

Теоретическая и прикладная ЭКОЛОГИЯ

№ 3, 2007

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

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Главный редактор

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

Зам. главного редактора

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

Зам. главного редактора

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

Зам. главного редактора

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

Ответственный секретарь

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

Журнал издаётся при поддержке
ОАО «Научно-исследовательский проектно-изыскательский институт «Кировпроект»,
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** 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-Краткое»
610020, г. Киров, ул. Советская, 51а
Тел./факс (8332) 36-61-44. E-mail: okrat@okrat.ru
Оригинал-макет, дизайн, фото на обложке – Татьяна Коршунова
Выпускающий редактор – Мария Зелаева
Главный редактор издательства «О-Краткое» Евгений Дрогов

Подписано в печать 10.09.2007 Формат 60x84¹/₂. Печать офс.
Бумага офс. Усл.п.л. 12,5. Тираж 1150 экз. Заказ № 2804.

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

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ РЕДАКЦИОННЫХ СОВЕТОВ

Н.П. Лавёров

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

ПРЕЗИДИУМ РЕДАКЦИОННОГО СОВЕТА:

В.А. Грачёв

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

В.И. Холстов

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

В.Н. Чупис

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

В.Г. Ильницкий

руководитель Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору РФ

К.Б. Пуликовский

ЧЛЕНЫ РЕДАКЦИОННОГО СОВЕТА:

В.А. Алексеев

д.т.н., профессор Ижевского государственного университета

В.А. Антонов

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

С.И. Барановский

д.т.н., профессор, академик РЭА, зам. председателя общественного совета Росатом, президент РЭК

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 промэкологии

Г.М. Зенова

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

В.И. Измалков

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

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 имени 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 Циляньского аграрного университета, иностранный член РАСХН (КНР)

В.А. Малинников

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

А.Г. Назаров

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

Ю.Г. Пузаченко

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

В.П. Савиных

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

В.А. Сысуев

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

В.И. Теличенко

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

Т.А. Трифонова

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

А.И. Юнак

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

В.Т. Юнглеуд

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

О.В. Яковенко

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

По вопросам размещения рекламы и публикации статей обращаться:
610002, г. Киров, ул. Свободы, 122, тел./факс 8 (8332) 37-02-77

E-mail: ecolab@vshu.kirov.ru; ecolab2@gmail.ru

119017, г. Москва, Старомонетный пер., 29

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

СОДЕРЖАНИЕ

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ЭКОЛОГИИ

- Е.Н. Патова* Цианопрокариотическое «цветение» водоёмов восточноевропейских тундр (флористические и функциональные аспекты) 4
- М.Ю. Шарипова* Альгоценозы водно-наземных экотонов и их экологические характеристики 11
- С.Ф. Тихвинский, С.В. Доронин* Антоциановые пигменты растений и их роль в адаптивной селекции сельскохозяйственных культур 15

ЭКОЛОГИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

- Н.В. Сапина, О.И. Дзювина* Доочистка питьевой воды для производства восстановленных молочных продуктов 20
- И.В. Панов, Л.Л. Журавлёва* Технологическая концепция экологического паспорта природопользователя 26

МОНИТОРИНГ ЗАГРЯЗНЁННЫХ ТЕРРИТОРИЙ

- Д.В. Дёмин, С.М. Севостьянов, Н.Ф. Деева, А.А. Ильина* Распределение и биологическая активность полихлорбифенилов в системе «почва – растение» при высоких уровнях загрязнения 31
- Т.А. Мусихина, А.Д. Клиндухова* Загрязнение воды реки Вятки в районе Кировского водозабора 35

ХИМИЯ ПРИРОДНЫХ СРЕД И ОБЪЕКТОВ

- Е.Н. Башкот, И.А.-Ю. Ижаев* Оценка экологической ситуации на реках Тебердинского заповедника 39
- М.И. Василевич, Д.Н. Габов, В.А. Безносиков, Б.М. Кондратёнок* Оценка загрязнения снежного покрова органическими соединениями в зоне воздействия выбросов целлюлозно-бумажного комбината 43
- С.В. Оборин* Проблемы прогнозирования и геологического изучения водообильных участков в зонах повышенной трещиноватости горных пород осадочного чехла на примере месторождений подземных вод Кировской области 50

АГРОЭКОЛОГИЯ

- Т.К. Шешегова, О.М. Снегирёва* Новые экологически безопасные биопрепараты в технологии возделывания овса 54

МЕТОДОЛОГИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ. МОДЕЛИ И ПРОГНОЗЫ

- В.А. Лобанов, В.Ю. Поляков* Современные методы инженерной гидрологии для решения экологических задач 58

ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ РИСК И ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

- А.Г. Назаров* Радиационная катастрофа: сущность понятия ... 71

ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ОБРАЗОВАНИЕ

- А.А. Широких* Микологические экскурсии в преподавании курса экологии 82
- Р.Р. Кабиров* Формирование экологических компетенций у студентов в процессе вузовского образования 86

ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ ПОРТРЕТ ПРЕДПРИЯТИЯ

- Л.М. Куимова* Экологические аспекты энергетического производства 89

ХРОНИКА

- В.М. Назаренко* XIII Международная конференция по экологическому образованию «Экологическое образование в интересах устойчивого развития: опыт и перспективы» 92
- А.И. Видякин* 1-е Международное совещание по сохранению лесных генетических ресурсов в Сибири 97

CONTENTS

THEORETICAL PROBLEMS of ECOLOGY

- E.N. Patova* Cyano-prokaryotic «blooming» of ponds
in East-European tundra (floristic and functional aspects) 4
- M.Yu. Sharipova* Algae-cenoses of water-land ecotons
and their ecological characteristics 11
- S.F. Tikhvinsky, S.V. Doronin* Anthocyan pigments of plants
and their role in adaptive selection of agricultures 15

ECOLOGIZATION of INDUSTRY

- N.V. Sapine, O.I. Dzuvinia* Aftertreatment of drinking water
in production of regenerated milk products 20
- I.V. Panov, L.L. Zhuravleva* Technological conception
of ecological passport for a nature-manager 26

MONITORING of the CONTAMINATED TERRITORIES

- D.V. Demin, S.M. Sevostyanov, N.F. Deeva, A.A. I, lina*
Distribution and biological potency polichlorbiphenyls
(PCBs) in a system «soil – plant» at high levels of pollution 31
- T.A. Musikhina, A.D. Klindukhova* The Vyatka river water
pollution in the vicinity of Kirov water supply point 35

CHEMISTRY of NATURAL ENVIRONMENT And OBJECTS

- E. N. Bashkot, I. A-Yu. Izhaev* Estimation of the ecological
situation on the rivers of the Teberda reserve 39
- M.I. Vasilevich, D.N. Gabov, V.A. Beznosikov, B.M. Kondratenok*
Estimation of snow cover pollution of organic connections in
the emissions influence zone of pulp-and-paper enterprise 48
- S.V. Oborin* Problems of forecasting and geological study of
water-rich sites in high-rifted zones of sedimentary cover rocks
on an example of deposits of underground waters
in the Kirov Area 50

AGRICULTURAL CLIMATOLOGY

- T.K. Sheshegova, O.M. Snegireva* New ecologically-safe
bio-preparations and oats cultivation technologies 54

METHODOLOGY And METHODS of RESEARCH. MODELS And FORECASTS

- V.A. Lobanov, V.Yu. Poljakov* Modern methods of engineering
hydrology for the solution of ecological problems 58

ECOLOGICAL RISK And ECOLOGICAL SAFETY

- A.G. Nazarov* Radiation catastrophe: the essence
of the notion 71

ECOLOGICAL EDUCATION

- A.A. Shirokikh* Mycological excursions in the course
of Ecology 82
- R.R. Kabirov* Forming ecological competence of the students
in the process of university studies 86

ECOLOGICAL PORTRAIT of ENTERPRISE INFORMATION

- L.M. Kuimova* Ecological aspects of energy production 89
- V.M. Nazarenko* XIII International conference on ecological
education «Ecological education for sustainable development:
experience and prospects» 92
- A.I. Vidjakin* 1-st International conference on preservation
of wood genetic resources in Siberia 97

УДК 582.232:574.4:581.524(1-924.81)

Цианопрокариотическое «цветение» водоёмов восточноевропейских тундр (флористические и функциональные аспекты)

© 2007. Е.Н.Патова

Институт биологии Коми НЦ УрО РАН

Рассмотрены флористические и функциональные аспекты цианопрокариотного «цветения» разнотипных водоёмов восточноевропейских тундр. «Цветение» водоёмов вызывает около 20 видов цианопрокариот из родов: *Anabaena*, *Aphanizomenon*, *Microcystis*, *Nodularia*, *Gloeotrichia* и др. Чаще «цветут» водоёмы дельты р. Печоры, в наименьшей степени – термокарстовые и ледниковые озёра. Численность цианопрокариот при «цветении» составляла 0,4-50 млн. кл.л⁻¹. «Цветение» цианопрокариот наблюдалось при широкой амплитуде физических и гидрохимических параметров.

Floristic and functional aspects cyanoprokaryota «bloom» of polytypic water bodies of east-European tundras was considered. «Bloom» of reservoirs cause about 20 of cyanoprokaryota species from genera: *Anabaena*, *Aphanizomenon*, *Microcystis*, *Nodularia*, *Gloeotrichia*, etc. Reservoirs of delta Pechora River often «bloom», in the least degree - thermokarst and glacial lakes. Number cyanoprokaryota at «bloom» period made 0,4-50 million cells·l⁻¹. «Bloom» cyanoprokaryota was observed at wide amplitude of physical and hydrochemical parameters.

«Цветением» воды называют массовое развитие одного или нескольких видов водорослей, обитающих в толще воды или на дне водоёмов. «Цветение» могут вызывать представители разных отделов водорослей. В пресноводных экосистемах чаще других «цветение» вызывают синезелёные (цианопрокариоты), золотистые, жёлтозелёные, диатомовые, криптофитовые и зелёные водоросли. В умеренных масштабах «цветение» повышает биологическую продуктивность водоёмов [1], что связано с поступлением в водную среду продуктов жизнедеятельности водорослей: белков, свободных аминокислот, углеводов, витаминов, макро- и микроэлементов, стимулирующих развитие гидробионтов. «Гиперцветения» ухудшают качество воды, снижают биологическую продуктивность, представляют серьёзную угрозу для жизни и здоровья людей, вызывают болезни и массовую гибель рыб, бентосных, планктонных и нейстонных беспозвоночных, а также водоплавающих птиц и млекопитающих, создают проблемы на водозаборных станциях, водохранилищах, рекреационных водоёмах [1, 2].

«Цветение» возникает при нарушении экологического баланса, как в незагрязнённых природных водоёмах, так и в водоёмах, находящихся под влиянием антропогенного эвтрофирования. Особенно актуальной проблема «цветения» становится со второй половины XX века в связи с интенсивным развитием промышленности и сельского хозяйства, в результате деятельности которых значительно увеличивается поступление биоген-

ных элементов и органических веществ в водную среду, заметно повышается трофический статус водоёмов.

В настоящее время «цветение» наблюдается во всех природно-климатических зонах Земли, северные и арктические регионы не составляют исключения. «Цветут» небольшие и крупные реки, их эустарии, большие и мелкие озёра, пруды и водохранилища, опреснённые морские акватории и моря. Изучением «цветения» занимаются научно-исследовательские коллективы, специалисты-практики, оценивающие качество водной среды в производственных целях, и медики с санитарно-гигиенических позиций. Об актуальности этой проблемы говорит большое число публикаций в научных, научно-практических, популярных изданиях и Интернете, значительное число международных программ и договоров по исследованию процессов и возбудителей «цветения», финансируемых правительствами и фондами различных государств.

Одними из основных и опасных возбудителей «цветения» воды являются цианопрокариоты=синезелёные водоросли=цианобактерии. Это связано со способностью данной группы прокариотных организмов продуцировать токсины, опасные для человека и животных. Изучению токсических свойств цианопрокариот посвящено множество публикаций [3, 4]. Благодаря успехам в развитии аналитической химии удалось выделить из токсичных цианопрокариот и структурно определить три нейротоксина – анатоксин-а, анатоксин-а(s) (группа нейротоксичных алкалоидов,

продуцируемых видами родов *Anabaena*, *Oscillatoria* и *Aphanizomenon*, ЛД₅₀ составляет 20 мкг кг⁻¹ веса (для мышей)) и сакситоксин (нейротоксичный алкалоид, вызывающий блокировку натриевых каналов нервных клеток, продуцируют – *Lyngbya*, ЛД₅₀ – 10 мкг кг⁻¹); один общий цитотоксин – цилиндроспермопсин (циклический алкалоид, прежде всего, затрагивает печень, хотя может наносить значительное повреждение другим главным органам, продуцируют – *Cylindrospermopsis*, ЛД₅₀ 200 мкг кг⁻¹), а также группу токсинов (60 видов), называемых микроцистинами (или нодуларинами – встречаются у видов солоноватых вод), низкомолекулярные пептидные токсины – гепатотоксины, которые являются ингибиторами белковой фосфатазы, вызывают обширный некроз печени, большинство из них обнаруживается в самых различных родах цианопрокариот, а некоторые виды содержат по несколько микроцистинов, ЛД₅₀ 50-300 мкг кг⁻¹) [2-4].

Токсины цианопрокариот влияют на сердечно-сосудистую и иммунную системы, деятельность печени и других органов человека. Всё чаще регистрируются отравления людей при употреблении рыбы и других продуктов, содержащих токсины цианопрокариот: микроцистин, анатоксин и другие сильнодействующие вещества, которые вызывают у человека опухолевые новообразования, раздражения кожи, аллергические реакции [1, 2-4, 5]. Наибольшую опасность представляют гепатотоксины, разрушающие печень человека и животных и способные в короткие сроки вызвать циррозы и раковые новообразования. Зарегистрированы аллергические реакции или реакции в виде раздражения кожи разной степени тяжести, вызванные целым рядом пресноводных родов цианопрокариот (*Anabaena*, *Aphanizomenon*, *Nodularia*, *Oscillatoria*, *Gloetrichia*) после воздействия во время отдыха или занятия водными видами спорта. Симптомы отравления токсинами цианопрокариот - боль в животе, тошнота, рвота, понос, боль в горле, сухой кашель, головная боль, образование пузырей во рту, атипичная пневмония и повышенное содержание печёночных ферментов в сыворотке, а также симптомы сенной лихорадки, головокружение, усталость, раздражение кожи и глаз [1-5].

В связи с вышесказанным изучение цианопрокариотного «цветения» водоёмов является не только фундаментальной проблемой, направленной на изучение закономерностей функционирования водных экосистем, но и прикладной – для решения задач, связанных

с охраной здоровья людей и качеством водной среды. Единая система мониторинга за токсичным «цветением» водоёмов в России, к сожалению, отсутствует. Проводятся только локальные исследования, в тех или иных регионах, где данная проблема является актуальной. В восточноевропейской части России исследования токсичности цианопрокариот не проводились, имеются только наблюдения, связанные с изучением разнообразия и распространения цианопрокариот.

Как показали проведённые многолетние исследования, на территории восточноевропейских тундр (включающих Большеземельскую и Малоземельскую тундры) и прилегающих к ним районов «цветение» тундровых водоёмов наблюдается довольно часто и регулярно. Особенно подвержены «цветению» водотоки и водоёмы в зонах эустариев и дельт, а также водоёмы, испытывающие заметное антропогенное воздействие. Именно цианопрокариоты являются одной из ведущих групп, вызывающих «цветение» тундровых озёр в нашем регионе [6, 7, 9], как и в водоёмах других регионов бореальной зоны [1].

Из всего выявленного разнообразия в водоёмах восточноевропейских тундр – 304 вида, лишь около 20 видов являются доминантами и способны вызывать «цветение». Это виды из родов: *Anabaena*, *Nostoc*, *Aphanizomenon*, *Trichodesmium*, *Microcystis*, *Nodularia*, *Rivularia* и *Gloetrichia*. Цианопрокариоты, отмеченные в фитопланктоне с высоким обилием, а также виды, развитие которых достигает степени «цветения» в озёрах и водотоках, приведены в таблице 1. Представители этих родов отмечены при «цветении» тундровых водоёмов Шведской, Кольской, Таймырской и Канадской тундр [6]. Обращает на себя внимание тот факт, что большая часть видов, вызывающих «цветение» водоёмов тундры, относится к азотфиксирующим видам, что многие авторы связывают с усилением экстремальности среды, приводящей к возрастанию роли азотфиксаторов в накоплении первичной продукции водоёмов и азотном балансе [6].

В большинстве обследованных озёр степень «цветения» водоёмов по шкале достигала I-III баллов [8]. Наиболее часто (с высокой степенью встречаемости) среди возбудителей «цветения» тундровых водоёмов отмечены: *Aphanizomenon flos-aquae*, *Anabaena flos-aquae*, *A. lemmermannii*, *A. solitaria*, *A. scheremetievi*, *A. hassalii*, *Nostoc linckia*, *Planktothrix agardhii*, *Rivularia planctonica*, *Gloetrichia echinulata* и *Microcystis pulverea* (табл. 1, рис. 1 (цветная вкладка)).

Цианопрокариоты, вызывающие «цветение» водоёмов восточноевропейских тундр
(по данным 1998 – 2005 гг.)

Таксон	Стадия цветения*
<i>Anabaena circinalis</i> (Kütz.) Hansg. [syn : <i>Anabaena hassalii</i> (Kütz.) Wittrock]	III
<i>Anabaena cylindrica</i> Lemm.	I
<i>Anabaena flos-aquae</i> Breb.	IV
<i>Anabaena inaequalis</i> (Kütz.) Born. et Flah.	I
<i>Anabaena lemmermannii</i> Richter	IV
<i>Anabaena smithii</i> (Kom.) M. Watanabe [syn.: <i>Anabaena scheremetievi</i> Elenk.]	II
<i>Anabaena solitaria</i> Klebahn.ex Born. et Flah.	II
<i>Aphanizomenon flos-aquae</i> (L.) Ralfs ex Born. et Flah.	IV
<i>Aphanocapsa inserta</i> (Lemm.) Cronb. et Kom. [syn.: <i>Microcystis pulverea</i> f.inserta (Lemm.)Elenk]	II
<i>Gloeotrichia echinulata</i> (J.S. Smith et Sowerby) Rich. ex Born. et Flah.	III
<i>Lyngbya majuscula</i> Harvey	I
<i>Microcystis aeruginosa</i> (Kütz.) Kütz.	II
<i>Nodularia harveyana</i> (Thwaites) Thur. ex Born. et Flah.	II
<i>Nostoc linckia</i> (Roth) Born ex Born. et Flah.	III
<i>Oscillatoria limosa</i> Ag. ex Gom.	II
<i>Planktothrix agardhii</i> (Gom.) Anagn & Kom. [syn.: <i>Oscillatoria agardhii</i> Gom.]	I
<i>Trichodesmium lacustre</i> Kleb. [syn.: <i>Oscillatoria lacustris</i> (Kleb.) Geitl.]	III
<i>Rivularia planctonica</i> Elenk.	II
<i>Trichormus variabilis</i> (Kütz. ex Born. et Flah.) Kom. et Anagn. [syn.: <i>Anabaena variabilis</i> Kütz. ex Born. et Flah.]	II
<i>Woronichinia naegeliana</i> (Unger) Elenk.	I

Примечание: * – степень цветения воды определяли визуально по шкале [8]: I – начальная, редкие колонии водорослей в толще воды, биомасса менее 1 мг/л; II – слабое, значительное число колоний в воде, появление плёнок водорослей на поверхности воды, биомасса 1-4 мг/л; III – умеренное, образование скоплений всплывших водорослей, биомасса 5-10 мг/л; IV – сильное, наблюдается образование пятен «цветения» и нагонных масс водорослей, биомасса 11-50 мг/л.

Чаще всего «цветение» наблюдали в водоёмах дельты р. Печоры и лайдовых озёрах, в наименьшей степени «цветению» подвержены термокарстовые и ледниковые озёра (рис. 2.).

Среди видов, вызывающих «цветение» термокарстовых и ледниковых озёр, чаще других отмечены: *Anabaena flos-aquae*, *A. lemmermannii*, *A. solitaria*, *A. smithii*, *A. circinalis*, *Nostoc linckia*, *Oscillatoria limosa*, *Gloeotrichia echinulata*, *Aphanocapsa conferta*, *A. elachista*, *A. grevillei* [9]. Другие исследователи указывают также на массовое развитие в озёрах Большеземельской тундры *Anabaena tenericaulis*, *Planktolynngbya limnetica*, *Anabaena verrucosa* [6, 7]. К часто встречающимся с высоким обилием (3-6 баллов) видам в таких озёрах могут быть отнесены: *Snowella lacustris*, *Gomphosphaeria aponina*, *Coelosphaerium kuetzingianum* и виды рода *Nostoc*.

В пойменных озёрах наряду с перечисленными выше видами рода *Anabaena* отмечено «цветение» *Gloeotrichia echinulata* и *Rivularia planctonica* и высокое обилие *Anabaena*

inaequalis, *A. zinserlingii*, *Aulosira laxa*, *Nostoc linckia*, *N. paludosum*, а также видов из родов *Gomphosphaeria*, *Snowella*, *Woronichinia*, *Aphanocapsa* и *Microcystis*.

В составе планктона лайдовых озёр, испытывающих влияние солоноватых водных масс дельты реки Печоры, морской воды Печорского и Баренцева морей, развиваются виды, предпочитающие условия повышенной минерализации, галофилы или индифферентные к солёности. В течение ряда лет в июле-августе наблюдали «цветение» водоёмов, расположенных в зоне влияния приливов – отливов в дельте р. Печора и на побережье Баренцева моря, вызванное развитием видов *Aphanizomenon flos-aquae*, *Nodularia harveyana*, *N. spumigena*, *Tychonema bornetii*, *Lyngbya hieronymusii* и *L. majuscula* [9]. Наряду с этими видами в планктоне часто с высоким обилием присутствуют *Anabaena lemmermannii*, *A. flos-aquae* и *A. spiroides*.

В реках тундровой зоны массовое развитие цианопрокариот наблюдается не часто.

