёл экологическую экспертизу. В настоящее время готовится постановление Правительства Российской Федерации.

В с. Боровке Котельничского района начаты работы по созданию музейного комплекса заповедника.

В 2009 г. в охранной зоне планируется оборудование нового экскурсионного маршрута «Здравствуй, бобр!» и экологического лагеря для студентов и школьников.

### Литература

1. Бородина Н.В., Кантор Г.Я. Оценка биоразнообразия лесной растительности государственного природного заповедника «Нургуш» // Вестник Института биологии. Сыктывкар, 2004. №10. С. 29-37.
2. Бутаков Г.П., Двинских А.П., Дедков А.П. Государственная геологическая карта Российской Федерации: Средневожская серия. Карта четвертичных образований. Масштаб 1: 200000. СПб. 2001.
3. Геоботаническое районирование Нечерноземья европейской части РСФСР. Л. 1989. 64 с.
4. Красная книга Кировской области / Под ред. Л.Н. Добринского, Н.С. Корытина. Екатеринбург: Изд-во Уральского ун-та, 2001. 288 с.
5. Красная книга Российской Федерации. Т. 1. Животные / Под ред. В.Н. Данилова-Данильяна. М.: Астель, 2001. 862 с.
6. Красная книга РСФСР. Растения. М. 1988. 590 с.
7. Летопись природы заповедника «Нургуш» за 2000 г. Книга 5. Боровка, 2002. 180 с. Рукопись. Хранится в ГПЗ «Нургуш».
8. Прокашев А.М., Бородина Н.В., Тертычная Т.В. Состав, возраст и устойчивость пойменных отложений ГПЗ «Нургуш» (Кировская область) // География на рубеже веков: проблемы регионального развития. Материалы научной конференции. Курск. 1999. С. 205-206.
9. Фокин А.Д. Три года работы геоботанического отряда Вятской почвенной экспедиции. Вятка. 1930. С. 1-32.
10. Фокин А.Д. Природные условия Нургушского комплексного заказника в Вишкильском лесничестве Котельничского района Кировской области и пригодность его для выпуска речного бобра. Киров, 1952. 139 с. Рукопись. Хранится в Кировском областном краеведческом музее.
11. Фокин А.Д. Проект организации Нургушского заповедника Кировской области. Киров, 1960. Рукопись. Хранится в Кировском областном краеведческом музее.

**Э.А. Штина. Учёный с мировым именем.  
Педагог. Общественный деятель**  
(книга из серии «Почётные граждане города Кирова».  
Киров, НКО «Золотой фонд Вятки», 2009. – 448 с.)



В канун 635-летия города Хлынова-Вятки-Кирова вышла в свет очередная книга серии «Почётные граждане города Кирова». Серия посвящена нашим современникам, людям ярким и неординарным, чей вклад в развитие города трудно переоценить. Увековечение памяти лучших земляков кажется мне чрезвычайно нужным, поскольку показывает, что добрые дела и старания никогда не будут забыты потомками и обязательно найдут последователей. Дело большой государственной важности делает маленькая группа энтузиастов-единомышленников, задумавших и претворяющих в жизнь этот значимый издательский проект.

Четвёртая книга серии рассказывает об Эмилии Адриановне Штиной (1910 – 2007) – учёном с мировым именем, исследователе вятской природы, кому 27 мая 1969 года в числе первых было присвоено высокое звание «Почётный гражданин города Кирова» за активное участие в общественной жизни города

Кирова, большой вклад в подготовку высококвалифицированных специалистов и развитие сельскохозяйственной науки.

Она родилась в семье агронома в начале XX века ещё в Вятской губернии. В её долгой 97-летней жизни отразились все крупнейшие события двадцатого столетия: революции, войны, экономические реформы... Она сумела сохранить себя цельной неординарной личностью, остаться верной убеждениям и идеалам молодости: труд – основа всего, человек живёт, пока трудится. Ей были близки слова А.П. Чехова: «Если вы будете работать для настоящего, то ваша работа выйдет ничтожной. Надо работать, имея в виду только будущее». С детства Эмилия Адриановна была связана с землёй, и это чувство сопричастности давало ей силы выстоять в самых трудных ситуациях, а их в судьбе учёного было немало.

Маленькая, хрупкая и при этом стойкая и твёрдая в своих принципах, она всю жизнь занималась любимой альгологией – наукой о почвенных водорослях и сумела создать в Кирове научную школу альгологов, которую хорошо знали далеко за пределами региона. С результатами своих исследований она выступала в Америке, Австралии, Франции, Великобритании, коллеги глубоко уважали её, к её мнению прислушивались.

Эмилия Адриановна была из тех выдающихся учёных, результаты исследований которых не стареют с годами, а становятся классикой мировой науки. Так, именно Э.А. Штина наиболее полно и подробно изучила экологию почвенных водорослей и их роль в жизни почв.