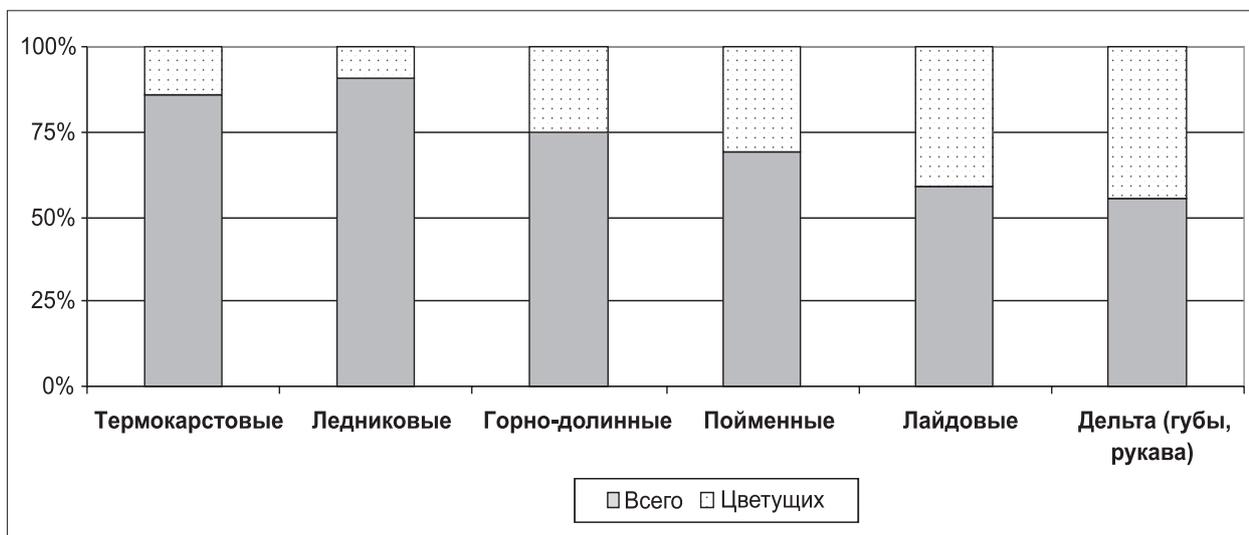


Рис. 2. Доля водоёмов (от общего числа исследованных), в которых отмечено «цветение» цианопрокариот

«Цветение», характерное для рек более южных регионов [10], для обследованных водотоков отмечено только в зонах эустариев. Чаще всего «цветение» вызывали: *Aphanizomenon flos-aquae*, *Anabaena flos-aquae*, *Anabaena circinalis var. macrospora*, *Nodularia harveyana*. Наиболее интенсивное «цветение» за всё время исследований было отмечено в дельте р. Печоры и её эустарии, степень развития цианопрокариот можно оценить как «гиперцветение». Период «цветения» довольно длительный, в разные годы наблюдали развитие этого процесса с конца июля до начала сентября.

Массовое развитие цианопрокариот в фитопланктоне разных типов тундровых водоёмов, преобладание в планктоне крупных колониальных и нитчатых форм цианопрокариот позволяют говорить о значительном вкладе этой группы в продукцию фитопланктонных сообществ. В Большеземельской тундре их численность может достигать 1,5 - 20 млн кл./л, при этом синезелёные формируют до 20-80% биомассы [6, 7]. В период «цветения», по нашим данным, численность этой группы микроорганизмов в разных типах водоёмов составляла от

0,4 до 50 млн. кл./л (табл. 2). Максимальные значения были зарегистрированы для дельты реки Печоры и лайдовых озёр, соединяющихся протоками с дельтой и опреснёнными участками моря. Эти значения соответствуют величинам, отмеченным при цветении прокариот в более южных регионах [11]. По рекомендации Всемирной организации здравоохранения для защиты здоровья от последствий, вызванных действием цианотоксинов, введён рекомендуемый ориентировочный уровень 20 млн. цианопрокариотных клеток/л (что соответствует 10 мкг *хлорофилла а* на литр в условиях доминирования цианопрокариот). Уровень 50-100 млн. цианопрокариотных клеток/л (эквивалентный примерно 50 мкг *хлорофилла а* на литр, если доминируют цианопрокариоты) представляет рекомендуемую ориентировочную величину для сигнала об умеренной опасности в водах, используемых в рекреационных целях [1-5].

«Цветение» цианопрокариот в планктоне тундровых водоёмов наблюдалось при широкой амплитуде физических и гидрохимических параметров. Основные показатели в период «цветения» разных видов приведены на рисун-

Таблица 2

Количественные показатели развития цианопрокариот при «цветении» разнотипных водоёмов восточноевропейских тундр (по данным 1998 – 2004 гг.)

Показатели*	Водоёмы				
	Термокарстовые	Пойменные	Горно-долинные	Лайдовые озёра	Дельта р. Печоры
Численность, млн. кл/л	$\frac{0,4-0,8}{0,5 \pm 0,2}$	$\frac{1,5-2,5}{1,8 \pm 0,6}$	$\frac{0,2-2,0}{1,3 \pm 0,6}$	$\frac{5,0-10}{7,1 \pm 2,0}$	$\frac{10-50}{23,5 \pm 5,0}$
Биомасса, мг/л	$\frac{0,3-1,0}{0,5 \pm 0,1}$	$\frac{0,3-3,0}{1,8 \pm 1,0}$	$\frac{0,2-3,0}{1,6 \pm 0,8}$	$\frac{5-10}{6,5 \pm 1,2}$	$\frac{10-20}{12 \pm 2,3}$

Примечание: *в числителе разброс значений, в знаменателе – средние значения.

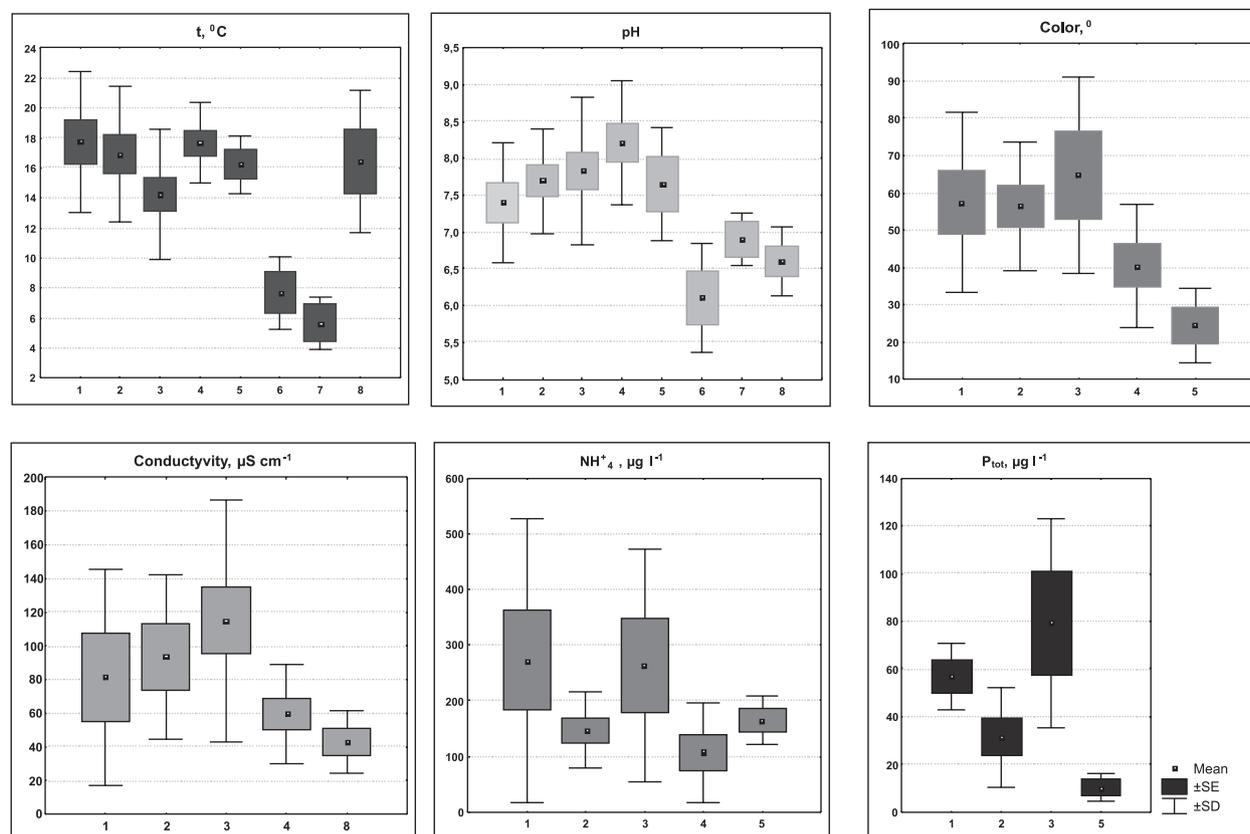


Рис. 3. Физико-химические параметры исследованных водоёмов в момент массового развития цианопрокариот: 1 – *Anabaena flos-aquae*, 2 – *A. lemmermannii*, 3 – *Aphanizomenon flos-aquae*, 4 – *Gloeotrichia echinulata*, 5 – *Rivularia planctonica*, 6 – *Trichodesmium lacustre*, 7 – *Lyngbya majuscula*, 8 – *A. cylindrica*. Mean – среднее значение, SE (standard error) – стандартная ошибка, SD (standard deviation) – стандартное отклонение.

ке 3. Развитие «цветения» ряда видов наблюдали при относительно высоких температурах 14-18°C, такие значения в тундровых озёрах наблюдаются обычно в середине июля-августе в солнечные, тёплые дни. При более низких температурах отмечено массовое развитие двух видов *Trichodesmium lacustre*, *Lyngbya majuscula*, «цветение» которых было зарегистрировано для первого в термокарстовых заболоченных озёрах, второго – в лайдовых озёрах на побережье. Кислотность среды была от слабо кислой до слабощелочной, средние значения находятся в диапазоне от 6,5 до 8,2. Относительно высокие значения pH, мало характерные для тундровых водоёмов, можно объяснить тем, что при интенсивном развитии цианопрокариот их фотосинтетическая активность, а затем разложение после отмирания приводят к значительному подщелачиванию водной среды [10].

Средние значения цветности (Color, °Pt-Co шкалы) находились в диапазоне 25-65 градусов, что не отличается от обычных показателей цветности тундровых водоёмов.

Электропроводность (Conductivity, $\mu\text{S cm}^{-1}$) в «цветущих водоёмах» также не отличалась от показателей «не цветущих» водоёмов. Общеизвестно, что одно из ведущих влияний на развитие процессов «цветения» оказывает содержание в водной среде азота и фосфора и их соотношение. При сопоставлении роли азота и фосфора в «цветении» водоёмов как основных биогенных веществ в формировании биологической продуктивности водоёмов и их эвтрофировании наиболее критическим признан фосфор, поскольку снижение его концентрации чаще всего изменяет скорость роста цианопрокариот и других водорослей [10]. Количество фосфора в олиготрофных озёрах по современным представлениям составляет 5-13 мкг/л, олигомезотрофных – 10-21, эвтрофных – 16-93 мкг/л [10]. Средние значения содержания общего фосфора, наблюдаемые при «цветении» в исследованных нами водоёмах, варьировались в пределах от 10 до 80 мкг/л, азота – от 100 до 280 мкг/л, т. е. «цветение» было зарегистрировано как в эвтрофных, так и олиготрофных водоёмах. Наиболее требователь-

ным к содержанию азота и фосфора в воде оказались мезосапробные виды *Anabaena flos-aquae* и *Aphanizomenon flos-aquae*, которые и вызывали «цветение» водоёмов (мезотрофных и эвтрофных) чаще других видов. Массовое развитие этих двух видов цианопрокариот было отмечено в течение ряда сезонов в фитопланктоне водоёмов дельты р. Печоры, что связано с повышенным содержанием в водной среде биогенных соединений (включая $N_{\text{общ}}$, $P_{\text{общ}}$) и органических веществ [12] вследствие их накопления в этой части русла. Обильное развитие этих видов приурочено также к слабoproточным или стоячим водоёмам, соединяющимся протоками с дельтой. Менее требовательной к содержанию азота и фосфора оказалась *Anabaena lemmermannii*, «цветение» которой наблюдали в олиготрофных и олигомезотрофных водоёмах. Наименее требовательными к содержанию азота и фосфора из изученных видов оказались *Gloeotrichia echinulata* и *Rivularia planctonica*.

Развитие цианопрокариот более резко выражено в мелководной части озёр, поскольку скорость оборота минерального фосфора в защищённой прибрежной части водоёма, где формируется основное «цветение», на несколько порядков выше, чем в открытой, как правило, глубоководной части водоёмов. Процесс «цветения» тесно связан также с морфометрией озёр. Малые и средние озёра в связи с относительно небольшими объёмами воды и более полной циркуляцией в период гоиотермии сильнее подвер-

жены влиянию «цветения». Это связано с поступлением соединений фосфора и азота из нижних слоёв в верхние в период летнего прогрева водоёмов, когда выносятся максимальное за год количество фосфора и азота [5, 10].

Массовое разрастание водорослей наблюдали в разные периоды вегетационного сезона, но в основном развитие цианопрокариот до стадии «цветения» чаще всего происходит с середины июля до начала сентября. В обследованных водоёмах с 1995-го по 2004 год, где было отмечено «цветение», большая часть водоёмов «цвела» как раз в этот период (рис. 4). Многие авторы указывают на эти же сроки «цветения» северных водоёмов [1, 6, 7, 13].

В период «цветения» крупных водотоков р. Печоры и ее притоков, озёр, используемых для водозабора и в хозяйственно-бытовых целях, возникают проблемы с чистой питьевой водой, что, несомненно, оказывает отрицательное влияние на здоровье людей. К сожалению, до настоящего времени изучения токсичности видов, вызывающих «цветение» на территории восточноевропейских тундр не проводилось. В таблице 3 приведены списки цианопрокариот, обнаруженных в водоёмах восточноевропейских тундр и других регионов Арктики, которые потенциально могут продуцировать токсины.

В дальнейшем необходима организация исследований по изучению токсических свойств цианопрокариот, вызывающих «цве-

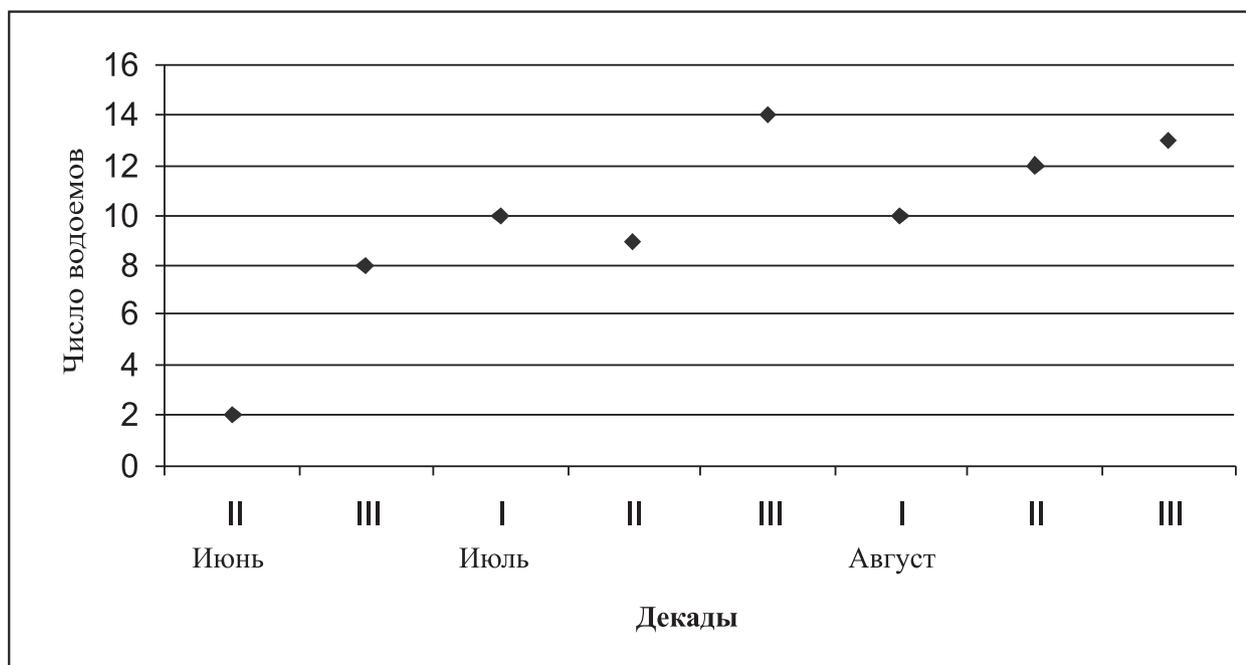


Рис. 4. Распределение числа «цветущих» водоёмов по декадам (использованы данные за 1995 – 2004 г.)

Роды цианопрокариот, виды которых отмечены в восточноевропейских тундрах, потенциально способные продуцировать токсины [2–4]

Род	Продуцирует токсины
<i>Anabaena</i>	Анатоксины, Микроцистины, Сакситоксины, LPS's
<i>Anabaenopsis</i>	Микроцистины, LPS's
<i>Aphanizomenon</i>	Сакситоксины, Цилиндроспермопсин, LPS's
<i>Cylindrospermopsis</i>	Цилиндроспермопсин, Сакситоксины, LPS's
<i>Hapalosiphon</i>	Микроцистины, LPS's
<i>Lyngbya</i>	Аплизиатоксины, Лингбиатоксин-а, LPS's
<i>Microcystis</i>	Микроцистины, LPS's
<i>Nodularia</i>	Нодуларин, LPS's
<i>Nostoc</i>	Микроцистины, LPS's
<i>Phormidium (Oscillatoria)</i>	Анатоксины, LPS's
<i>Planktothrix (Oscillatoria)</i>	Анатоксины, Аплизиатоксины, Микроцистины, Сакситоксины, PS's
<i>Schizothrix</i>	Аплизиатоксины, LPS's
<i>Trichodesmium</i>	не идентифицированы

тение» водных масс и проведение наблюдений за процессами «цветения» в разнотипных тундровых водоёмах и водотоках, а также за основными экологическими факторами, влияющими на этот процесс. Выявление условий, приводящих к продуцированию токсинов штаммами цианопрокариот. Организация наблюдений за процессами «цветения» в разнотипных тундровых водоёмах и водотоках. Разработка рекомендаций по предотвращению «цветения» водоёмов и выпуск информационных материалов для населения о влиянии «цветения» воды на здоровье.

Литература

1. Белякова Р.Н., Виноградова Л.Н., Гогорев Р.М, Волошко Л.Н., Гаврилова О.В. Водоросли, вызывающие «цветение» в водоёмах северо-запада России. С.Пб.: Наука, 2006. 220 с.
2. Willen, T., Mattsson, R. Water-blooming and toxin-producing cyanobacteria in Swedish fresh and brackish waters, 1981-1995. *Hydrobiologia*, 1997. 353. P. 181-192.
3. Carmichael, W. W. «The cyanotoxins» In: Callow, J. A. eds. *Advances in Botanical Research*, Academic Press. London, 1997. P. 211-256.
4. Sivonen, K. Cyanobacterial toxins and toxin production. *Phycologia*, 1996. 35. P. 12-24.
5. Гладышев М.И., Колмаков В.И., Кравчук Е.С., Иванова Е.А., Трусова М.Ю., Грибовская И.В., Жиленков М.Д. Рост и выживание цианобактерий в эксперименте в водах цветущего и нецветущего водоёмов // Доклады АН, 2000. Т. 375, № 2. С. 272-274.
6. Гецен М.В. Водоросли в экосистемах Крайнего Севера (на примере Большеземельской тундры). Л.: Наука, 1985. 165 с.

7. Трифонова И.С., Петрова А.Л. Структура и динамика биомассы фитопланктона // Особенности структуры экосистем озёр Крайнего Севера. СПб.: Наука, 1994. С. 80-109.

8. Оксийук О.П., Стольберг Ф.В. Управление качеством воды в каналах. Киев: Наук. думка, 1986. 176 с.

9. Патова Е.Н. Суанорфита в водоёмах и почвах восточноевропейских тундр // Ботан. журн., 2004. Т. 89, №9. С. 1403-1419.

10. Сиренко Л.А., Гавриленко М.Я. «Цветение» воды и эвтрофирование. Киев: Наук. думка, 1978. 230 с.

11. Кравчук Е.С. Эколого-физиологические аспекты «цветения» воды синезелёными водорослями в двух разнотипных водохранилищах (Район Красноярска): автореф... канд. биол. наук. Красноярск, 2004. 21 с.

12. Лукин А.А., Даувальтер В.А., Новоселов А.П. Экосистема реки Печоры в современных условиях. Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 2000. 192 с.

13. Ермолаев В.И., Левадная Г.Д., Сафонова Т.А. Альгофлора водоёмов окрестностей Таймырского стационара // Биогеоценозы Таймырской тундры и их продуктивность. Л.: Наука, 1971. С. 116-129.

Автор признателен коллегам из Института биологии Коми НЦ УрО РАН М.Д. Сивкову за часть предоставленных проб и всестороннюю помощь в обработке материала, А.С. Стениной и Л.Г. Хохловой за сборы ряда альгологических и некоторых гидрхимических проб, а также аналитикам аккредитованной лаборатории «Экоаналит» ИБ за гидрохимический анализ проб воды. Исследования проведены при поддержке гранта РФФИ 07-04-00443-а.

Альгоценозы водно-наземных экотонов и их экологическая характеристика

© 2007. М.Ю.Шарипова

Башкирский государственный университет

Рассмотрены экологические особенности альгоценозов водно-наземных экотонов рек и озер Южно-Уральского региона. Локальные экотоны – бенталь, урез воды и пойма характеризовались различной таксономической структурой и экологическими спектрами водорослей. Отличия выявлены и в структуре альгоценозов рек по сравнению с озёрами.

There were studied ecological characteristics of water-terrestrial river's and lake's ecotones of the South Ural region. Local ecotones – benthic, water bound and river valley were differed by taxonomical structure and ecological specters of algae. Differences were revealed also in the structure of river's and lake's algalocenoses.

Экотоны характеризуются интенсивным протеканием внутриводоёмных процессов, следствием которых является повышенная самоочистительная способность. Эти переходные пространства служат местом формирования и сохранения видového и биологического разнообразия. На экотонных территориях образуются экотонные биотические сообщества и экотонные системы. Неустойчивость факторов среды представляет одну из главных особенностей экотонных территорий, что определяет специфические для них структуру, режим функционирования, механизмы устойчивости и условия развития. Экотоны определяют возможность континуальности биогеоценотического покрова, осуществляя функцию соединения (собственно, они играют роль «швов») различных природных или природных и агротехноприродных систем и одновременно исполняют роль природных мембран и буферную функцию, а также функцию рефугиумов для ряда видов организмов [1].

Основные свойства водно-наземных экотонов связаны с проблемами, которые на современном этапе со всей остротой встали перед человечеством. Сюда следует отнести охрану окружающей среды и утилизацию загрязнённых стоков [2]. Многие водно-наземные экотоны характеризуются неустойчивостью параметров среды, большим таксономическим разнообразием организмов, смешением и сосуществованием представителей водных и наземных фаун и флор, высокой численностью и биомассой, хорошо выраженным «краевым эффектом», сильной подверженностью внешним воздействиям, в том числе со стороны человека.

По реакции альгоценозов экотонов оценивают характер и степень антропогенного воздействия. О степени нарушения судят по характеру изменения альгогруппировок на участке, подвергшемся антропогенному воздействию, и контрольном, т. е. перестройке структуры сообществ. Кроме того, выявляют индикаторные виды водорослей, поскольку водоросли благодаря стенобиотности многих видов способны расти и развиваться только в определённых условиях существования. Наряду с численностью, биомассой, обилием видов, индексом видového разнообразия в качестве показателя загрязнения используются также изменения экологического спектра водорослей.

Исследования водно-наземных экотонов были проведены нами на территории Южно-Уральского региона. Альгоценозы экотонов вода-суша изучали в долинах рек Белая, Ай, Ик, Усолка, Шульган, Басу и озёрных котловинах карстовых (Аслы-куль, Елки-Сыккан, Игышма, Волчок) и пойменных озёр (Архимандритское, Ивакуль, Долгое). В долинах рек трансекты закладывали от рипали через пойму, в озёрных котловинах – через береговую область озёрной котловины, которая включала литораль и береговой склон. В экотонах вода-суша экологический анализ был сделан отдельно по водным и вневодным местообитаниям. Мы выделяли бентос литоральной зоны водоёмов и водотоков, зону уреза воды и почвенные водоросли пойм рек и склонов озёрных котловин. В пойме рек пробы отбирали в следующих зонах: прирусловой, центральной и притеррасной.

Донные водоросли литоральной зоны озёр и рипали рек были представлены в ос-

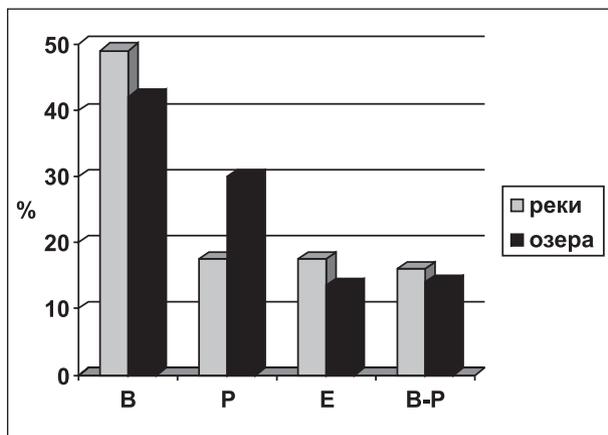


Рис. 1. Соотношение водорослей бентали по местообитанию (В – бентосные, Р – планктонные, Е – эпифиты, В-Р – планктонно-бентосные)

новном бентосными формами. Всего из 391 выявленного вида есть данные о местообитании 222 таксонов: 154 – для рек и 148 – для озёр. Из них 75 видов в реках и 62 в озёрах приурочены к бентосу. Распределение водорослей по местообитанию отражено на гистограмме (рис. 1). И в речных, и в озёрных экотонах распределение в целом сходно. Но в экотонах озёр в составе донных водорослей литорали больше планктонных организмов, обрастатели и планктонно-бентосные формы одинаково представлены среди донных водорослей. Обращает на себя внимание значительная доля видов, для которых характерно обитание и в планктоне, и в бентосе (рис. 1).

Сведения о географическом распространении водорослей известны для 214 видов, что составляет 67%. Флора представлена на 65-72% видами-космополитами (рис. 2).

В составе бентосных сообществ обследованных водных экосистем по галобности преобладают индифференты, по отношению к рН в озёрах – индифференты, а в реках –

алкалифилы (табл. 1). Мезогалобов и галофилов в составе бентоса речных экосистем больше, чем в озёрных. Единично они встречаются во всех реках, но часто – только в реках с повышенной минерализацией: Усолке и Ике. Это такие виды, как *Nitzschia hungarica*, *Amphora coffeaeformis* var. *perpusilla* (в Усолке), *Nitzschia obtusa* var. *nana*, *N. sigma* var. *curvula* (в реке Ик). Распределение видового состава водорослей по отношению к загрязнению органическими веществами свидетельствует о преобладании в водоёмах и водотоках мезосапробных условий.

В зоне уреза воды идентифицировано 232 таксона водорослей рангом ниже рода. Из них типично водных (гидрических) 117 видов и разновидностей, из остальных 115, обитающих и в воде, и в почве, часто в почвах встречаются 76 видов и разновидностей. Они выделены нами в группу эдафотфильных форм. Таким образом, на экотоне между водной и наземной средами обитания 50% видового состава водорослей являются типичными обитателями водных экосистем и только 33% – эдафотфильными видами (табл. 2).

Очевидно, что среди гидрических и амфибиальных форм преобладают диатомовые, а эдафотфильных – синезелёные водоросли (цианобактерии). Интересно, что в экотонах вода-суша озёр на урезе количество гидрических форм значительно меньше, чем в речных экотонах. Соответственно меньше и доля диатомей, которой представлена эта экологическая группа, а количество зелёных и синезелёных водорослей примерно одинаково. В экотонах озёр на урезе гидрических и эдафотфильных форм водорослей поровну, на урезе в речных экотонах гидрические формы преобладают (рис. 3, 4, 5).

Собственно почвенные водоросли речных пойм и склонов озёрных котловин имели широкий экологический спектр. Экологический

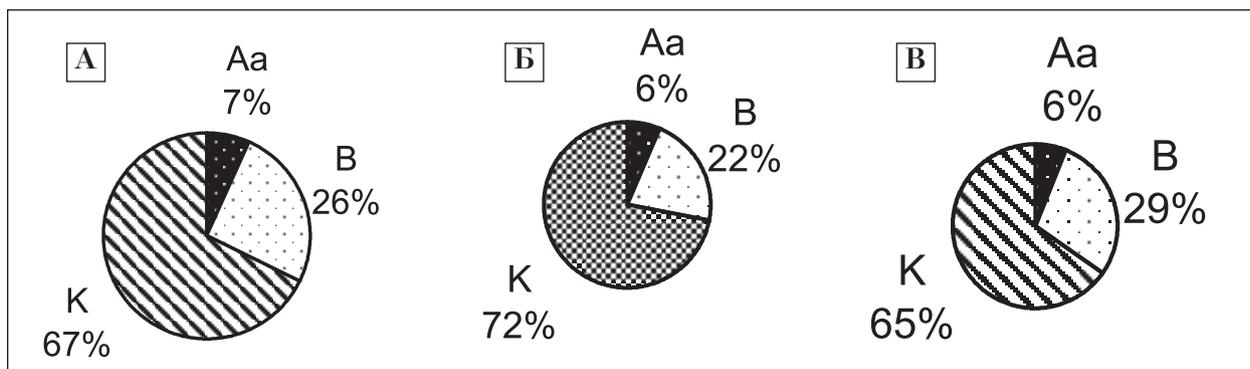


Рис. 2. Экологический спектр водорослей по распространению (А – в целом, Б – реки, В – озёра). Виды: Аа – аркто-альпийские, В – бореальные, К – космополиты

Таблица 1

Экологический спектр бентосной альгофлоры
(количество таксонов (N) и % числа таксонов рангом ниже рода)*

Показатели	Реки		Озера		Флора в целом	
	N	%	N	%	N	%
Местообитание						
Бентосные	75	31	62	24	103	26
Планктонные	27	11	45	17	55	14
Обрастатели	27	11	20	8	33	8
Планктонно-бентосные	25	10	21	8	31	8
Всего:	154	63	148	57	222	57
Галобность						
Мезогалобы	7	3	2	0.7	8	2
Индифференты	111	46	112	43	162	41
Галофилы	25	10	23	9	32	8
Галофобы	5	2	12	5	14	4
Всего:	148	61	149	57.7	216	55
Отношение к активной реакции среды						
Ацидофилы	8	3	9	4	15	4
Алкалифилы	59	24	47	18	70	18
Алкалибионты	5	2	3	1	6	2
Индифференты	46	19	52	20	76	19
Всего:	118	48	111	43	167	43
Сапробность						
Ксеносапробы	9	4	7	3	12	3
Олигосапробы	24	10	29	11	40	10
о-β-мезосапробы	10	4	11	4	15	4
В-мезосапробы	55	23	40	15	64	16
В-α, α, α-β-мезосапробы	20	8	19	7	26	7
Полисапробы	3	1	2	0.7	4	1
Всего:	121	50	108	40.7	161	41

Примечание: * процент от общего количества таксонов в альгоценозах (в реках – 244, озерах – 259, всего – 391)

анализ показал существенную роль в формировании сообществ почвенных водорослей гидрофильных и эдафотрофных видов, относящихся к P-, Ch-, CF-, C- и B-жизненным формам [3]. Резкие колебания влажности воздуха и почвы, а также дефицит питательных элементов – эти факторы являются определяющими в прирусловой части поймы, где не сформирован почвенный покров, и на первой ступени центральной поймы с характерными для нее зернистыми почвами неразвитого почвенного профиля. Влажность же определяется в основном павод-

ковым режимом. С другой стороны, повышенный режим увлажнения в отдельные периоды вызывает развитие видов жизненной формы гидроморфной природы, таких как *Oscillatoria agardhii*, *Nitzschia palea*, *Navicula cryptocephala var. intermedia*, *Diatoma vulgare*, *Achnanthes lanceolata*, *Palmellopsis gelatinosa*, *Scenedesmus quadricauda*.

Спектр жизненных форм водорослей пойм рек можно представить в следующем виде: P₃₂hydr_{.31}Ch₂₆CF₂₄B₂₀C₁₅X₁₅M₁₀amph_{.8}PF₇NF₂. Спектр жизненных форм склонов озёрных

Таблица 2

Соотношение экологических групп водорослей на урезе воды

Отдел	Гидрические		Амфибиальные		Эдафотрофные		Всего	
	N	%	N	%	N	%	N	%
<i>Cyanophyta</i>	10	8,6	8	20,5	34	44,7	52	22,4
<i>Dinophyta</i>	1	0,8	0	0	0	0	1	0,4
<i>Cryptophyta</i>	1	0,8	0	0	0	0	1	0,4
<i>Euglenophyta</i>	2	1,7	0	0	0	0	2	0,9
<i>Bacillariophyta</i>	87	74,4	29	74,4	12	15,8	128	55,2
<i>Xanthophyta</i>	1	0,9	0	0	6	7,9	7	3
<i>Chlorophyta</i>	15	12,8	2	5,1	24	31,6	41	17,7
Итого	117	100	39	100	76	100	232	100

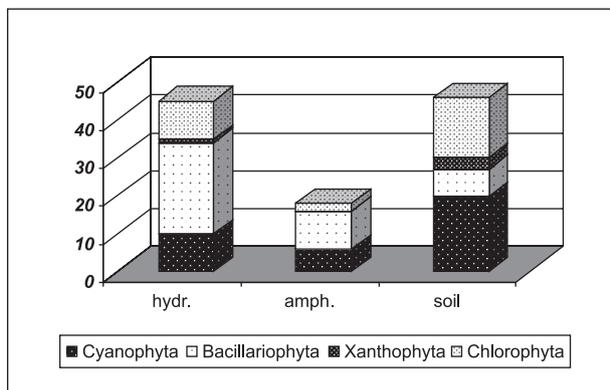


Рис. 3. Соотношение водорослей основных отделов в 3-х экологических группах экотонів вода-суша озёр. По оси ординат – количество видов (hydr. – гидрические, amph. – амфибиальные, soil – эдафотильные)

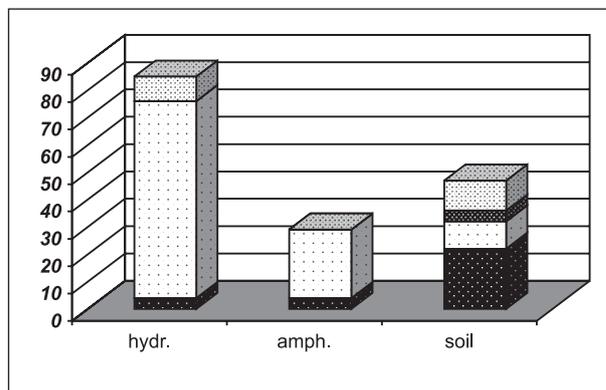


Рис. 4. Соотношение водорослей основных отделов в 3-х экологических группах экотонів вода-суша рек. По оси ординат – количество видов

котловин: $Ch_{21}P_{18}hydr_{18}C_{15}CF_{15}B_{14}X_7H_4M_4$
 $amph_{3}PF_2NF_1$. Несмотря на сходство состава ведущих жизненных форм в экотонах озёр, на первом месте находится Ch-форма, которая представлена одноклеточными (представители родов *Chlorella*, *Chlorococcum*, *Bracteacoccus* и др.), колониальными (виды родов *Chlorosarcinopsis*, *Borodinella*) и частично жёлтозелёными водорослями-убиквистами (*Botrydiopsis arhiza*, *B. eriensis*), а в поймах рек – P-форма: типичные ксерофиты, обитающие в аридных почвах, которые тяготеют к голым участкам минеральной почвы. Это нитчатые синезелёные водоросли родов *Plectonema*, *Phormidium*, которые не образуют значительной слизи, а устойчивость к засухе объясняется свойствами их протопласта [4]. Азотфиксирующие роды этой экологической формы (PF) также доминируют в поймах рек. Они представлены видами *Tolypothrix tenuis*, *T. distorta*, *Microchaete tenera*, *Scytonema ocellatum*, *S. drilosiphon*.

Таким образом, в экотонах вода-суша донные водоросли литоральной зоны озёр и рипали рек представлены в основном бентосными формами. В экотонах озёр в составе бентоса литорали больше планктонных форм, в отличие от рек, где планктонные организмы, обрастатели и планктонно-бентосные формы представлены одинаково. Флора на 65-72% состоит из видов-космополитов. По галобности преобладают индифференты, по отношению к pH: в озёрах – индифференты, а в реках – алкалофилы. В локальном экотоне на разделе водной и наземной сред обитания (на урезе воды) 50% видового состава водорослей являются типичными обитателями водных экосистем и 33% эдафотильными видами. Среди гидрических и амфибиальных форм преобладают диатомовые, а эдафотильных – синезелёные водоросли. В экотонах вода-суша озёр на урезе количество гидрических форм значительно меньше, чем в речных экотонах. Собственно почвенные водоросли речных пойм и склонов озёрных котловин – это виды, способные переносить резкие колебания влажности воздуха и почвы, а также дефицит питательных элементов.

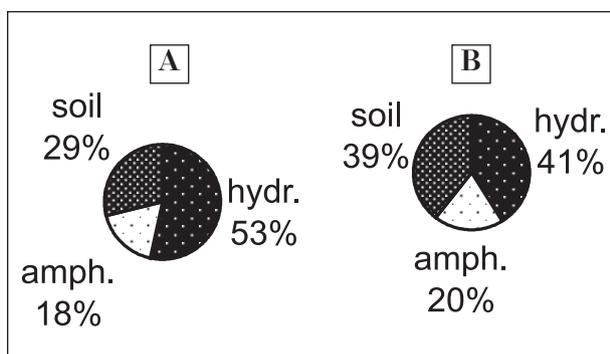


Рис. 5. Соотношение водорослей разных экологических групп на урезе рек (А) и озёр (В). soil – эдафотильные, amph. – амфибиальные, hydr. – гидрические

Литература

1. Залетаев В.С. Мировая сеть водно-наземных экотонів, её функции в биосфере и роль в глобальных изменениях. //Экотонів в биосфере. М.: Изд. РАСХН., 1997. С.77-90.
2. Харченко Т.А. Концепция экотонів в гидробиологии. Гидробиол. журн. 1991. Т. 27 № 4. С.3-9.
3. Штина Э.А., Голлербах М.М. Экология почвенных водорослей. М.: Наука, 1976. 43 с.
4. Алексахина Т.И., Штина Э.А. Почвенные водоросли лесных биогеоценозов. М.: Наука, 1984. 148 с.

Антоциановые пигменты растений и их роль в адаптивной селекции сельскохозяйственных культур

© 2007. С.Ф. Тихвинский, С.В. Доронин
Вятская государственная сельскохозяйственная академия

Рассматривается защитная роль пигментов антоцианов в жизни различных групп сельскохозяйственных растений. Приведены сведения о селекции новых сортов с повышенным содержанием антоциана, обладающих повышенной устойчивостью к неблагоприятным экологическим факторам.

The protective role of anthocyan pigments in life of various groups of agricultural plants is considered. The items of information on selection of new grades with the increased contents of anthocyan, having the stability to adverse ecological factors are given.

Солнце посылает на землю видимые и невидимые лучи с разной длиной волны. Исключительное значение имеет фотосинтетически активная радиация (ФАР). С помощью зелёного пигмента хлорофилла в растениях осуществляется фотосинтез – глобальный процесс, обеспечивающий образование органических соединений и освобождение молекулярного кислорода на планете. В составе солнечного спектра есть и невидимые ультрафиолетовые лучи. Они существенно влияют на здоровье человека, животных и растений. Избыточное ультрафиолетовое излучение вызывает у человека солнечные ожоги, болезни глаз, аллергию и раковые заболевания кожи, изменения в иммунной системе. Страдают от избыточного излучения животные и растения.

Раньше избыточные ультрафиолетовые лучи «отфильтровывал» атмосферный озон и их избыток наблюдался только в горных районах. Но в настоящее время озоновый слой в атмосфере значительно разрушился, появились «озоновые дыры», и вредное влияние избыточного ультрафиолетового излучения на всё живое значительно усилилось. Живые организмы вынуждены защищаться. И защищают их от ультрафиолетового излучения пигменты: у животных и человека – меланины, у растений – антоцианы и близкие к ним меланины. Содержание антоциановых пигментов в растениях горных районов значительно выше. Эти растения часто обладают ценными свойствами (качество продукции, скороспелость, устойчивость к болезням и вредителям и разным стрессам). Они представляют большую ценность для синтетической селекции, особенно в наше время разнообразных экологических стрессов [1, 2].

Кроме того, антоциановые пигменты и близкие к ним меланины дают яркие отличия одного сорта от другого. Цель нашей работы – показать селекционерам наличие этих пигментов в группах культурных растений и возможные пути их использования в селекционной работе.

Сегодня мы знаем о роли антоциановых пигментов намного больше, чем вчера. Но никто не может сказать, сколько ещё непрочитанных глав, посвящённых антоцианам, находится в великой книге природы.

Продовольственные и кормовые пшеницы

Примерно половина зерна пшеницы, произведённого в России, расходуется на продовольственные цели (сильные и ценные сорта). И половина – на фуражные цели. Кормовые сорта должны быть высокоурожайными, высокобелковыми, с хорошим балансом незаменимых аминокислот в составе белка.

Они должны отличаться от продовольственных сортов маркерными морфологическими признаками. У пшеницы есть гены, которые определяют пурпурную (антоциановую) окраску плодовой оболочки. Работа по выведению кормовой пшеницы с фиолетовой и тёмно-красной окраской плодовой оболочки зерна была начата нами в Вятской ГСХА в 1977 году [3]. В 1994 году на Государственное испытание был передан сорт яровой пшеницы Крепкий, с тёмно-красной окраской плодовой оболочки зерна. В 1997 году сорт был включен в Государственный реестр селекционных достижений по Волго-Вятскому и Северо-Западному регионам РФ.

Как кормовая пшеница сорт обладает комплексом хозяйственно ценных признаков: имеет очень крупное, стекловидное, тёмно-красное зерно. Содержание белка в зерне – 15-17%. По сбору белка с гектара превосходит другие сорта. Зерно не прорастает в колосе и не осыпается при перестое. Имеет очень крепкую соломинку, не полегает даже в экстремальных условиях.

В 2007 году в Государственное испытание передан сорт продовольственной пшеницы Вятский усач, со светлым стекловидным зерном. Общая мукомольно-хлебопекарная оценка зерна – 4,5-4,7. Сорт скороспелый, вызревает даже в более суровых условиях Республики Коми.

Работа по выведению новых сортов продовольственной и кормовой пшеницы продолжается.

Яровая рожь с обычным фиолетовым и светлым зерном

Рожь бывает озимая и яровая. Озимая рожь преобладает в производстве. Однако с каждым годом условия перезимовки ржи в северных районах становятся всё более сложными. В результате не менее 10-15% посевов ежегодно погибают. Яровая рожь (ярица) сегодня возделывается лишь в Канаде, Германии, Польше, Швеции на бедных песчаных почвах. Выведены сорта, дающие до 4 тонн зерна и выше.

В коллекции Всероссийского института растениеводства (ВИР) имеется озимая рожь, имеющая зерно с фиолетовой плодовой оболочкой. На основе этой ржи нами получена яровая рожь с фиолетовой окраской плодовой оболочки зерна и получена популяция ржи – «Вятка яровая фиолетовозерная» [4]. В настоящее время работаем с этой популяцией с целью повысить её урожайность. Ещё академик Д.Н. Прянишников указывал, что цвет зерна ржи связан с его технологическими качествами, а академик Н.В. Рудницкий получил рожь со светлой окраской плодовой оболочки зерна.