Простота и участливость делали Эмилию Адриановну доступной для студентов, преподавателей, всех, с кем сводила её жизнь. Это был истинный интеллигент, которых не так много в нашей стране и которые чаще встречаются в провинции, но не сразу бросаются в глаза. Она была скромна и в то же время достойна. Доктор биологических наук, профессор, заслуженный деятель науки России, Э.А. Штина более полувека преподавала в Кировском сельскохозяйственном институте (ныне Вятская государственная сельскохозяйственная академия), под её руководством подготовлено более

20 кандидатов наук, работавших в разных городах и республиках СССР. С 1961 г. деятельность Эмилии Адриановны была связана с вопросами экологии и охраны природы. В течение 10 лет она была председателем депутатской комиссии по охране природы. С 1967-го по 1971 г. была депутатом Верховного Совета РСФСР, секретарём впервые организованной комиссии по охране природы.

Самое поразительное в книге об Э. А. Штиной – её дневник, который она вела с 12 лет, записывая свои наблюдения и мысли об эпохе, о близких, о коллегах, о семье. Здесь нашли отражение события общественной и научной жизни страны и мира. Её острый глаз естествоиспытателя отмечал такие детали быта из детства, которые взрослый человек пропустил бы, не придав значения. Яркая, образная речь и талант изложения делают дневник настоящим документом XX века. Её наблюдательный детский ум отметил и сохранил в памяти самые яркие впечатления от встречи с природой, новыми местами, куда переезжала семья (например, подробное описание её малой родины уездного городка Нолинска 20-х годов). Многие страницы посвящены школе, друзьям, прочитанным книгам. В разные годы она приводит списки прочитанных книг, по которым мы видим её любовь не только к научной, но и художественной литературе.



Почётные граждане города Кирова.  
Сервый слева В.П. Савиных,  
вторая слева – Э.А. Штина

Главным для Эмилии Адриановны всегда было желание постичь жизнь и неустанно трудиться, чтобы быть полезной своей стране. Такое желание было характерным для жителей новой России довоенных лет. Оно-то, наверное, и воспитало героев Великой Отечественной войны, помогло выстоять в борьбе с врагом.

Окончив Вятский пединститут, а затем аспирантуру МГУ, она продолжала всю жизнь учиться, сумела подружиться с самыми видными учёными-ботаниками XX столетия – К.И. Мейером, М.М. Голлербахом. Профессор Штина до конца дней была окружена своими учениками, которых научила не только любить природу и постигать её тайны, но и бережно относиться к самому человеку. Об этом рассказывают в своих воспоминаниях её благодарные коллеги и единомышленники. Для многих из них она была идеалом учёного, человека и гражданина.

«Жить всегда было интересно. Вся жизнь прошла в общении с интересными хорошими людьми, мне всегда везло на хороших людей – мои учителя, коллеги, аспиранты, студенты, которых я очень любила ... я никогда никому не завидовала», – это слова Эмилии Адриановны, сказанные ею накануне 90-летия.

Э.А. Штина оставила нам огромное наследие – труды, картотеки, школу альгологов. Среди её трудов – важнейшая монография «Флора водорослей бассейна р. Вятки» (Киров, 1997). Она сумела сформировать образ учёного, яростного защитника природы.

Наша с Эмилией Адриановной малая родина – Кировская область – край северный, суровый и в то же время удивительно красивый, как и люди, живущие здесь: душевные, отзывчивые, добрые и очень трудолюбивые. Эта земля вырастила великих учёных, полководцев, музыкантов, художников, ставших её гордостью, принесших ей славу. Эмилия Адриановна Штина была одной из них. Всю свою жизнь она отдала этому краю, безмерно ею любимому. Краю, который бережно хранит память и благодарность одному из самых уважаемых граждан земли Вятской. Очередная книга серии «Почётные граждане города Кирова», выпущенная некоммерческой организацией «Золотой фонд Вятки», – лучшее тому подтверждение.

*В.П. Савиных, лётчик-космонавт СССР, дважды Герой Советского Союза, доктор технических наук, профессор, член-корреспондент РАН, академик Инженерной академии и Международной академии астронавтики, лауреат Государственной премии СССР и РФ в области науки и техники, Почётный гражданин города Кирова и Кировской области*

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), **ключевые слова (до 6 слов и словосочетаний)**. 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. Кабилов 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 cyano-bacterial microbialites? // Geobiology. 2006. V. 4. № 2. 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. Тяжёлые 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.: Тез. докл. Ч. 2. М. 1992. С. 139.

3. Ханисламова Г.М. Использование коллембол для лабораторной оценки токсичности загрязняющих почву

соединений // Проблемы охраны окружающей среды на Урале. 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: СИФИБР 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 подристочных 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 двух экземплярах. К статье прилагается экспертное заключение о возможности публикации материалов в открытой печати.

При несоблюдении этих требований статья не рассматривается редакцией и возвращается авторам на доработку. Статьи проходят обязательное рецензирование. **Рецензия авторам предоставляется.** 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. **Плата с аспирантов за публикацию рукописей не взимается.**

Электронный вариант и бумажная копия статьи автору не возвращаются.