Пигментированные разновидности и сорта ячменя и овса

Антоциановая пигментация ячменя, как и других растений, определяется доминантными признаками и, очевидно, наиболее ярко должна быть представлена в центрах происхождения этой культуры. Антоциановые формы ячменя наиболее часто встречаются в земледельческих районах Эфиопии и Эритреи, в Малой Азии, Сирии, Палестине, Месопотамии, Закавказье [5]. Если взять в целом, то это горные и пред-

горные районы, где сильно проявляется солнечная радиация и много ультрафиолетовых лучей.

В настоящее время коллекция ячменей Абиссинского генцентра, собранная в ВИРе, насчитывает 960 образцов. Эта коллекция является богатейшим исходным материалом для селекции на устойчивость к болезням и вредителям.

У сортов ячменя антоциановая пигментация может быть выражена не только на зерне, но и на других частях растения (всходы, ушки, язычок, листья, колос и его ости).

Антоциановые пигменты у растений овса встречаются реже, но всходы и стебель ряда сортов несут следы антоциана. В 80-х годах прошлого века в Вятской ГСХА было начато изучение коллекции сортов овса с чёрной окраской цветковых чешуй (меланины) [6]. Изучение продолжается и в настоящее время. Итоги изучения коллекции по продуктивности зерна показали, что лишь немногие сортообразцы приблизились к стандарту. По урожайности зелёной массы и сена почти все чёрноплёчатые сортообразцы превосходили стандарт. Наибольшую урожайность зелёной массы имели сортообразцы Пельсь, Штурмогун 2, Блэк, Осмо, Узбекский широколистный. Их следует использовать как исходный материал для селекции черноплёчатых овсов на зелёный корм и зерносежаж.

Скороспелая холодостойкая сильно пигментированная кукуруза Черничка и Радуга

Гены фиолетовой (антоциановой) окраски внесены нами в популяции кукурузы от старых американских (мексиканских) сортов (Блэк Мексикане) и других. Сначала в популяции встречались лишь единичные фиолетовые зёрна. Но когда на посев использовались только фиолетовые зёрна, то процент таких зёрен с каждым годом стал увеличиваться. Сегодня через полвека у нас имеются популяции, в которых большая часть зёрен (плодовая оболочка) окрашена в чёрно-фиолетовый цвет. Названа эта кукуруза Черничкой. Хорошо облиственные растения имеют высоту 150-170 см. Они переносят заморозки и в начале сентября дают зрелые початки. Початки в молочной спелости с удовольствием используются в пищу в свежем и отваренном виде. Из них можно приготовить разнообразные блюда. Шелковистые нити початков – ценное лекарственное сырьё [7].

В последние годы нами размножается и другая, богатая антоцианами популяция ку-

курузы – Радуга, оболочка которой содержит фиолетовые и красные пигменты. Она более урожайна по зерну и зелёной массе.

Картофель, лён-долгунец, конопля

Антоциановая окраска клубней картофеля и других частей растения при апробации используется как сортовой признак.

Раньше сорта картофеля с тёмно-фиолетовой и синей кожурой были распространены в России значительно шире, чем сейчас. Крестьяне ценили сорта с фиолетовой окраской за устойчивость урожаев, повышенную засухоустойчивость и устойчивость к заморозкам, хорошие вкусовые качества.

В институте спиртовой промышленности ещё до войны был выведен сорт Синеглазка. Он имеет кожицу с фиолетовыми пятнами. Сорт урожайный, с хорошими вкусовыми качествами. Он до сих пор выращивается садоводами и огородниками. Из сорта Синеглазка получен пятнистый сорт Шаман. Эти сорта обладают лечебными свойствами [8]. Американцы и японцы предпочитают использовать с лечебными и пищевыми целями сорта с красно-фиолетовой окраской кожицы и мякоти.

Долгое время считалось, что лён-долгунец не способен образовывать антоциан. Но последующие наблюдения и исследования опровергают это. Существует большая группа сортов льна-долгунца, у которых подсемядольное колено окрашено в фиолетовый цвет. К ним относятся, например, сорта льна-долгунца 1288/12, Тайга, Тверца, Дееп-пинк. Интересно, что эти сорта обладают повышенной устойчивостью к ряду болезней, в частности, к фузариозу. Антоциановая окраска у некоторых сортов проявляется на стебле и листьях льна [9].

В последние годы в республике Чувашия выведены практически безгашишные сорта конопли. Селекционеры Чувашии [10] установили, что между антоциановой окраской вегетативных органов растений конопли и содержанием алкалоидов существует отрицательная корреляция. Чем интенсивнее антоциановая окраска, тем ниже содержание наркотика. Селекционеры получили возможность отбирать практически безгашишные растения.

Кормовые культуры

Среди кормовых культур наиболее широко возделываются на лугах и на пашне кормовые травы.

Первой многолетней бобовой травой, введённой в культуру, была люцерна. И сегодня она является самой распространённой кормовой травой на Земле. Видов и сортов люцерны много. Цветки у люцерны мотылькового типа и окрашены в различные цвета. Пурпурная окраска венчика обусловлена тремя антоциановыми пигментами и контролируется одним доминантным геном. Цветки первоначально закрыты. Лёгкость раскрытия цветков зависит от их окраски. Цветки тёмно-фиолетовой окраски быстрее нагреваются, легче раскрываются и лучше опыляются. Лёгкость открытия цветков связана с количеством в них антоциановых пигментов. Эта работа привела к выведению и внедрению в производство новых сортов люцерны с легко открывающимися цветками – Вега 87 и Уралочка.

Основной кормовой травой многих районов России является клевер луговой (клевер красный). Он относится к числу растений, богатых антоциановыми пигментами. Разные растения в популяциях имеют неодинаково выраженную антоциановую окраску, которая проявляется в экстремальных условиях.

Семена клевера бывают разной окраски – светло-зелёной, жёлтой, жёлтой с фиолетовым бочком, чисто фиолетовой. Земледельцы уже давно заметили, что фиолетовые (антоциановые) семена дают более крепкие выносливые растения с повышенной семенной продуктивностью [11].

В середине XX века Кировская область по семенам клевера была одной из основных производящих областей, причём вятские семена ценились очень высоко по своим природным качествам. Стародавние местные популяции клевера лугового имеют повышенный процент фиолетовых семян и являются ценным материалом для селекции. Антоциановые пигменты присутствуют и в растениях других кормовых культур – козлятнике восточном, эспарцете, озимой и яровой ржи и других бобовых травах. Встречаются они и в растениях многолетних мятликовых (злаковых) трав – костре безостом, полевице белой, овсянице тростниковидной и других видах. Антоциановая окраска особенно ярко проявляется в годы с холодной солнечной весной или летом, когда устанавливается экстремально жаркая солнечная погода или, наоборот, наблюдается возврат заморозков [12].

Овощные культуры

Существует бесчисленное множество сортов овощных культур. Наряду с другими

признаками они отличаются и по окраске, зависящей от разнообразных пигментов и, в частности, от антоцианов.

Одна из основных овощных культур – капуста. Всем известна белокочанная капуста. Менее известны другие виды капусты. Богата антоцианами краснокочанная капуста. Она богата витаминами и другими полезными веществами.

Савойская капуста имеет антоциановую пигментацию на жилках листьев. Отличается высокой морозостойкостью. Имеются сорта цветной капусты с головкой чёрного или фиолетового цвета. Эти сорта более устойчивы к экстремальным условиям.

Близко к цветной капусте стоит капуста брокколи. Её соцветие менее компактно и имеет зеленовато-сиреневый, фиолетовый и даже почти чёрный цвет. Брокколи выносливее цветной капусты к холоду, жаре и засухе. Содержит много антоцианов.

Сорта капусты кольраби делятся на овощные и кормовые. Кормовые более урожайные и неприхотливые (Синий Голиаф и др.).

Сильно пигментированные сорта репы, брюквы, редьки и редиса (чёрные и красные) хорошо хранятся, имеют хорошую устойчивость к болезням [8].

Н.И. Вавилов в горных районах Афганистана обнаружил оригинальные сорта чёрной и фиолетовой моркови, содержащие антоцианы. Такие сорта были использованы селекционерами Европы для выведения продуктивных сортов кормовой моркови [5].

В настоящее время возделываются новые сорта столовой свеклы одностороннего типа с высоким содержанием антоцианов и близкого к ним бетаина.

Можно встретить сорта репчатого лука, имеющие тёмно-красную и фиолетовую окраску кроющих чешуй.

Исходные формы культурного томата имели ясно выраженную антоциановую пигментацию. Современные сорта томатов с антоциановой окраской представляют определённый интерес для селекционеров как источник устойчивости к неблагоприятным экологическим факторам.

Фрукто-ягодные культуры

Фрукты и ягоды – ценные продукты питания. Кроме основных питательных веществ они содержат биологически активные вещества – витамины, микроэлементы, гликозиды, алкалоиды, биофлавоноиды и некоторые дру-

гие соединения [15]. Среди них есть и растительные пигменты – антоцианы. Было установлено, что антоцианы обладают Р-витаминной активностью, укрепляют стенки кровеносных сосудов человека.

Установлено, что плоды и ягоды, содержащие в своём составе неотиновые вещества (флавоны и антоцианы), способны связывать и выводить из организма изотопы стронция и кобальта. Основатель лечебного садоводства на Урале профессор Леонид Иванович Вигоров [14] считал, что в саду надо не только лакомиться плодами, но и получать лечебные средства, предупреждать различные заболевания. Особое значение имеет баланс двух витаминов С и Р. При выведении новых сортов плодовых и ягодных культур наряду с другими показателями селекционеры обращают внимание на внешний вид растения, который, в частности, зависит от наличия и распределения пигментов. В США, например, предпочитают красные, сильно пигментированные сорта яблок.

Иногда антоцианы окрашивают в красный цвет и листья яблони. Краснолистая яблоня Недзвецкого до сих пор используется в качестве подвоя, особенно в снежных районах. Сочетания зелёной и красной листвы очень декоративны.

Внешний вид плодов во многом определяется их основной и покровной окраской. Основная окраска находится под полигенным контролем.

У груши Крен и Люкс в 1940 году установили явление доминирования ряда признаков. У диких форм груши, морозостойких и устойчивых к болезням, антоциановая пигментация выражена очень рельефно.

Наследование окраски у плодов сливы происходит по довольно сложной схеме.

Тёрн (дикая слива) обладает сильно выраженной антоциановой пигментацией, что вполне коррелирует с выносливостью этого растения.

У черешни и вишни при наследовании окраски плодов наряду с главными генами действуют ещё и гены-модификаторы. Существуют различные градации антоциана у красноплодных сортов и различные ступени интенсивности окраски у черноплодных сортов.

Среди лесных и садовых ягодных кустарников особую ценность представляют виды, одновременно содержащие витамин С и обладающие Р-витаминной активностью.

К ним относятся: черника, земляника лесная, брусника, клюква, черёмуха обычно-

венная и виргинская, черноплодная рябина (арония), калина, ирга, ежевика, голубика, жимолость съедобная.

Антоцианы в селекции цветочных культур

Велико разнообразие окраски цветков у сортов цветочных культур. Мы любим причудливой гаммой оттенков цветов и видов тюльпанов, присов, гладиолусов, пионов, роз, флоксов. Почти каждой год на выставках появляется много новых сортов. Они раскрашены фантазией самых опытных и умелых селекционеров.

Основная гамма окраски цветков обуславливается флавоноидными пигментами, к которым относятся флавоны, флавонолы, антоцианы, аурины, халконы, катехины. Описано свыше 2 тысяч соединений этого типа. Антоцианы содержатся в венчике, лепестках, пестике, тычинках цветков. Изменение окраски антоцианов часто связано с кислотностью среды. Образованию антоцианов благоприятствуют низкие температуры, повышенная солнечная радиация и инсоляция, недостаток или избыток некоторых элементов в почве, экстремально высокие или низкие температуры и другие неблагоприятные условия. Антоцианы широко изучаются методами бумажной хроматографии, колонной хроматографии, электрофореза.

Зная пигментный состав окраски цветка исходных форм, можно прогнозировать окраску цветка новых сортов.

Заключение

В наши дни изменение климата на Земле стало реальностью. Учёные-экологи всех стран бьют тревогу по поводу глобального потепления, связанного с загрязнённостью атмосферы и «парниковым эффектом». Уже сегодня это приводит к экстремальным явлениям – наводнениям, засухам, ураганам ветрам, землетрясениям.

Отрицательно действует на всё живое разрушение озонового слоя атмосферы и проникновение к поверхности Земли большого количества коротковолновых лучей.

Важную роль в защите живых организмов от избыточного ультрафиолетового излучения играют пигменты. У растений это

антоцианы и меланины. Установлено, что они активизируют обмен веществ, делают растения более стойкими к неблагоприятным условиям среды.

В работе представлен материал по антоциановым пигментам в основных группах культурных растений (не по всем группам), показана возможность использования антоциановых форм в практической селекции и в будущих исследованиях.

Литература

1. Ашихмина Т.Я., Барабой В.А. Растительные фенолы и здоровье человека // М.: Наука, 1984. С. 159.
2. Тихвинский С.Ф. Антоцианы растений и их использование // Труды Вятской ГСХА. Т. 2. Агротехнический факультет. Киров, 2000. С. 188-193.
3. Тихвинский С.Ф., Долгополов М.А. Кормовая пшеница // Сборник научных трудов Пермского СХИ. Пермь, 1984. С. 22-27.
4. Тихвинский С.Ф., Буторина Л.К. Яровая розь «Вятка фиолетовозерная» // Инф. листок Кировского ЦНТИ. №185. 1998.
5. Вавилов Н.И. Центры происхождения культурных растений // Избранные произведения. Л.: Наука, 1967. Т. 1. С. 88-202.
6. Тихвинский С.Ф. Антоциановые формы культурных растений и их использование в селекции // Сборник трудов Кировского СХИ. 1991. С. 3-6.
7. Тихвинский С.Ф. Пищевая кукуруза «Черника» // Инф. листок Кировского ЦНТИ. №329. 1995.
8. Танчев С.С. Антоцианы в плодах и овощах // М.: Пищевая промышленность. 1980. 302 с.
9. Поляков А.В. Усовершенствование селекционного процесса льна-долгунца на основе использования биотехнологических методов // Автореф. дисс. ... док. биол. наук ТСХА. М.: 1998. 50 с.
10. Степанов Г.С., Фадеев А.П., Романова И.В. Итоги селекции безнаркотической масличной конопли // Основные итоги и приоритеты научного обеспечения АПК Евро-северо-востока. Т. 1. Киров, 2005. С. 34
11. Лебедева Т.С., Сытник К.М. Пигменты растительного мира // Киев: Наукова думка. 1986. 83 с.
12. Кретович В.Л. Основы биохимии растений // М.: Высшая школа, 1971. 464 с.
13. Вигоров Л.И. Сад лечебных культур // Свердловск, 1979. 175 с.
14. Бриттон Н. Биохимия природных пигментов // М.: Мир. 1986. С. 385.
15. Мурин А.В., Лысыков В.Н. Генетические основы создания исходного материала гладиолуса // Кишинев: Штинца, 1989. 197 с.

**Доочистка питьевой воды для производства
восстановленных молочных продуктов**

© 2007. Н.В. Сапина, О.И. Дзювина
Филиал Сибирского федерального университета

В данной работе приведены результаты оценки применимости сорбционной очистки для обеспечения качества питьевой воды. Представлены данные по изучению равновесия, кинетики, сорбции и оптимизации параметров сорбционного фильтра. Проведена товароведная экспертиза подготовленной питьевой воды и молочных продуктов, изготовленных на её основе.

In spite of not having food value, water is a component of many products. It is the water out of house hold - potable water supply that is used in most cases nowadays. The imperfection of water treatment system results in having different pollutants in water including phenol and chloroform. In this article it is given the assessment of sorption cleaning (clearing) applicability providing potable water quality. Besides there are the data on balance research, option kinetic and the optimization of sorption filter parameters as well as commodity expert examination of prepared potable water and dairy produce made on its basis.

Проблема обеспечения населения безопасными и полноценными продуктами питания приобретает всё большую социальную значимость. В производстве многих пищевых продуктов используется вода, являющаяся одной из составных частей многих из них, в том числе и молочных продуктов. Анализ результатов лабораторных исследований показал, что санитарно-гигиеническое состояние многих поверхностных источников водоснабжения остается нестабильным. К приоритетным загрязняющим веществам (табл. 1), превышающим предельно

допустимые концентрации (ПДК), относятся фенолы и нефтепродукты [1].

Наличие в речной воде органических веществ естественного и искусственного происхождения приводит к тому, что при обеззараживании её хлорсодержащими реагентами образуются летучие галогенорганические соединения (ГОС), в том числе хлороформ [2 – 5]. Проведено исследование изменения содержания хлороформа по месяцам в водопроводной воде, которое в зависимости от времени года носит скачкообразный характер (рис.1). Подоб-

Таблица 1

Основные загрязняющие вещества бассейнов рек России

№ п/п	Наименование бассейна реки	Загрязняющие вещества
1	Дон	Легкоокисляемые органические вещества (до 2,8 ПДК), нитритный азот (до 7,8 ПДК), соединения меди (2,8 ПДК), нефтепродукты (1,7 ПДК), соединения железа (2,1 ПДК)
2	Волга	Нефтепродукты, соединения меди, железа, цинка, фенолы, легкоокисляемые органические вещества
3	Ока	Аммонийный азот, фенолы, нефтепродукты, медь, железо
4	Москва	Фенол (32 ПДК), нефтепродукты (49 ПДК), соединения меди, железа
5	Урал	Соединения меди (17-119 ПДК), цинка (3-17 ПДК), легкоокисляемые органические вещества (3 ПДК)
6	Томь	Фенол (18-20 ПДК), соединения железа, меди
7	Обь	Нефтепродукты (8 ПДК), фенолы (25 ПДК), взвешенные вещества соединения азота, меди (56 ПДК), фосфора и марганца (до 56 ПДК)
8	Енисей	Соединения марганца, меди, железа, цинка, нефтепродукты, фенолы, цианиды и роданиды
9	Амур	Медь, цинк, фенолы
10	Ангара	Фенол (до 16 ПДК), сероводород (50 ПДК и более), взвешенные вещества (до 54 ПДК), формальдегид (до 12 ПДК), нефтепродукты (до 13 ПДК)

ная зависимость связана с таянием снегов, паводком, проливными дождями в летний период, что периодически увеличивает поступление органических соединений в реку, а после хлорирования приводит к росту содержания хлорорганических соединений. Причём содержание ГОС в пробах в этот период выше в 2-2,5 раза, чем в зимний период.

Присутствие органических веществ в воде негативно сказывается на здоровье человека: приводит к нарушению работы желудочно-кишечного тракта, центральной нервной системы, болезням почек и печени. В связи с этим такая вода не может быть использована для питьевых целей, тем более в производстве молочных продуктов.

Среди многообразия методов очистки вод от органических соединений (экстракция, щелочной гидролиз, парофазное окисление и др.) [6, 7] наиболее эффективным для доочистки питьевой воды является адсорбционный метод. Основными аспектами разработки сорбционной технологии является исследование равновесия, кинетики и динамики сорбционного процесса, а также выбор эффективного метода регенерации.

Целью исследовательской работы является оценка применимости сорбционной очистки для обеспечения качества питьевой воды и молочных продуктов, приготовленных на её основе. Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

- изучалось равновесие адсорбции хлороформа и фенола в водных растворах при их совместном присутствии;
- определялась лимитирующая стадия массопереноса и рассчитывались коэффициенты массопереноса;
- проводился расчёт выходных кривых, проверялась применимость модели

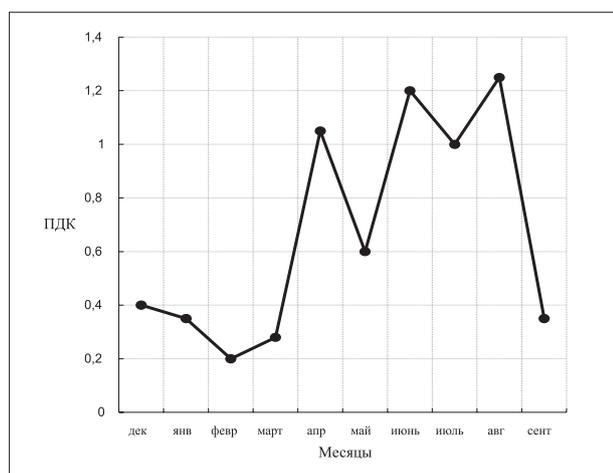


Рис. 1. Изменение содержания хлороформа в пробах по месяцам в водопроводной воде г. Кемерово

расчёта сопоставлением с экспериментальными данными по исследованию динамики сорбции;

- осуществлялась товароведная оценка очищенной питьевой воды и молочных продуктов, приготовленных на её основе.

Экспериментальное изучение динамики адсорбции является трудоёмким, длительным процессом и предполагает:

- последовательный подбор параметров (типа сорбента, длины неподвижного слоя, скорости потока и др.);
- получение экспериментальных выходных кривых, зависящих от одной варьируемой переменной (например, скорости потока раствора) при фиксированных значениях остальных.

Расчёт параметров динамики, осуществлённый методом математического моделирования на основе теоретических зависимостей, описывающих массоперенос, значительно сокращает объём экспериментальных исследований и позволяет оптимизировать параметры адсорбционного фильтра и режим очистки. Для расчёта адсорбционных параметров, коэффициентов внешнего массопереноса и выходных кривых динамики процесса очистки используются уравнения Дубинина – Радупшкевича (1), (2), Клаузиуса – Клапейрона (3), уравнение методики Марутовского (4) и уравнение материального баланса (5) [8-11]:

$$\lg a = \lg a_{\infty} - 2,303 \frac{R^2 T^2}{E^2} \left(\lg \frac{C_s}{C_p} \right)^2, \quad (1)$$

$$W_o = aV_m, \quad (2)$$

$$Q = R \cdot \left(\frac{\partial(\ln C_o)}{\partial(1/T)} \right)_a, \quad (3)$$

$$\beta_n = \frac{tg\alpha}{T} = \frac{tg\alpha}{V_s/V_p + k}, \quad (4)$$

$$\tau = \frac{a}{v C_o} \cdot \left\{ L - \frac{v}{\beta_n} \cdot \left[\frac{1}{p} \ln \left(\frac{C_o}{C_r} - 1 \right) + \ln \frac{C_o}{C_r} - 1 \right] \right\}, \quad (5)$$

где C_s и C_p – концентрации насыщенного и равновесного растворов, ммоль/дм³; T – температура, °; R – универсальная газовая постоянная; E – характеристическая энергия, Дж; a_{∞} – величина предельной адсорбции, ммоль/г; C_o – концентрация хлороформа в водном растворе до адсорбции; V_m – мольные объёмы жидкостей соответственно; W – объём адсорбционного пространства, дм³/кг; V_s – суммарный объём массы сорбента, см³; V_p – объём раствора, контактирующего с адсорбентом, см³; k – константа, обратная константе Генри; $tg\alpha$ – тангенс угла наклона прямолинейного участ-

ка кинетической кривой; τ – время работы слоя длиной L до появления проскоковой концентрации сорбируемого вещества C_τ ; a – содержание вещества в неподвижной фазе, равновесное с C_0 , ммоль/кг; $p=C/C_{0,5}$; $C_{0,5}$ – содержание поглощаемого вещества в потоке, равновесное с количеством вещества, равным половине a_∞ ; v – средняя скорость потока, м/ч; β_n – коэффициент внешнего массопереноса.

В качестве объектов исследования выбран активный уголь марки СКД-515, физико-химические характеристики которого представлены в таблице 2, хлороформ и фенол в таблице 3. Для определения концентраций хлороформа и фенола использованы стандартные методики [12, 13].

Таблица 2
Физико-химические свойства активного угля СКД-515

Наименование показателя	Значение
Насыпная плотность, г/дм ³	526
Прочность, %	75
Массовая доля общей золы, %	3,1
pH водной вытяжки	7,6
Суммарный объем пор, см ³ /г	0,7-1,0
Объем пор, см ³ /г	
Микро-	0,11
Мезо-	0,28
Макро-	0,33
Адсорбционная активность по йоду, % (в зерне)	56
Форма гранул	цилиндр

Сопоставление экспериментальных изотерм адсорбции фенола и хлороформа активным углем СКД-515 (рис. 2) показало, что из смеси каждый компонент адсорбируется слабее, чем из индивидуального водного раствора. Причем адсорбция хлороформа выше, чем адсорбция фенола, что, вероятно, связано, во-первых, с его меньшей растворимостью в воде (табл. 3), во-вторых, по размеру молекулы фенола больше, чем у хлороформа, поэтому часть микропор, меньших по размеру, будет для фенола недоступна. Уменьшение суммарной адсорбции компонентов при адсорбции их из смеси объясняется конкуренцией молекул этих веществ при вытеснении молекул воды из пор угля.

Величины адсорбционного объема W (табл. 4) позволяют предположить, что сорбция фенола и хлороформа при совместном присутствии подчиняется объемному механизму заполнения микропор. Значения характеристической энергии свидетельствуют о том, что сорбция фенола и хлороформа при совместном присутствии идет в основном в микропорах адсорбента. Значения теплот адсорбции служат подтверждением физической природы взаимодействия фенола и хлороформа с поверхностью углеродного сорбента.

Для разработки сорбционной технологии и расчёта параметров очистки необходимо определить стадию массопереноса, контролирующую скорость процесса адсорбции фенола и хлороформа при их совместном присутствии из водных растворов.

Исследование кинетики адсорбции фенола и хлороформа (совместно) из водных растворов проведено из ограниченного объема при постоянном перемешивании для соотношения концентраций хлороформ : фенол=1:3 (рис. 3).

Начальный участок прямолинеен при адсорбции хлороформа в течение первых 110 с, для фенола – 650 с. Это свидетельствует о том, что процесс адсорбции этих веществ при их совместном присутствии из водных растворов лимитируется внешним массопереносом. Последующее отклонение от прямолинейной зависимости указывает, что со временем на скорость процесса адсорбции все большее влияние оказывает внутренняя диффузия. Коэффициенты внешнего массопереноса в системе АУ – вода – хлороформ – фенол составляют 0,0053 С⁻¹ для хлороформа и 0,0036 С⁻¹ для фенола.

Расчёт выходных кривых проведен по уравнению (5) с использованием адсорбционных констант, кинетических данных (рис. 4). Расхождение теоретических и экспериментальных кривых на участке проскока веществ в фильтрат не превышает 12%, что можно объяснить погрешностью экспериментальных определений. Установлено, что время работы колонны до проскока в фильтрат фенола меньше, чем хлороформа, следовательно контроль за работой адсорбционной колонны необходимо вести, определяя концентрацию фенола в очищаемой воде.

В результате моделирования получены зависимости времени работы адсорбционного

Таблица 3

Физические свойства фенола и хлороформа

Наименование вещества	T _{пл} °С	T _{кип} °С	Плотность, г/см ³	Растворимость в воде, г/дм ³
Фенол	43	181,2	1,072	93
Хлороформ	-63,6	61,26	1,498	8,20

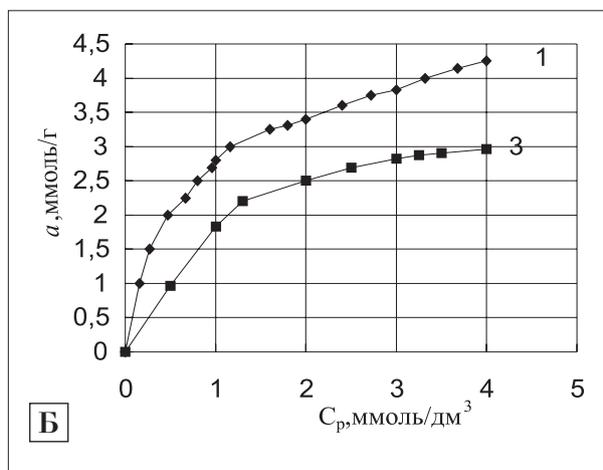
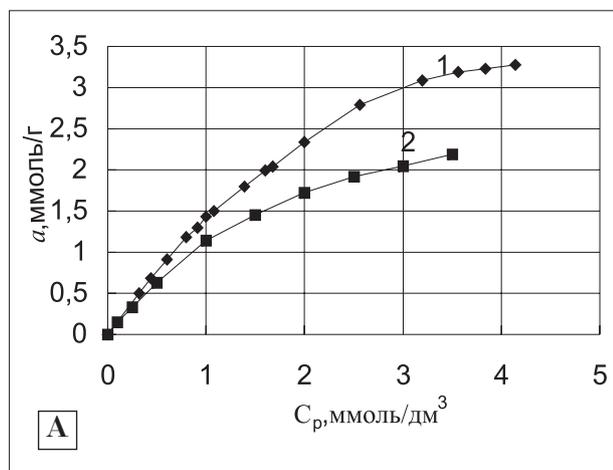


Рис. 2. Изотермы адсорбции фенола (А) и хлороформа (Б) на АУ СКД-515: 1 – индивидуальный компонент; 2 – для фенола в присутствии хлороформа; 3 – для хлороформа в присутствии фенола

фильтра при различных параметрах фильтрующего слоя и режимах динамики сорбции (табл. 5). Анализ представленных данных показал, что время работы фильтра изменится от 0,5 до 3 лет в зависимости от режима фильтрования и высоты слоя загрузки. Как для водоподготовки, так и для доочистки воды на пищевых предприятиях может быть рекомендован фильтр, имеющий следующие параметры: высота слоя загрузки фильтра – 2 м, диаметр фильтра – 1 м. При этом в зависимости от требуемого количества воды скорость фильтрования можно изменять в пределах 2-8 м/ч.

Составной частью товароведной оценки питьевой воды [14-16] и пищевых продуктов являются органолептические, физико-химические и показатели безопасности химического состава (таблицы 6-9). Органолептическую оценку запаха, привкуса и цветности питьевой воды, очищенной по традиционной и предлагаемой технологии, проводили согласно ГОСТ 3351-74. Оценку запаха и привкуса питьевой воды проводили по 5-балльной, цветности – по 70-балльной системе. Оценку органолептических показателей восстановленного молока и сливок проводили по 15-балльной системе, оценивали консистенцию, внешний вид, вкус и запах. Периодичность исследования проб по органолептическим показателям составляла один раз в неделю в течение одного года.

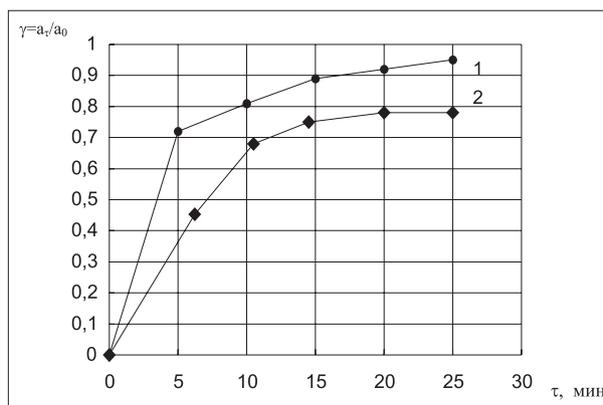


Рис. 3. Кинетические кривые сорбции хлороформа (1) и фенола (2) из водных растворов при совместном присутствии.

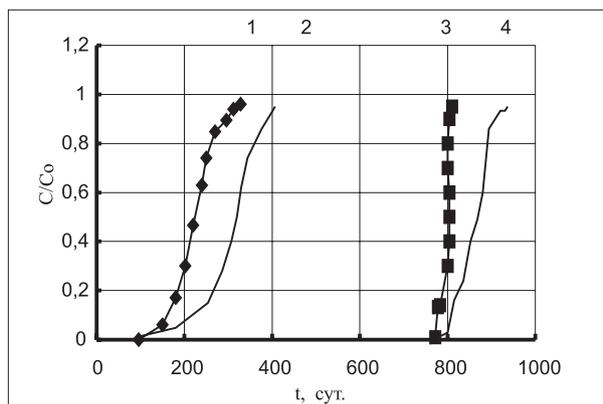


Рис. 4. Экспериментальные (2,4) и теоретические (1,3) выходные кривые адсорбции фенола (1, 2) и хлороформа (3, 4) при совместном присутствии на активном угле СКД-515: V=2 м/ч, L=2 м

Таблица 4

Параметры адсорбции систем фенол-хлороформ-вода-АУ СКД-515 из водных растворов, исследуемые активными углями в статических условиях

Извлекаемое вещество	a_{∞} , ммоль/г	E_0 , кДж/моль	W , дм ³ /кг	Q , кДж/моль
Фенол	2,63	12,42	0,2475	11,55
Хлороформ	5,47	9,61	0,4367	12,48

Таблица 5

Параметры адсорбционной колонны

Скорость фильтрации V, м/ч	Длина слоя, м	Время работы до проскока, сут.	Время работы колонны до насыщения, сут.	Коэффициент защитного действия
2	1	441	807	65236
2	2	623,8	1048,8	65236
5	1	289,6	596,6	46597
5	2	415,3	772,15	46597
8	1	181,4	435,8	32618
8	2	265	461	32618

Таблица 6

Органолептические показатели питьевой воды

Показатели	Единицы измерения	Норма по СанПиН 2.1.4.1074-01, не более	Показатели качества питьевых вод, очищенных по технологии			
			Традиционной			С использованием сорбционной доочистки
			Февраль	Апрель	Август	Февраль-август
Запах при 20°C	Баллы	2	1	3	2	0
Привкус	Баллы	2	0	0	0	0
Цветность	Градусы	20	7	12	10	0

Примечание: шкала оценки запаха и привкуса, баллы: 0 – нет; 1 – очень слабая; 2 – слабая; 3 – заметная; 4 – отчетливая; 5 – очень сильная; цветности: 0-70

Из полученных данных следует, что органолептические показатели питьевой воды, очищенной по технологии с использованием сорбционной доочистки, соответствуют нормативам СанПиН 2.1.4.1074-01 и имеют высокий потребительский уровень. В питьевой воде, очищенной по традиционной технологии, отмечено ухудшение органолептических свойств, наблюдалось изменение запаха и цветности, особенно сильное в апреле.

Из данных таблицы 7 следует, что молоко, приготовленное на воде, очищенной по традиционной технологии, в апреле и августе получило низкие результаты при оценке вкуса и запаха (3,0 и 4,0 балла в апреле и августе соответственно). Остальные органолептические показатели остаются в норме.

Качество восстановленного молока, полученного на воде, очищенной по предлагаемой технологии, остается на высоком уровне: все образцы получили высшие результаты при оценке консистенции (5,0 баллов), внешнего вида (2,0 балла), при оценке вкуса и запаха (5,0 баллов), а также цвета (3,0 балла). В таблице 8 представлены результаты органолептической оценки восстановленных сливок (10%).

Установлено, что все образцы восстановленных сливок, произведенных на воде, очищенной по традиционной и предлагаемой технологии, получили высокий балл при оценке консистенции (5,0 баллов), внешнего вида (2,0 балла), вкуса и запаха (5,0 баллов), а также цвета (3,0 балла). Только в апреле восстановленные сливки, полученные на воде, очищенной по традиционной

Таблица 7

Органолептические показатели молока, восстановленного на питьевой воде

Органолептические показатели	Шкала оценки	Показатели качества молока, приготовленного на воде, очищенной по технологии			
		Традиционной			Предлагаемой
		Февраль	Апрель	Август	Февраль-август
Консистенция, баллы	5-1	5	5	5	5
Внешний вид, баллы	2-1	2	2	2	2
Вкус и запах, баллы	5-1	5	3	4	5
Цвет, баллы	3-1	3	3	3	3
Общий балл	15	15	13	14	15

Таблица 8

Органолептические показатели сливок, восстановленных на питьевой воде

Органолептические показатели	Шкала оценки	Показатели качества сливок, приготовленных на воде, очищенной по технологии			
		Традиционной			Предлагаемой
		Февраль	Апрель	Август	Февраль-август
Консистенция, баллы	5-1	5	5	5	5
Внешний вид, баллы	2-1	2	2	2	2
Вкус и запах, баллы	5-1	5	4	5	5
Цвет, баллы	3-1	3	3	3	3
Общий балл	15	15	14	15	15

технологии, имеют небольшое отклонение от нормы по органолептическим показателям.

Результаты систематических исследований по показателям безопасности химического состава показали сезонное снижение потребительских свойств питьевой воды, подготовленной по традиционной технологии. Так, в августе и апреле наблюдается существенное увеличение содержания фенола и хлороформа выше допустимого уровня (ДУ) (табл. 9). Следовательно несоответствия по данным показателям питьевой воды приведут к загрязнению молочных продуктов опасными веществами. В воде, прошедшей сорбционную доочистку, хлороформ и фенол не обнаружены.

В результате исследований физико-химических показателей восстановленных молочных продуктов установлено, что присутствие хлороформа и фенола в воде, очищенной по традиционной технологии, не влияет на содержание лактозы, жира, белка, минеральных и сухих веществ, а также СОМО (сухой обезжиренный молочный остаток). Все показатели остаются на уровне контроля.

Проведённые исследования позволяют сделать вывод о том, что по совокупности показателей, характеризующих качество молочных продуктов (органолептических, физико-химических), наилучшими потребительскими свойствами обладали восстановленные молоко и

сливки, приготовленные на воде, очищенной с использованием технологии сорбционной доочистки. Следует отметить, что с повышением содержания органических веществ в молочных продуктах появляется лекарственный запах, более ощутимый в молоке, при этом содержание фенола и хлороформа в изучаемых интервалах концентраций практически не влияет на физико-химические показатели восстановленных молочных продуктов. Однако, учитывая возможное ухудшение органолептических свойств продуктов и токсичное действие фенола на организм человека, канцерогенное – хлороформа, воду, используемую для приготовления восстановленных молочных продуктов, необходимо подвергать дополнительной очистке по разработанной технологии, что позволит получить высококачественные продукты питания.

Литература

1. Мазаев В.Г., Шлепнина Г.Г., Мандрыгин В.И. Качество питьевой воды. М.: Колос, 1999. 300 с.
2. Гончарук В.В., Потапченко Н.Г. Современное состояние проблемы обеззараживания воды //Химия и технология воды. 1998. №2. С. 190-218.
3. Ахмадиев Р.Я., Гимедеев М.М. Гигиенические проблемы, связанные с присутствием в питьевой воде галогенсодержащих соединений //Казанский медицинский журнал. 1992. №2. С. 148-158.
4. Журавлев П.В., Алешня В.В., Шелякина Г.В. Влияние условий водоподготовки на онкозаболеваемость населения //Гигиена и санитария. 2000. №6. С. 28-30.

Таблица 9

Показатели безопасности химического состава питьевой воды, подготовленной по традиционной и предлагаемой технологии

Показатели	Нормы СанПиН 2.1.4.1074-01	Содержание фенола/хлороформа в воде (в ПДК) после ее очистки (фактически)			
		Традиционной			С использованием сорбционной доочистки
		Февраль	Апрель	Август	Февраль-август
Фенол (max)	0,001 мг/дм ³	1,5 ПДК	6 ПДК	3 ПДК	Не обнаружено
Хлороформ (max)	0,200 мг/дм ³	0,5 ПДК	3 ПДК	1,2 ПДК	Не обнаружено

5. Новиков С.М., Румянцев Г.И., Жолданов З.И. Проблема оценки канцерогенного риска воздействия химических загрязнений окружающей среды // Гигиена и санитария. 1998. №1. С. 29-34.
6. Зеленская Л.А., Беспмятников Г.П. Очистка воды от хлорметанов // Химия и технология воды. 1986. № 6. С. 43-46.
7. Кульский Л.А., Гороновский И.Т., Когановский А.М., Шевченко М.А. Справочник по свойствам и методам анализа и очистки воды. Киев.: Наукова думка, 1980. 205 с.
8. Крюченкова Н. Г., Кузнецова Т.А., Бородулина М.В. Определение удельной поверхности макропористых адсорбентов по данным об адсорбции из растворов // Журн. физ. хим. 2001. № 7. С. 1333-1334
9. Антонюк Н.Г., Марутовский Р.М., Рода И.Г. Равновесие при адсорбции смеси органических веществ из водных растворов активными углями // Химия и технология воды. 1990. № 12. С. 1059-1070.
10. Лопаткин А.А. Теоретические основы физической адсорбции. М.: МГУ, 1983. 344 с.
11. Кельцев Н.В. Основы адсорбционной техники. 2-е изд. перераб и доп. М.: Химия, 1984. 592 с.: ил.
12. Хромченко Я.Л. Газохроматографическое определение летучих галогенорганических соединений в воде // Химия и технология воды. 1987. № 5. С. 422-438.
13. Лурье Ю.Ю. Унифицированные методы анализа вод. М.: Химия, 1973. 376 с.
14. Позняковский В.М. Гигиенические основы питания и экспертизы продовольственных товаров. Учебник. Новосибирск: Изд-во Новосиб. ун-та, 1998. 432 с.
15. Шидловская В.П. Органолептические свойства молока и молочных продуктов. Справочник. М.: Колос, 2000. 280 с.
16. Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы. СанПиН.2.3.2.1078-01. М., 2002.

УДК 50.502

Технологическая концепция экологического паспорта природопользователя

© 2007. И.В. Панов, Л.Л. Журавлёва

ФГУ Научно исследовательский институт промышленной экологии

В работе предлагается новая концепция экологического паспорта предприятия взамен существующей (ГОСТ Р 17.0.0.06-2000) и рассматриваются технологические аспекты её практического применения в качестве интегрирующего и аналитического инструмента в системе экологического управления предприятием, а также для решения региональных задач экологического контроля, сравнительного анализа и управления.

In the work the new concept of the ecological passport of the enterprise instead of existing (Standard P 17.0.0.06-2000) is offered and technological aspects of its practical application are considered as the integrating and analytical tool in system of ecological management, and also for the decision of regional problems of the ecological control, the comparative analysis and management.

Термин **экологический паспорт** (далее **экопаспорт**) получил широкое распространение. Экологической паспортизации подвергаются такие объекты, как квартира, дом, детский сад, технологическое оборудование, предприятие, район. Нами экопаспорт рассматривается в контексте проблем экологического контроля и управления предприятием, а также в связи с общественностью, не исключая применения нашего подхода к экологической паспортизации объектов самого различного масштаба.

В работе отражена новая концепция экопаспорта взамен старой, которая сложилась с выходом двух стандартов [1, 2], из которых первый был обязателен для предприятий, а второй

является действующим документом, имеющим рекомендательный характер [3].

Экопаспорт природопользователя (как и любого его инфраструктурного объекта) должен иметь характеристики, которые предлагается обозначить терминами: **макротехнология, компактность, иерархия, детализация, открытость, территория, добровольность, автоматизация, бумажный документ, электронный документ, качество, интеграция, технология.**

Одна из важных особенностей предложенной концепции экопаспорта состоит в том, что её неотъемлемой частью является оригинальная компьютерная методика, позволяющая настраивать экопаспорт на первичный учёт, а также

организовывать и поддерживать процессы систематизации и автоматизации экологического управления в целом в соответствии с требованиями международных стандартов серии ИСО-14000 [4].

Изначально экопаспорт природопользователя был задуман как аналитический инструмент, показывающий динамику изменения (за несколько лет) влияния предприятия на окружающую среду по ключевым показателям, в том числе соблюдения им природоохранных норм и правил в процессе хозяйственной деятельности. Однако благодаря усилиям разработчиков упомянутых стандартов экопаспорта он превратился в чрезмерно детализированный документ. Так, чисто по внешним признакам количество форм по сравнению с предыдущим стандартом во втором варианте экопаспорта увеличилось почти в три раза, страниц – в четыре раза. Если продолжить наметившуюся тенденцию, то следующий вариант экопаспорта может превратиться в документ, детализация информации в котором превысит все мыслимые рекорды. При этом отсутствует общая целостная характеристика предприятия, которой должна стать, по нашему мнению, агрегированная технология предприятия.

Предлагаемый нами новый формат технологического экопаспорта природопользователя представляет динамику агрегированной макротехнологии природопользователя в целом, которую в системе можно рассматривать на разных уровнях агрегации (детализации).

Такой формат экопаспорта возник на основе анализа современных требований к системе экологического управления предприятием (стандарты ИСО серии 14000), результатов выполненного нами сравнительного анализа двух упомянутых стандартов экопаспорта и наших представлений о механизме корпоративной автоматизации экологического управления предприятием [5, 6].

Информационная модель, положенная нами в основу автоматизации предлагаемого экопаспорта, позволяет выйти на качественно новый уровень практического применения экопаспорта для различных уровней и задач экологического управления, а также существенно повысить качество систематизации и интеграции процессов экологического управления предприятием в целом.

Любой производственный объект можно рассматривать как некоторую агрегированную технологию, потребляющую и производящую за выбранный промежуток времени ресурсы, продукцию, отходы, излучения. А экопаспорт должен продемонстрировать, как меняется данная макротехнология (в лучшую или в худшую сто-

рону). Такой «технологический взгляд» на объект паспортизации прост для понимания и удобен для сравнительного анализа.

Структура технологического экопаспорта предприятия

Среди потребляемых и возвращаемых потоков выделим ресурсы (всё, что потребляется) и продукты (всё, что производится, включая отходы). Каждый из этих видов потоков может быть отнесён к одной из категорий: воздух, вода, почва, недра, энергия, труд, излучения, изделия (любые объекты техногенной природы), информация.

Данная структура категорий образует базовый фрейм (рис. 1), каждая компонента которого может иметь набор характеристик качества, относящихся в целом к данной компоненте. Кроме того, каждый компонент может быть детализирован. При этом он также может иметь характеристики качества и, в свою очередь, состоять из компонентов (рис. 2).

Исходя из этого экопаспорт природопользователя в первом приближении должен представлять собой максимально агрегированный документ, состоящий из одной главной таблицы, в которой столбцы – годы (кварталы, месяцы или декады), а строки – названия потребляемых предприятием из внешней среды и возвращаемых во внешнюю среду агрегированных потоков различной природы.

			Вид:	Название:
▶	-	!	док	ЭКОПАСПОРТ (наш проект)
			<->	Вид: Название:
▶	-	!	->	период 2007
			<->	Название:
▶	+	!	->	недра
	+	!	->	воздух
	+	!	->	вода
	+	!	->	почва
	+	!	->	энергия
	+	!	->	труд
	+	!	->	изделия
	+	!	->	информация
	*	!		
*	!			

Рис. 1. Базовый фрейм технологического экопаспорта (для определённости в качестве отчетного периода выбран 2007 год)

Более детальная информация может быть получена в процессе взаимодействия с системой, в которой обеспечивается автоматизация экопаспорта.

Для паспортизируемых объектов сложной структуры экопаспорт может содержать помимо главной таблицы, характеризующей предприятие в целом, карту-схему с обозначениями объектов внутренней инфраструктуры со своими экопаспортами. Таким образом, экопаспорт сложного объекта естественным образом распадается на множество экологических паспортов, характеризующих объекты второго и последующих уровней детализации. При этом формальные взаимосвязи между экопаспортами позволяют автоматически рассчитывать экопаспорт объекта, стоящего в иерархии на один уровень выше.

Потоки, включаемые в главную таблицу, могут быть представлены общепринятыми типами (например, вода питьевая, техническая, сточная) и для каждого типа потока могут потребоваться сведения об агрегированных характеристиках его качества и детализирующая поток расшифровка составляющих его компонентов. Эти данные у каждого потока (строки главной таблицы) представляются в виде подтаблицы характеристик качества и подтаблицы детализации потока. Детализация потока строится на выделении из потока отличающихся по качеству компонентов с указанием соответствующих характеристик её качества.

Предлагаемый нами компактный экопаспорт нового образца должен стать документом, обязательным и открытым для общественности. При этом в полном объёме экопаспорт дол-

жен быть доступен в автоматизированном режиме экологу предприятия и представителю государственных контролирующих служб.

Природопользователями данной территории могут быть последовательно сменяющие друг друга предприятия. Следовательно экопаспорт как накопительный документ в большей степени должен быть привязан к территории и должен аккумулировать данные по нескольким, сменяющим друг друга, природопользователям. Для автоматизированного экологического контроля эти данные необходимо интегрировать в одной информационной базе. Агрегированная информация об изменении технологических процессов данного территориального образования и влиянии на окружающую среду должна накапливаться и быть доступна для анализа органам государственного контроля и общественным организациям.

В соответствии с международным принципом добровольного применения стандартов в случае с нашим компактным вариантом экопаспорта природопользователя само предприятие будет решать, насколько глубоко можно открыть детали агрегированной технологии предприятия для общественности. Однако минимальный уровень открытости должен, по нашему мнению, быть регламентирован законодательно (или ведомственными распоряжениями и инструкциями) и стать частью обязательной нормативно-технической документации всех предприятий.

Экопаспорт должен быть интегрирован с системой первичного учета предприятия и системой экопаспортов инфраструктурных объектов, представляющих первый уровень детализации предприятия. Это позволяет рассчитывать показатели экопаспорта двумя способами, что важно для целей контроля правильности. Наша компьютерная методика позволяет настроить экопаспорт предприятия на систему его первичного учета, а также обеспечивает управление процессами систематизации и автоматизации экологического управления в целом.

Данные экопаспорта предприятия и любого его инфраструктурного объекта должны рассчитываться автоматически на основе данных системы первичного учёта предприятия или данных, представленных в экопаспортах его инфраструктурных подразделений. В случае отсутствия автоматизации для расчёта таких агрегированных потоков (а также их агрегированных характеристик качества) должны быть предусмотрены документированные процедуры и назначены ответственные исполнители. В случае, когда

Название:			
- ! недра			
Имя	<->	Название:	Значение:
- ! отдано		->	Всего
		Значение 2	
<->		Название:	
- ! ->		Качество	
<->		Название:	
		Значение:	
* ! ->		Показатель 1 (ед. измер. 1)	
		Значение1	
* ! ->		Показатель 2 (ед. измер. 2)	
		Значение2	
* !			
- ! ->		Состав	
<->		Название:	
		Значение:	
* ! ->		Компонент 1	
		Колич. 1	
* ! ->		Компонент 2	
		Колич. 2	
* !			
* ! поступил		<-	
		Всего	
		Значение 1	
* !			

Рис. 2. Агрегированные характеристики качества потока и возможная его детализация

такие документированные процедуры еще не разработаны, их разработка должна быть запланирована и находиться на контроле у руководителя предприятия.

Экопаспорт как бумажный документ должен содержать главную таблицу потоков, отражающую динамику изменения агрегированной технологии взаимодействия природопользователя в целом с внешней средой за последние пять лет. При этом у каждого потока (отдельной строки главной таблицы) должны быть в виде подтаблицы представлены агрегированные характеристики качества этого потока.

Автоматизированный экопаспорт природопользователя должен позволять раскрывать представленные в нем базовые агрегированные потоки и их характеристики подробнее, а также изменять период времени и шаг (месяц, квартал, год) в представленной динамике, показывающей изменения потоков макротехнологии природопользователя и характеристик их качества.

Измерителями качества экопаспорта могут стать: уровень автоматизации и уровень документированности.

Уровень автоматизации способа обновления (пересчёта с учётом поступления новых данных) показателей экопаспорта (потоков и их характеристик) на основе данных первичного учета (от ручного до автоматического) определяет время повторения расчёта для целей контроля или обновления показателя с учётом вновь поступивших данных первичного учёта.

Уровень документированности представленной в нем информации складывается из возможностей: (а) отыскать автора для получения пояснений и (б) отыскать методику расчёта показателя.

В соответствии с нашей концепцией система экопаспортов природопользователя допускает иерархическую структуру, т. е. экопаспорт природопользователя может быть разложен на систему экопаспортов его инфраструктурных объектов. Это даёт первый способ его вычисления: автоматически соединить показатели экопаспортов подразделений предприятия, относящихся к первому уровню детализации. Другой способ предполагает автоматический расчёт экопаспорта (предприятия или любого его инфраструктурного объекта) на основе информации о первичных потоках (отходов, ресурсов, продуктов, излучений) в системе объектов, представляющей предприятие и внешнюю к нему среду.

Внешняя среда представлена такими объектами, как воздух (атмосферный, промышленные выбросы), вода (открытые водоёмы,

подземные воды), земля (поверхность, полезные ископаемые недр, захораниваемые отходы).

Внешняя среда относительно обособленного урбанизированного района в целом является сложным объектом, а все промышленные объекты этого района для неё являются внешними. Значит, для внешней среды можно чисто формально рассчитать экологический паспорт, имеющий полезный аналитический смысл. Для такого расчёта необходимо иметь экопаспорта всех предприятий этого района (города, региона и т. д.).

Как видим, наш подход к экологической паспортизации легко проецируется на уровень районов, городов, областей, государств, предоставляя возможность их сопоставления для определения тенденций глобального изменения качества окружающей среды. В целом расчёт экопаспорта внешней среды показывает изменение структуры качества исходящих из неё агрегированных потоков различной природы на урбанизированные образования региона и возвращаемых обратно. Сравнительный анализ экопаспортов внешней среды похожих урбанизированных образований важен для понимания закономерностей изменения качества окружающей среды в различных регионах и отыскания способов противодействия экологическим катастрофам.

Для практической реализации предложенной нами концепции автоматизированного экопаспорта мы разработали компьютерную методику, автоматизирующую организационную систему управления персоналом, привлекаемым к экологической паспортизации.

Выстраиваемая с помощью нашей методики система организационного управления обеспечивает обмен информацией на основе распределённой реплицированной базы данных и позволяет последовательно выходить на требуемые уровни качества автоматизации всей системы экопаспортов природопользователя.

Внедрение такой системы на предприятии предполагает её интеграцию с первичным учётом предприятия. При этом если качество учётных процессов на предприятии на высоте, то и внедрение нашей системы не займёт много времени. В противном случае внедрение системы повысит качество учётно-аналитической работы на предприятии.

По завершении интеграции у природопользователя и всех заинтересованных сторон, в качестве которых могут выступать эколог предприятия, аудиторская фирма, контролирующий орган, общественная организация, появится возможность в интерактивном режиме отслеживать и анализировать показатели экопаспорта предприятия (в целом) и любого его инфраструктур-

ного объекта. Рассчитываемые показатели экопаспортов комплексно и наглядно характеризуют выбранные объекты как макротехнологии, изменяющие свою структуру со временем.

Система после настройки на предприятие позволяет в интерактивном режиме исследовать выбранный объект (предприятие в целом или отдельное его подразделение) как макротехнологию, выбирая необходимый уровень детализации (агрегации) входных и выходных потоков, характеристик качества этих потоков, а также исследуемый период и шаг времени (месяц, квартал, год) для отображения динамики изменения параметров макротехнологии.

Такие возможности полезны не только для экологического контроля предприятия (как внутреннего, так и внешнего), но также для выявления любых нестыковок в отчётных данных. Дело в том, что каждый столбец в главной таблице нашего экопаспорта фактически представляет собой баланс производства – потребление объектом различных потоков за выбранный период. Это означает, что любые ошибки первичного учёта (например, дисбаланс между суммарным потреблением воды и суммарным её использованием и сбросом) обнаруживаются мгновенно, а конкретные причины выявляются путём последовательной детализации выбранных потоков в интерактивном режиме работы с системой.

Другой уровень применения системы – региональный экологический контроль. Для этого уровня полезно сопоставлять экопаспорта похожих предприятий с целью выявления среди них передовых (экологически более чистых в пересчёте на стоимость единицы выходной продукции) и отстающих.

Практическое внедрение системы опирается на нашу оригинальную технологию автоматизации процессов управления [5, 6], которая соединяет информационную базу (организованную на основе модели семантической сети) и способ диалога пользователей с ней (на основе полиморфных иерархических таблиц).

В нашей технологии автоматизации процессов управления заложены адаптивные механизмы свободного корпоративного конструирования информационных структур (без традиционного программирования), что делает её гибкой и удобной для встраивания в существующие схемы и процедуры управления и для дальнейшего совершенствования этих схем.

В основе технологии – информационная модель семантической сети, состоящая из объектов различных видов, связанных между собой различными смысловыми связями. Такая модель способна легко настраиваться на предметную

область. И для этого не требуется перепрограммирование системы. Просто вводятся подходящие имена, а также названия видов объектов и типов связей.

Благодаря однородности представления информации в семантической сети, систему удобно развивать, вводя в неё новые типы структур и данных и подключая новые функциональные блоки, обеспечивающие дополнительную автоматизацию к существующим и новым типам объектов и связей. К достоинствам нашей технологии относятся:

- возможность гибкого корпоративного конструирования и пополнения общей информационной базы без программирования;
- единая схема диалога (при этом в корень диалога можно поместить любой информационный объект (например, пользователя системы) и в составе полиморфной таблицы в удобной форме увидеть все его прямые и обратные связи);
- высокая адаптивность (добавление функций обработки с учетом специфики новых видов объектов и типов связей).

Предлагаемая технология позволяет легко встраивать новые схемы автоматизации в сложившиеся процедуры управления. И она особенно эффективна для корпоративной структуризации и систематизации информационных объектов и связей различной природы, что делает её идеальной основой системы управления качеством.

Литература

1. ГОСТ 17.0.0.04-90. Охрана природы. Экологический паспорт промышленного предприятия.
2. ГОСТ 17.0.0.04-90. Охрана природы. Экологический паспорт промышленного предприятия.
3. ГОСТ Р 17.0.0.06-2000. Охрана природы. Экологический паспорт природопользователя.
4. Федеральный закон о техническом регулировании от 27 декабря 2002 года №184-ФЗ.
5. Пашков Е.В., Фомин Г.В., Красный Д.В. Международные стандарты ИСО 14000. Основы экологического управления. М: ИПК Издательство стандартов, 1997. 464 с.
6. Панов И.В., Журавлева Л.Л., Организационные и технологические аспекты автоматизации экологического управления на примере экологического паспорта предприятия // Экологические проблемы промышленных городов. Сборник научных трудов. Под редакцией проф. Губиной Т. И. Саратов, 2007. С. 176-179.
7. Панов И.В., Журавлева Л.Л., Технология разработки системы управления экологической деятельностью предприятия на примере экологического паспорта // Сб. материалов международной конференции «Композит-2007». Саратов, 2007. С. 63-66.

Распределение и биологическая активность полихлорбифенилов в системе «почва – растение» при высоких уровнях загрязнения

© 2007. Д.В. Дёмин, С.М. Севостьянов, Н.Ф. Деева, А.А. Ильина
Институт фундаментальных проблем биологии РАН

Проведены исследования по оценке загрязнения ПХБ почв г. Серпухова, выявлены чрезвычайно высокие и критические уровни загрязнения почв стойким органическим загрязнителем. Анализ по оценке накопления ПХБ растительностью выявил высокий уровень бионакопления в корнях. Показана зависимость между содержанием ПХБ в почвах и растениях. Чем выше содержание ПХБ в почвах, тем выше и в растениях, причём в корнях его накапливается больше, чем в надземной массе. Отмечается значительное увеличение доли три- и тетрахлорбифенилов во всём растении и уменьшение содержания более высокохлорированных бифенилов относительно почв.

The researches are conducted according to pollution PCBs of soils of. The Serpukhovs, are revealed extremely high and critical levels of pollution of soils by a nonperishable organic pollutant. The analysis till estimations of accumulation PCBs by green has revealed a high level of bioaccumulation in the radicals. The relation between the contents PCBs in soils and plants is rotined. Than higher is the contents PCBs in soils, the above and in plants, and in the radicals it is stored more, than in above-ground weight. The useful increase of a lobe three and tetrachlorbiphenyls in all plant and decreasing of the contents more chlorinated of phenyl benzenes concerning soils is marked.

Введение

Глобальное загрязнение окружающей среды затронуло все сферы обитания живых организмов. Особое значение при этом приобретает понимание процессов, происходящих в первом звене трофических цепей – почвенно-растительных комплексах, которые являются «базовой фабрикой» синтеза органического вещества.

Почвенно-растительный покров служит естественным планшетом, на котором аккумулируются многие загрязняющие вещества, в том числе хлорорганические соединения (ХОС). Одним из представителей ХОС являются бициклические соединения, такие как полихлорбифенилы (ПХБ): $C_{12}H_{10-n}Cl_n$, где $n=1-10$, которые синтезируются из бифенила путем хлорирования его газообразным хлором в присутствии катализатора [1, 2].

Необычные физико-химические свойства многочисленного семейства ксенобиотиков и родственных соединений, вездесущих загрязнителей окружающей среды, обусловлены их липофильностью и электронной структурой, а также малой способностью к электрофильным и радикальным атакам. Последнее обстоятельство является определяющим критерием их биологической устойчивости, следовательно, и экотоксичности [3].

Предельно допустимые концентрации (ПДК) для ПХБ, включающие суммарный токсический эффект от всех 209 конгенов,

имеют следующие значения: атмосферный воздух – 1 мкг/м³, вода – 1 мкг/л, почва – 0,06 мг/кг, пищевые продукты (в пересчёте на жир): молоко – 1,5 мг/кг, рыба – 5 мг/кг [3, 4].

Полихлорбифенилы легко адсорбируются поверхностным слоем почвы, причём преимущественно на илито-гумусовых фракциях и проявляют высокую устойчивость к физико-химическому и биологическому разложению. По данным ряда авторов, время полувыведения ПХБ лежит в пределах 2,5 – 45 лет (среднее значение около 20 лет) [1, 2, 4].

Растения, произрастающие на загрязнённой территории, обогащаются ингредиентами воздушных выбросов, а также загрязняющими веществами, накопленными в почве. Это относится как к культурным, так и дикорастущим видам. Отмирание растений приводит к возвращению загрязнителей в почву. Таким образом, растения могут не только обезвреживать, но и вторично загрязнять среду. Большое внимание в литературе уделяется действию тяжёлых металлов, сернистого газа, фенолов, ПАУ на растения, их адаптации к высоким концентрациям и механизмам накопления в растениях [5, 6].

Процессы накопления ПХБ растениями изучены недостаточно. Следует отметить, что благодаря низкой скорости распада ПХБ в растительных материалах в большинстве случаев содержание их в растительности в несколько раз выше, чем наблюдаемые уровни концентраций в почвах, на которых они

произрастают [7, 8]. Общее пространственно-временное распределение концентраций ПХБ в растительности различных регионов во многом сходно с распределением их в атмосферном воздухе. Однако такой вывод справедлив, по всей вероятности, для регионов, где концентрация ПХБ в атмосфере и в особенности в почве невысокая и где поступление ПХБ через атмосферу является основным каналом. При высоких концентрациях ПХБ в почве наблюдается существенное поступление их из почвы в растительность.

Объекты и методы

Полихлорбифенилы для г. Серпухова являются наиболее приоритетными загрязняющими веществами, так как в течение 25 лет использовались на заводе «Конденсатор» в качестве диэлектрика [9]. В результате объекты окружающей среды подверглись сильному загрязнению. Проведённые исследования по загрязнению почв ПХБ позволили сделать вывод, что наиболее загрязнённые участки приурочены к территории бывшего кооператива, находящегося в зоне аккумуляции р. Боровлянка, который является приёмником промышленно-сточных вод завода. В связи с этим нами были заложены почвенные разрезы на слабонарушенной аллювиально-дерновой почве на бывшем кооперативе «Юрьевка». Нами были отобраны почвенные образцы, которые высушивались при 20°C, а затем анализировались на содержание ПХБ.

После закрытия кооператива земли перешли в залежь, началось интенсивное зарас-

тание их сорной растительностью. В настоящее время сформировалось лугово-сорное сообщество (разнотравно-полынно-овсянцевая ассоциация). Необходимо отметить, что жизненное состояние доминантов на площадках хорошее, растения цветут и плодоносят, не отмечено угнетения, хлороза или некроза. Проктивное покрытие более 80%.

Растения отбирали на площадках, приуроченных к местам заложения почвенных разрезов: надземная часть растений, а также корни из горизонта 0-10 см. Затем высушивались при 20°C и анализировались на содержание ПХБ.

Определение ПХБ проводилось комбинацией методов ГЖХ-МСНР (газо-жидкостная хроматография масс-спектрометрия низкого разрешения) и ГЖХ-МСВР (масс-спектрометрия высокого разрешения). Пробоподготовка почвы для анализа осуществлялась следующим способом: 50 г почвы смешивали с 20 г безводного сульфата натрия, гомогенизировали, добавляли внутренние стандарты и экстрагировали в аппарате Сокслета 200 мл смеси гексана и ацетона (в отношении 40 и 60 об. %) в течение 8 час. в присутствии 5 г порошка меди. Растительный материал после добавления внутренних стандартов SPS лиофилизировался 18 час., затем вносили внутренние стандарты и экстрагировали в Сокслете смесью гексана и ацетона (в отношении 40 и 60 об. %) в течение 24 час.

Результаты и обсуждение

Проведённые исследования по оценке загрязнения ПХБ почв выявили чрезвычай-

Таблица 1

Содержание ПХБ в аллювиально-дерновой почве

Конгенеры ПХБ	Разрез 1		Разрез 2	
	Почва, 0-10 см		Почва, 0-10 см	
	мкг/кг	%	мкг/кг	%
Трихлорбифенил	6523,25	14,37	48853,00	9,98
Тетрахлорбифенил	27278,74	35,20	119666,44	41,75
Пентахлорбифенил	22815,26	36,46	123975,56	34,92
Гексахлорбифенил	7755,00	12,28	41771,00	11,87
Гептахлорбифенил	935,00	1,55	5275,00	1,43
Октахлорбифенил	35,40	0,14	476,00	0,05
Сумма ПХБ	65342,65	100	340017,00	100

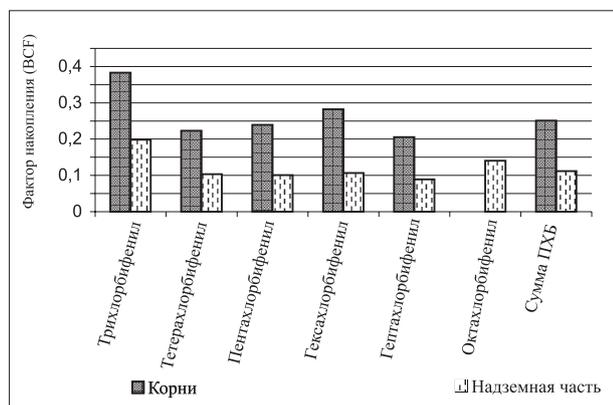


Рис. 1. Анализ бионакопления ПХБ в *Calamagrostis epigeios*

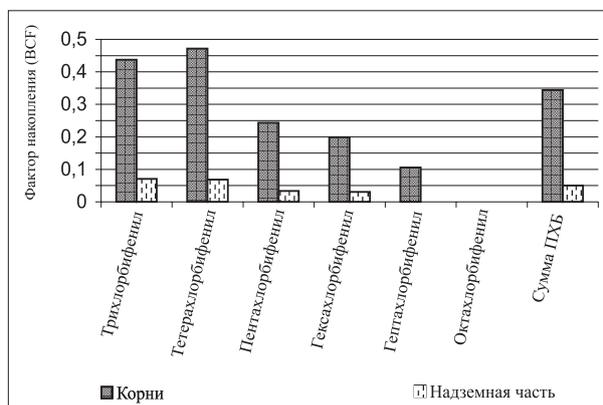


Рис. 2. Анализ бионакопления ПХБ в *Carex sp.*

но высокие уровни загрязнения почв. В первом разрезе содержание ПХБ в слое 0-10 см составило 65342,65 мкг/кг (1089 ПДК). Во втором разрезе загрязнение оказалось еще выше и составило 340017 мкг/кг, что соответствует 5667 ПДК (табл. 1).

Сравнение гомологических групп конгенов показало некоторое различие между почвами. Во втором разрезе содержание бифенилов с тремя атомами хлора меньше (9,98%), чем в первом разрезе (14,37%). В почве второго разреза преобладают тетрахлорбифенилы (41,75%), а в почве первого разреза примерно равные количества тетрахлорбифенилов и пентахлорбифенилов (35,2 и 36,46%). В почве первого разреза содержание октахлорбифенила в 2 раза больше (0,14%), чем во втором разрезе (0,05%).

Анализ содержания ПХБ в растительном материале показали, что существует зависимость между содержанием поллютанта в почве и растениях. Чем выше концентрация ПХБ в почвах, тем выше и в растениях. Используя фактор биоконцентрирования (BCF) [3], мож-

но сделать вывод, что в корнях *Carex sp.* и *Calamagrostis epigeios* бионакопление ПХБ больше, чем в надземной массе (рис. 1 и 2).

Процессы поглощения ксенобиотиков у корней и листьев отличаются, так как для того, чтобы попасть в лист, ксенобиотики должны пройти либо через устьица, либо через кутикулу эпидермиса. Поэтому корни поглощают вещества менее избирательно, чем листья.

В корнях *Calamagrostis epigeios* содержится 25,1% ПХБ относительно его содержания в почве, в надземной массе – 11,2% (табл. 2), в *Carex sp.* – 34,4 и 5% соответственно (табл. 3).

Надземная часть *Carex sp.* накапливает меньше ПХБ, чем *Calamagrostis epigeios*, это объясняется особенностями строения растения, которое имеет меньшую листовую поверхность, что создает условия для меньшей сорбции поллютанта. В растениях меняется соотношение гомологических групп конгенов относительно почв. Увеличивается соотношение трихлорбифенилов во всей биомассе, что свидетельствует об избирательной биоаккумуляции конгенов с низким содержанием хлор-

Таблица 2

Содержание ПХБ в почве и *Calamagrostis epigeios*

Конгены ПХБ	Точка 1		<i>Calamagrostis epigeios</i>			
	Почва, 0-10 см		Корни		Надземная часть	
	мкг/кг	%	мкг/кг	%	мкг/кг	%
Трихлорбифенил	6523,25	9,98	2496,9	15,21	1293,8	17,66
Тетрахлорбифенил	27278,74	41,75	6083,64	37,05	2818,32	38,46
Пентахлорбифенил	22815,26	34,92	5456,36	33,23	2300,28	31,39
Гексахлорбифенил	7755,00	11,87	2189,9	13,34	826,77	11,28
Гептахлорбифенил	935,00	1,43	192,10	1,17	83,31	1,14
Октахлорбифенил	35,40	0,05	0,00	0,0	4,97	0,07
Сумма ПХБ	65342,65	100	16418,9	100	7327,45	100

Содержание ПХБ в почве и *Carex sp.*

Конгенеры ПХБ	Точка 2		<i>Carex sp.</i>			
	Почва, 0-10 см		Корни		Надземная часть	
	мкг/кг	%	мкг/кг	%	мкг/кг	%
Трихлорбифенил	48853,00	14,37	21382,0	18,29	3455,02	20,23
Тетрахлорбифенил	119666,44	35,20	56425,0	48,27	8212,06	48,07
Пентахлорбифенил	123975,56	36,46	30211,0	25,85	4122,94	24,14
Гексахлорбифенил	41771,00	12,28	8312,0	7,11	1292,20	7,56
Гептахлорбифенил	5275,00	1,55	559,3	0,48	0,00	0,00
Октахлорбифенил	476,00	0,14	0,00	0,00	0,00	0,00
Сумма ПХБ	340017,00	100	116889,3	100	17082,22	100

ра, которые более склонны к растворению в воде, поэтому в первую очередь поглощаются корневой системой растений.

При распределении остальных групп конгенов у *Calamagrostis epigeios* отмечается их процентное уменьшение, как в корнях, так и надземной части относительно почв (табл. 2). Для *Carex sp.* картина несколько иная: помимо трихлорбифенила отмечается увеличение тетрахлорбифенилов во всем растении и уменьшение содержания более высокохлорированных бифенилов относительно почв (табл. 3).

Соотношение гомологических групп конгенов в *Calamagrostis epigeios* относительно *Carex sp.* отличается. Как видно из наших исследований, содержание гептахлорбифенилов в *Calamagrostis epigeios* выше как в надземной массе, так и в корнях, при этом необходимо отметить что у *Carex sp.* в надземной массе вообще не обнаружено гептахлорбифенилов. Отношение конгенов ПХБ низкохлорированных к высокохлорированным также различно. Для *Calamagrostis epigeios* оно равно 1,1, а для *Carex sp.* – 2. Высокое накопление низкохлорированных бифенилов можно объяснить испарением или диспергацией ПХБ из почвы в виде аэрозолей и аккумуляцией их растениями. Накопление в надземной массе формируется из двух составляющих: с восходящими токами от корней в верхние части растений и поглощением из атмосферы.

Выводы

1. Исследования по оценке загрязнения ПХБ почв г. Серпухова выявили чрезвычайно высокие и критические уровни загрязнения почв стойким органическим загрязнителем.

Анализ по оценке накопления ПХБ растительностью выявил высокий уровень бионакопления в корнях. Однако остается вопрос транслокации данного соединения, несмотря на его низкую растворимость и гидрофобность из загрязнённого растения в почву.

Из-за низкой растворимости и высокой сорбционной способности гидрофобные органические вещества не способны к транслокации из корневой системы в надземную часть и наоборот. Поэтому ПХБ в корни переходят только из почвы.

2. Показана зависимость между содержанием ПХБ в почвах и растениях. Чем выше содержание ПХБ в почвах, тем выше и в растениях, причем в корнях его накапливается больше, чем в надземной массе. Отмечается значительное увеличение доли три- и тетрахлорбифенилов во всем растении и уменьшение содержания более высокохлорированных бифенилов относительно почв.

3. Растения, произрастающие на почвах с высоким содержанием ПХБ, могут служить биоиндикаторами загрязнения как почв, так и воздуха. Периодическое скашивание растительности и её дальнейшая термическая или химическая нейтрализация будут способствовать снижению уровня загрязнения.

Литература

1. Фоновый мониторинг загрязнения экосистем суши хлорорганическими соединениями. Под ред. Роуинского Ф.Я. Л.: Гидрометиздат, 1990. 269 с.
2. Хакимов Ф.И., Попова А.Ю., Керженцев А.С. Экологическая ситуация в г. Серпухове и перспективы ее улучшения. М.: Полтекс, 2000. 228 с.
3. Ившин В.П., Полушин Р.В. Диоксины и диоксиноподобные соединения: пути образования, свойства, способы деструкции. Йошкар-Ола, 2005. 316 с.

4. Юфит С.С. Яды вокруг нас. М.: Классик Стиль. 2002. 368 с.

5. Белых Л.И., Горшков А.Г., и др. Распределение и биологическая активность полициклических ароматических углеводородов в системе «источник – снежный покров – почва – растение» // Сибирский экологический журнал. 2004. Том XI, № 6.

6. Schrimpf E. Air pollution patterns in two cities of Colombia. S. A. According to trace substances contents of an epiphyte *Tillandsia recurvata* L. Water, Air and Soil Pollution, Vol.24, P. 279-285.

7. Thomas W., Simon H., Ruhling A. Classification of plant species by their organic (PAH, PCB, HBC) and inorganic (heavy metals) trace pollutant concentrations. – Sci. Tot. Environ., 1985, Vol.46, P. 83-94.

8. Дёмин Д.В., Севостьянов С.М., Деева Н.Ф., Ильина А.А. Анализ содержания ПХБ в почвах и растениях на территории г. Серпухова. // Ломоносовские чтения, 2006. МГУ. Москва. С.31-32.

9. Хакимов Ф.И., Деева Н.Ф., Ильина А.А. Загрязнение полихлорированными бифенилами почв города Серпухова // Почвоведение. 2003. № 4. С. 493-498.

УДК.561.26

Загрязнение воды реки Вятки в районе Кировского водозабора

© 2007. Т.А. Мусихина¹, А.Д. Клиндухова²

¹ Вятский государственный университет,

² ООО «КАМАЭКСТРОЙ»

Формирование химического состава поверхностных водных объектов во многом зависит от антропогенных факторов. Река Вятка, протекая по урбанизированной территории в районе кировского водозабора, наряду с выпуском сточных вод испытывает значительное загрязнение от разгрузки загрязнённых грунтовых вод и поверхностного смыва с загрязнённых территорий. Интенсивность загрязнения во многом зависит от сезонности и погодных условий. Изучение закономерностей совокупного влияния природных и антропогенных факторов формирования качества вод поможет построить прогнозные модели состояния источника водоснабжения города Кирова.

The formation of chemical structure of superficial water objects are closely depends on anthropogenic factors. The river Vyatka, stretching on urbanized territory in the district of Kirov water taking place, and the run-off water was in bad influence on relief pollution subterranean waters and superficial wash-out on dust territories. The pollution intensity are fully depends on seasons of the year and the weather conditions. The studying of the patterns of objection weather and anthropogenic factors which influenced on water formation quality could build forecast models of the spring water-Kirov-supply conditions.

Основная река Кировской области – Вятка, в своём среднем течении испытывает значительную антропогенную нагрузку, связанную с расположением на её берегах густонаселённых жилых районов и крупных промышленных центров.

Начиная с 1996 года практически ежегодно происходит превышение в несколько раз фоновых значений азота аммонийного в воде реки Вятки в районе кировского водозабора и в сотни раз – в районе затопляемых загрязнённых территорий в районе влияния Кирово-Чепецкого химкомбината в весенний период (апрель-май). В отдельные годы происходят превышения азота аммонийного во время зимних потаек (февраль-март). При этом интенсивность загрязнений во многом зависит от погодных условий (табл. 1).

Закономерности совокупного влияния температурного режима воздуха в феврале-марте, режима осадков и других климатических характеристик, влияющих на ход уровней воды во время половодья, практически не изучены, но факт их влияния на интенсивность выноса загрязнений из карьеров и с загрязнённых площадей, примыкающих к промплощадке Кирово-Чепецкого химического комбината, бесспорен.

Характеристики очагов загрязнения от деятельности химкомбината, пути миграции химических и радиоактивных веществ в окружающей среде достаточно изучены, но для прогнозирования интенсивности процесса выноса химических и радиоактивных веществ в реку Вятку требуются дополнительные данные. Построение гидродинамической прогнозной модели, которая даст возмож-

Таблица 1

Некоторые факты возрастания фоновых значений концентраций азота аммонийного в воде реки Вятки в районе кировского водозабора во время зимних потаек

Год	Период повышения концентрации азота аммонийного на кировском водозаборе	Интенсивность повышения концентрации азота аммонийного	Наличие других факторов
2002	3 -11 февраля	С 0,1 до 0,7 мг/дм ³	Расход воды в реке низкий, температура воздуха около нуля с 5 февраля, мокрый снег 3, 5, 7, 9, 11 февраля
2003	5-7 апреля	С 0,4 до 1,4 мг/дм ³	Расход воды в реке низкий, температура воздуха около нуля с 1 апреля, без осадков
2004	с 29 марта по 05 апреля	С 0,4 до 2,2 мг/дм ³	Расход воды в реке низкий, температура воздуха около нуля с 23 марта по 1 февраля (25 марта днем +7 ⁰), мокрый снег 24, 25, 26, 28 марта

ность получать информацию о временном и количественном предстоящем повышении концентраций в районе водозабора, позволит обоснованно принимать управленческие решения по регулированию водохозяйственной деятельности в районе кировского водозабора в потенциально опасные периоды.

Вторичное загрязнение воды реки Вятки происходит поверхностным смывом с загрязнённых территорий, которые являются источниками поступлений загрязняющих веществ. В среднем её течении в районе кировского водозабора по берегам рек расположены города Слободской, Кирово-Чепецк и Нововятский район города Кирова. Эти территории обладают высокой хозяйственной освоенностью. Значительные

выбросы в атмосферу в этом районе подтверждаются дешифрованной спутниковой информацией о площадном загрязнении снежного покрова Кировской области [1].

Среднее многолетнее количество загрязняющих веществ (кг/год), смываемых с 1 га территории городов талыми снеговыми и дождевыми водами, может быть при отсутствии наблюдений оценено в первом приближении по удельным значениям и представлено в таблице 2.

Примерно 25-40% стока взвешенных наносов с территории города приходится на талые снеговые воды и 60-65% – на дождевые воды [3].

Интенсивный смыв взвешенных веществ с городской территории при весеннем снеготаянии или выпадении дождевых осадков может быть приравнен к аварийному сбросу, поэтому необходимы сбор, регулирование и очистка загрязнённых талых и ливневых вод урбанизированных территорий.

Закономерности изменения загрязнённости дождевого стока хорошо прослеживаются для таких показателей, как содержание взвешенных веществ, БПК, окисляемость. Распределение концентрации остальных загрязняющих сток ингредиентов чаще всего носит случайный характер.

Качество поверхностного стока обуславливается множеством одновременно действующих факторов, которые можно разделить на две группы. К первой группе относятся все источники загрязнения и факторы, влияющие на санитарное состояние водосбора к моменту образования сто-

Таблица 2

Удельные значения количества смываемых с территории городов поверхностным стоком загрязнений (цит. по [2])

Наименование вещества (показателя)	Масса, кг/год
Взвешенные вещества	2000-2500
БПК ₅ (биологическое потребление кислорода)	140-200
Нефтепродукты	60-100
Азот общий	4-6
Фосфор общий	1,0-1,5
Минерализация	400-600

ка, ко второй – факторы, от которых зависит скорость и степень смыва накопления загрязнений.

Скорость и степень выноса загрязнений определяются гидродинамическими условиями на поверхности водосбора и в дождевой сети, т. е. транспортирующей способностью формирующихся в бассейне водосбора потоков воды [4].

Ранее поверхностные сточные воды относили к категории условно чистых вод, влияние их на качество поверхностных водоисточников практически не учитывалось, отвод их представлялся необходимым лишь по соображениям благоустройства территории. Выпуск поверхностного стока запрещался лишь на участках водоёмов, специально отведённых для купания. Наблюдения показали, что атмосферные воды, стекающие с городских территорий, являются значимым источником загрязнений водоёмов даже при полной биологической очистке всех производственных и бытовых сточных вод. Наиболее неблагоприятное влияние на санитарное состояние водоёмов оказывают взвешенные вещества, содержащиеся в поверхностном стоке. Концентрации взвешенных веществ в дождевых, талых и мочных водах в несколько раз выше, чем в бытовых. При залповых сбросах большого количества грубодисперсных примесей, что обычно наблюдается при выпадении дождей, происходит частичное их осаждение в створе ливневого пуска и ниже по течению. Это способствует постепенному заиливанию водоема, препятствует нормальному протеканию биологических процессов на дне водоприёмника.

Приблизительно четвертая часть осадка из поверхностного стока – органического происхождения. Органические вещества, находящиеся в атмосферных водах в растворённом состоянии и в виде коллоидов, попадая в водный объект, сносятся по течению и в процессе смешения с водой водотока потребляют растворённый кислород. Создаётся некоторый дефицит кислорода, постепенно уменьшающийся при прекращении поступления стока. Но исходного качества вода не достигает, так как происходит потребление кислорода окисляющимися органическими веществами, осевшими на дно водоприёмника. Процесс минерализации органических веществ, содержащихся в поверхностном стоке, продол-

жается 25 суток и более. Дожди, выпадающие в этот период, способствуют нарастанию дефицита кислорода в водоёме.

Всплывающие на поверхность пузырьки газов, образующихся при анаэробном разложении органических веществ донных отложений, ухудшают органолептические свойства воды. Вода приобретает неприятные запахи и привкус. Вместе с пузырьками газов на поверхность выносятся частицы наносов, что увеличивает мутность воды водоёмов.

Поверхностным стоком с застроенных территорий смывается значительное количество плавающих веществ (обрывки бумаг, мусор, листья, нефтепродукты и др.), которые также ухудшают органолептические свойства воды и портят внешний вид водоисточников. Нефтепродукты, поступающие с поверхностными сточными водами, могут существенно влиять на кислородный режим водоёмов. Во-первых, окисляясь, они потребляют растворённый в воде кислород, и, во-вторых, образуемая на поверхности нефтяная плёнка в значительной степени препятствует процессу деаэрации водных объектов [5].

При очистке ливневых сточных вод обычно используют механические и физико-химические методы, так как в данном случае основными загрязняющими веществами являются нерастворимые механические примеси различной степени дисперсности (песок, глинистые частицы и др.) и вещества, плавающие на поверхности сточных вод – нефтепродукты. В состав очистных сооружений ливнево-сточных вод входят такие аппараты, как отстойники, фильтрационные установки, флотаторы и др.

Из таблицы 3 можно видеть, что достичь допустимых санитарно-гигиенических нормативов качества для объектов культурно-бытового назначения в очищенной воде поверхностного смыва возможно даже на очистных сооружениях физико-механической очистки. Строительство системы сбора и очистки ливневых вод с урбанизированной территории выше по течению реки Вятки от Кировского водозабора позволит снизить загрязнённость водоисточника и повысить качество забираемой для нужд города Кирова воды.

Таким образом, в условиях высокой загрязнённости реки Вятки в районе Кировского водозабора целесообразно продолжить детальное изучение совокупного вли-

Таблица 3

Эффективность работы очистных сооружений физико-механической очистки

Наименование загрязняющих веществ (показателей)	Концентрация загрязнений, мг/л				
	В исходной воде	После аккумулирующей емкости	После 1 ступени фильтрации	После 2 ступени фильтрации	ПДК* к/б
Взвешенные вещества	1000	100	30-40	10-15	20
Нефтепродукты	20	3-5	1,5-0,5	0,3-0,1	0,3
БПК полн.	20	6	6	3	6
ХПК (Химическое потребление кислорода)	100	30	30	30	30

Примечание: * ПДК к/б – предельно допустимая концентрация загрязняющих веществ в воде водных объектов культурно-бытового назначения

яния антропогенных и природных факторов формирования качества воды по химическим показателям в зоне санитарной охраны водозабора города Кирова для принятия обоснованных управленческих решений по устойчивому обеспечению качественной питьевой водой жителей и субъектов экономики областного центра.

Литература

1. Зоны хронического загрязнения вокруг городских поселений и вдоль дорог по республикам, краям и областям Российской Федерации. // Труды ГГИ. СПб. 1992. С. 88

2. Кузубова Л.И., Морозов С.В. Очистка нефтесодержащих сточных вод. Новосибирск, 1992. 73 с.

3. Состояние водных объектов, водохозяйственных систем и сооружений Кировской области в 1999 году. // Информационный бюллетень. Выпуск 1.// Под редакцией В.В. Захарова. Киров, 2000. 212 с.

4. Мочалов И.П., Родзиллер И.Д. Очистка и обеззараживание сточных вод малых населённых пунктов. СПб.: Стройиздат, 1991. 121 с.

5. Молоков М.В., Шифрин В.Н. Очистка поверхностного стока с территорий городов и промышленных площадок. М.: Стройиздат, 1977. 104 с.

Оценка экологической ситуации на реках Тебердинского заповедника

© 2007. Е.Н. Башкот¹, И. А-Ю. Ижаев²¹ Ставропольский государственный аграрный университет² Тебердинский государственный природный биосферный заповедник

Дан сравнительный анализ качества речной воды на заповедной территории. Описано взаимодействие факторов самоочищения и техногенной нагрузки по показателям. Сделана оценка степени напряжённости экологической ситуации по расчёту потенциального риска здоровью в зависимости от содержания в воде фосфатов и нитратов.

The comparative analysis of quality of river water in reserved territory is given. The interaction of the factors clearance and of loading on parameters is described. The estimation of a degree of intensity of an ecological situation on account of potential risk to health is given depending on the contents in water phosphates and nitrates.

Проблема качества пресной воды является актуальной в последнее время, когда хозяйственная деятельность человека всё более вторгается в горные районы и даже в пределы особо охраняемых природных территорий (ООПТ). Тебердинский государственный природный биосферный заповедник входит в международную систему биосферных резерватов ЮНЕСКО, осуществляющих глобальный экологический мониторинг [2, 6, 7]. Город-курорт Теберда и туристический центр – пос. Домбай расположены в долине Теберды и, соответственно, оказывают определённое воздействие на водные ресурсы территории. Насколько разнообразны виды антропогенной деятельности в этой зоне, не разрушают ли они окружающую среду и не истощают ли биологические ресурсы – всё это ещё предстоит выяснить. Целью наших исследований было определить антропогенную нагрузку на главную реку заповедной зоны на фоне одного из её притоков.

Бассейн реки Теберды расположен в диапазоне абс. высот 525-2900 м. Вертикальный градиент атмосферных осадков – 77 мм/100 м. Средний годовой объём речного стока – 1,037 км³ [7]. Река (фото 1, обложка) является одним из основных полноводных левых притоков Кубани, вода которой, орошая земли Ставропольского и Краснодарского краёв, впадает в Чёрное море. Протекая по заповедной территории, р. Теберда является источником питьевого и хозяйственного водоснабжения, используется для рыбоводства (форельное хозяйство), а также несёт рекреационную нагрузку.

Бассейн р. Уллу-Муруджу – один из наиболее заозёрных в Тебердинском заповед-

нике. В истоках реки сосредоточено 24 глубоких (до 50 м) ледниковых озера общей площадью зеркала 0,37 км² [2]. Одно из них, Муруджу Голубое, представлено на фото 2 (обложка). Эти водоёмы лежат на дне цирков и каров на абс. высоте 2660-3185 м. Котловины озёр располагаются в кристаллических породах палеозоя и протерозоя (граниты, гнейсы, амфиболиты), отличающихся повышенной устойчивостью к разрушению и слабо подвержены выщелачиванию. Почвы горнолуговые и горные лесные маломощные. На фото 3 (обложка) показана долина Муруджу. Регион отличается обильным увлажнением и связанным с этим усиленным стоком в летнее время года. Всё это обуславливает малую минерализацию воды озёр и рек. Последняя здесь колеблется для озёр от 8,3 до 115 мг/л. Разнообразие горных пород создаёт различные сочетания по гидрохимическому составу этих водоёмов, в целом для озёр региона характерно преобладание гидрокарбонатного и в меньшей мере сульфатного типов [2].

Для оценки экологического состояния рек учитывается взаимодействие факторов самоочищения и техногенной нагрузки [3]. Косвенной характеристикой техногенной нагрузки могут служить сведения об объёмах и структуре сточных вод, отнесённые к единице площади бассейна или к объёму речного стока. Разбавление является основным фактором изменения средних концентраций примеси, поэтому при учёте характеристик диффузного загрязнения от малых рассредоточенных источников определяют коэффициент разбавления (КР) концентраций примеси ниже от места поступления сточных вод. В настоящее время известно, что КР характе-

ризует общий уровень загрязнения и хорошо коррелирует с характеристиками качества воды, например, с индексом загрязнённости воды (ИЗВ). По данным В.И. Стурмана, коэффициенты корреляции между КР и ИЗВ по Удмуртии составили 0,732 по стационарным гидропостам и 0,603 по точкам эпизодического опробования [8].

Самоочищающая способность водных объектов зависит от процессов распада, трансформации и утилизации загрязняющих веществ (ЗВ), что приводит к восстановлению первоначальных свойств и состава водной среды. Оценку самоочищения по отношению к легкоокисляемому органическому веществу дают по показателям биохимического потребления кислорода (БПК). Показатели качественного состава воды учитываются для расчёта потенциального риска загрязнения для здоровья как вероятность развития нежелательных эффектов у населения при определённых уровнях и продолжительности воздействия фактора окружающей среды [4].

Методика

Пробы воды нами отобраны во второй декаде мая в период половодья. Первая проба была взята из р. Уллу-Муруджу, абс. высота порядка 2315 м. Вторая – из р. Теберда ниже города, абс. высота около 1325 м.

Объём поступающих сточных вод источников загрязнения определялся по укрупнённым нормативам водоотведения с учётом численности населения, обеспеченности водопроводом и канализацией, количества домашних животных (КРС, овцы, козы, коневферма), наличия сельскохозяйственной и транспортной техники, а также некоторых предприятий. КР определялись исходя из среднегодового расхода воды (25 м³/с) и межennaleго (0,82 м³/с), т. е. при 95% обеспеченности, как этого требуют нормативные документы по установлению ПДС. Для определения КР объём всех сточных вод делился на сток [8].

Количественный химический анализ выполнялся в Центре лабораторного анализа и технических измерений г. Ставрополя (ЦЛАТИ). Использовались следующие методы определения: взвешенные вещества определялись гравиметрическим методом, водородный показатель – потенциометрией, БПК₅ и растворённый кислород – амперометрическим, фосфаты и нитриты – фотоколориметрией; фториды, хлориды, нитраты, сульфаты – хроматог-

рафическим методом. Определение содержания металлов (железо общее, медь, никель, свинец, цинк) проводилось методами атомно-абсорбционной спектрометрии. Расчёты потенциального риска здоровью, связанного с качеством воды, по содержанию в ней фосфатов проведены согласно гигиенической оценке степени напряжённости медико-экологической ситуации территорий, обусловленной загрязнением токсикантами среды обитания населения, разработанной Госсанэпиднадзором Минздрава России [4]. Для расчёта риска неблагоприятного эффекта использовали уравнение:

$Prob = -2 + 3,32 * \lg(\text{концентрация} / \text{норматив})$, где Prob – величина, связанная с риском по закону нормального вероятностного распределения. Перевод величины Prob в величину риска проводили по таблицам гигиенической оценки, при этом оценивались риски немедленного и хронического воздействия.

Результаты и их обсуждение

Известно, что состав растворённых ионов в пресных водах зависит от реакций выветривания и разложения органического вещества в породах и почвах, а также от варьирующего состава дождевых осадков и сухих атмосферных выпадений [4]. Результаты анализа качества воды на реках Тебердинского заповедника представлены в таблицах 1 и 2.

Повышенное содержание фторидов, хлоридов, сульфатов в пробах воды притока по сравнению с водой главной реки, вероятно, связано с большим вкладом от разложения органики в почвах лесной зоны, через которую приток протекает, в р. Теберде они разбавляются.

Высокая насыщенность кислородом воды способствует разложению органических веществ, что осуществляется при участии бактерий и может происходить на любой глубине столба воды. Кислород поступает в воду в большей степени путем обмена газов на границе вода/воздух и частично – как побочный продукт фотосинтеза. В пресных водоёмах фотосинтез осуществляют крупные растения и фитопланктон. В наших пробах вода хорошо обеспечена кислородом, что вдвое больше предусмотренного нормативами.

Содержание взвешенных веществ р. Уллу-Муруджу ниже предела обнаружения; в р. Теберде, ниже города-курорта, оно составляет 23 мг/дм³, что выше ПДК для хозяйственно-питьевого водопотребления в 90 раз и выше ПДК

Таблица 1

Результаты химического анализа качества воды рр. Теберда и Уллу-Муруджу

Определяемый показатель	ПДК рыбохозяйственное	ПДК хоз.-питьевого и кул.- бытов. водопользования	Реки заповедника	
			р.Уллу-Муруджу	р. Теберда
Растворенный кислород, мг O ₂ /дм ³	He < 4,0	He < 4,0	8,75	8,03
БПК ₅ , мг O ₂ /дм ³	3,0	He > 2 хоз.-питьев. He > 4 для рекр. и ком.-быт.	0,56	0,80
Общая минерализация, мг/дм ³	1500	He > 1000	26	45
Взвешенные вещества, мг/дм ³	0,75 к фону	0,25 хоз.-питьев. 0,75 рекр., ком.-быт.	< 2,0	23
Водородный показатель, ед. рН	6,5 - 8,5	6,5 – 8,5	7,2	7,4
Цветность			Без цвета	Без цвета
Запах, баллов		He > 2 баллов	0	1,0
Прозрачность, см			> 20	15
Фосфаты, мг/дм ³	0,2		0,075	0,19
Аммоний-ион, мг/дм ³	0,5	1,5	< 0,05	< 0,05
Нитриты, мг/дм ³	0,08	3,3	< 0,020	0,026
Нитраты, мг/дм ³	40	45	0,37	0,64
Сульфаты, мг/дм ³	100	500	3,13	2,86
Хлориды, мг/дм ³	300	350	2,90	0,67
Фториды, мг/дм ³	0,05 к фону	для IV зоны 0,7	0,76	0,0012

для рекреационных и хозяйственно-бытовых целей в 30 раз. Концентрация взвесей может быть снижена в результате самоочищения водоёма – путем разбавления, химических, физико-химических, наконец, биологических трансформаций. Поскольку в р. Теберде содержание взвешенных веществ и общая минерализация выше, чем в притоке, то можно утверждать, что в реке существуют все предпосылки для более активного протекания фотохимических реакций образования и разложения органического вещества на свету с участием фитопланктона. Лимитирующими факторами интенсивности процессов биологического самоочищения является низкая температура и быстрое течение.

Скорость биохимического потребления кислорода увеличивается по мере того, как

возрастает количество поступающего органического вещества по причине как усиленного фотосинтеза в поверхностном эуфотическом слое, так и из-за прямого стока органических отходов, то есть сточных вод. Показатель БПК₅ в реке ниже города-курорта в 1,4 раза выше, чем в притоке. Растворённого же кислорода в притоке было в 1,08 раза больше, чем в реке, где он, как отмечалось, расходуется на окисление органики. Кроме кислорода, бактерии используют другие альтернативные окислители – нитраты. В природных пресных водах концентрация нитратов обычно очень низкая [1]. В наших пробах она была значительно ниже ПДК (в 60...100 раз). Однако в результате антропогенного привноса концентрация нитратов в р. Теберде ниже города в 1,7 раза выше, чем в притоке. Это увеличива-

Таблица 2

Содержание тяжёлых металлов в воде рр. Теберда и Уллу-Муруджу

Металл	ПДК рыбохозяй- ственное, мг/дм ³	ПДК хоз.-питьевого и культ.-бытового водопользования, мг/дм ³	р.Уллу-Муруджу		р. Теберда	
			мг/дм ³	σ, %	мг/дм ³	σ, %
Железо общее	0,1	0,3	< 0,01	1,28	< 0,01	2,40
Медь	0,001	1	< 0,001	4,18	< 0,001	6,20
Никель	0,01	0,02	< 0,001	1,18	< 0,001	2,86
Свинец	0,1	0,01	< 0,005	2,96	< 0,005	1,66
Цинк	0,01	1	< 0,01	4,83	< 0,01	3,50

Примечание: среднее квадратичное отклонение σ характеризует степень разбросанности результатов измерений относительно истинного значения.

ет доступность нитратов для восстановления бактериями. Нитратный азот растворим и не удерживается в почвах, в отличие от аммонийного азота. Поэтому нитратный азот атмосферной воды или удобрений, а также образующийся в результате окисления почвенной органики и отходов животных вымывается из почв в реки. Увеличение площадей пастбищного животноводства и рост интенсивности сельскохозяйственного производства может быть реальной причиной возрастающих концентраций нитратов.

Концентрация фосфатов в р. Теберде выше в 2,6 раза, чем в притоке и близка к ПДК – 0,19 мг/дм³. Вероятно, последнее связано с техногенным привнесением фосфатов в речную воду. Фосфор не содержится в атмосфере, его резервный фонд находится в земной коре, он является труднодоступным элементом. В настоящее время концентрация растворённых фосфатов в бытовых стоках возрастает вследствие широкого применения фосфатсодержащих моющих средств [5], а также фосфорных удобрений для сельского хозяйства.

Цветность воды, окраска может быть обусловлена присутствием в воде гумусовых и дубильных веществ, жиров, органических кислот и других соединений. Цветность в наших пробах отмечена не была.

При увеличении концентрации азота и фосфора скорость прямой реакции фотосинтеза возрастает, что приводит к эвтрофированию водоёма. В реке этому процессу мешает стремительность потока и низкая (8°С) температура воды. В прибрежных мелководьях, где течение замедляется и образуются водоёмы со стоячей, хорошо прогреваемой и освещаемой водой, поверхность воды бурно «цветёт» в летнее время. Принято считать, что «цветение» воды становится вероятным,

когда содержание минерального азота превышает 0,3-0,5 мг/дм³, а минерального фосфора – 0,01-0,03 мг/дм³ [1]. В наших пробах в реке содержание нитратов и фосфатов было выше, чем в притоке. Следовательно, сток этих элементов с прилегающей водосборной площади присутствует в количестве, достаточном для эвтрофирования воды.

Среднегодовой коэффициент кратности разбавления (КР) составил 0,00092; межennyй КР – 0,026. Из сопоставления расчётных характеристик КР с материалами мониторинга следует, что возможны устойчивые превышения ПДК в межень по фосфатам и взвешенным веществам. Значение ИЗВ, по нашим данным, составило меньше единицы, показателей ЗВ, которые бы превысили ПДК, не было. Такая вероятность может существовать для фосфатов в р. Теберде в межень, их содержание было на уровне 1 ПДК в половодье.

При концентрации фосфатов 0,19 мг/дм³ величина риска составляет 0,023. В этом случае риск немедленного воздействия характеризуется как удовлетворительный, тенденция к росту общей заболеваемости, как правило, не носит достоверного характера. При этом, однако, возможны жалобы населения, связанные с органолептическими свойствами питьевой воды. Риск хронического воздействия, оцениваемый по эффектам неспецифического действия, может рассматриваться как приемлемый, т. е. при данной ситуации отсутствуют неблагоприятные медико-экологические тенденции.

Содержание металлов в воде рр. Теберда и Уллу-Муруджу в наших пробах было ниже предела обнаружения (табл. 2).

В заключение можно сделать следующие выводы:

- при оценке локального распределения вредных химических веществ в окружающей среде необходимо учитывать водную миграцию реками, что особенно важно для ООПТ, имеющей статус биосферного резервата;
- расчёт коэффициента разбавления и сравнение его с данными наблюдений показал, что в межень существует вероятность устойчивого загрязнения неконсервативными соединениями – взвешенными веществами и фосфатами. Сток нитратов и фосфатов с прилегающей водосборной площади присутствует в количестве, достаточном для эвтрофирования мелководий;
- расчёт потенциального риска здоровью, связанного с содержанием фосфатов 0,19 мг/дм³ в воде, показал, что риск немедленного воздействия характеризуется как удовлетворительный, хронического воздействия – как приемлемый.

Литература

1. Гусакова Н.В. Химия окружающей среды. – Ростов-на-Дону: Феникс, 2004. 192 с.

2. Ефремов Ю.В., Салпагаров Д.С. Озёра Тебердинского заповедника и сопредельных территорий: Труды Тебердинского госуд. природного биосферного заповедника / Ред. Ю.П. Хрусталева. Вып. 24. Ставрополь: Кавказский край, 2001. 112 с.

3. Железняков Г.В. Гидрология и гидрометрия. М.: Высш. школа, 1981. 264 с.

4. Иванов А.В., Тафеева Е.А. Состояние водных ресурсов и условия водоснабжения населения в нефтедобывающих районах республики Татарстан // Вод. ресурсы. 2006. Т. 33. №3. С. 273-282.

5. Калошин Ю.А. Технология и оборудование масложировых предприятий. М.: ИРПО: Издательский центр «Академия», 2002. С. 292-306.

6. Липина Н.Н., Липин О.А. Озёра Тебердинского заповедника // Сб. науч. тр. / Ставроп. книж. изд-во, 1962. Вып. IV. С. 73-99.

7. Лурье П.М., Панов В.Д., Ильичев Ю.Г., Салпагаров А.Д. Снежный покров и ледники бассейна реки Кубань: Труды Тебердинского госуд. природного биосферного заповедника. Вып. 41. Кисловодск, 2006. 244 с.

8. Стурман, В.И. Картографирование загрязнения вод суши // Экологическое картографирование: учебное пособие. М.: Аспект Пресс, 2003. С. 106-120.

УДК 504.3.054:547

Оценка загрязнения снежного покрова органическими соединениями в зоне воздействия выбросов целлюлозно-бумажного комбината

© 2007. М.И. Василевич, Д.Н. Габов, В.А. Безносиков, Б.М. Кондратёнок
Институт биологии Коми НЦ УрО РАН

Проведён качественный и количественный анализ органических компонентов снежного покрова в зоне влияния выбросов целлюлозно-бумажного комбината (ЦБК). Оценен вклад органических соединений в общем пуле выбросов химических поллютантов при формировании снежного покрова. Предложены критерии для установления загрязнения органическими веществами природных комплексов в зоне воздействия выбросов ЦБК.

The qualitative and quantitative analysis of snow cover organic components in a zone of influence of pulp-and-paper combine (PPC) emissions is carried out. The contribution of organic connections in a general bullet of emissions chemical pollutants at a snow cover formation is appreciated. Criteria for an establishment of pollution by organic substances of natural complexes in the influence zone of PPC emissions are offered.

Введение

В последнее время всё больше проявляется интерес к теоретической и прикладной направленности исследований снежного покрова [1, 2]. Загрязнённость снежного покро-

ва отражает степень антропогенного воздействия на окружающую среду, т. к. снег способен сохранять и накапливать вещества, поступающие на его поверхность из атмосферы. На основе информации о химическом составе

снежного покрова можно проводить интегральные оценки загрязнённости различных экосистем за длительные временные периоды, дифференцировать территории вокруг городов и промышленных районов по степени техногенной нагрузки.

Как указывают И.Л. Калюжный и др. одним из методов получения объективной информации о потоках аэрогенных осадков природного и техногенного происхождения является изучение химического состава снежного покрова, аккумулирующего химические примеси из воздуха и атмосферных осадков в течение определённого времени [1]. По количеству индивидуального вещества и суммарному содержанию загрязняющих компонентов, накопившихся в снежном покрове в районах расположения тех или иных промышленных предприятий, а также исследования фоновых территорий, можно судить о степени влияния различных производств на окружающую среду [3, 4].

Среди веществ – загрязнителей внешней среды по особенной сложности для исследования выделяют органические соединения, многие из которых являются суперэтоксикантами. Многочисленные исследования, выполненные в последние годы, показывают, что органическое вещество является одним из основных компонентов аэрозолей, как над сушей, так и над океаном. Содержание органического углерода ($C_{\text{орг}}$) иногда может достигать 60% от общей массы частиц. Для «индустриальных» аэрозолей отмечено высокое содержание сажевого углерода, состоящего из субмикронных частиц, который может переноситься далеко от источника загрязнения [5, 6]. Органические вещества присутствуют в отходах практически любых сфер техногенной деятельности человека и поэтому являются важными объектами повсеместного контроля. Среди органических соединений большое внимание уделяется изучению фенольных соединений, поскольку те имеют множество техногенных источников поступления в окружающую среду. Характер опасности фенолов разнообразный. Они могут быть мутагенами, тератогенами, канцерогенами, обладать местной и общей токсичностью и проявлять другие негативные свойства. Опасность этих соединений ещё связана с тем, что, поступая в атмосферу, они подвергаются трансформации с образованием более опасных соединений: полициклических ароматических углеводородов (ПАУ), альдегидов. ПАУ в свою очередь образуют особую группу соединений, анализ

которых в объектах окружающей среды имеет большое значение в связи с их канцерогенными свойствами, высокой устойчивостью и способностью к накоплению [7]. ПАУ обладают высокой мобильностью, способностью к рассеиванию в биосфере и имеют как природное, так и техногенное происхождение. Накопление ПАУ в объектах окружающей среды связано с процессами трансформации органических веществ и их переносом от техногенных источников. Большинство ПАУ имеет пирогенное происхождение, являясь продуктами неполного сгорания ископаемого топлива (уголь, нефть и природный газ) и сжигания биомассы (древесина).

Органические загрязнители, продуцируемые в результате работы промышленных предприятий, образуют техногенно загрязнённые территории различной протяжённости. По некоторым данным [8], диффузия загрязнения атмосферы способствует распространению ПАУ на значительное расстояние (до 10 км) за пределы территории предприятий. При этом наибольшие концентрации бенз[а]пирена в снеге и почве отмечались на расстоянии 1 км от предприятий, а по мере удаления от источников загрязнения их содержание снижалось. По данным А.И. Шилиной [9], только 10% бенз[а]пирена выпадает на подстилающую поверхность в радиусе ближайших 30 км от предприятий. Основная же часть его (до 80%) перемещается вместе с тонкодисперсными аэрозолями воздуха на расстояние свыше 100 км от источника загрязнения.

Актуальными задачами экологических исследований являются разработка критериев, позволяющих различать природное и техногенное происхождение поллютантов, исследование возможных техногенных источников их поступления в окружающую среду, выявление масштабов их распространения и поиск надежных индикаторов загрязнения.

Цель работы – оценить степень загрязнения снежного покрова органическими соединениями в зоне воздействия выбросов ЦБК и выявить критерии загрязнения ландшафтов этими компонентами.

Объекты и методы исследований

Объектом исследования при оценке загрязнения выбросами ЦБК являлись образцы снега, отобранные непосредственно на территории целлюлозно-бумажного предприятия, на границе санитарно-защитной зоны (СЗЗ), а также на участках, расположенных в соответ-

ствии с характерной для данной местности «розы ветров». В зимний период на данной территории преобладают ветры южного и юго-западного направлений. Этот факт был учтен при проведении отбора проб. В качестве фоновых территорий поступлений контролируемых компонентов рассматривали экспериментальные результаты по качественному и количественному составу снежного покрова, характеризующихся устойчивыми показателями и независимыми от выбросов целлюлозно-бумажного предприятия. Экспериментальные данные показали, что фоновые территории находятся в 22 км от источника эмиссии. Образцы снега отбирали на площадках с нарушенным снежным покровом в период начала снеготаяния (II и III декады марта).

Количественный химический анализ (КХА) проб талой воды был проведен в лаборатории «Экоаналит» Института биологии Коми НЦ УрО РАН, аккредитованной применительно к объектам количественного химического анализа для целей производственного экологического контроля, мониторинга загрязнения окружающей природной среды и научных исследований. Все исследования, включая отбор проб, хранение образцов снежного покрова, их химический анализ, были выполнены в соответствии с действующими нормативными документами.

Содержание исследуемых компонентов в талой снеговой воде определяли в единицах массовых концентраций. Для более корректной интерпретации результатов эксперимента полученные результаты пересчитывали в соответствующие значения уровней поступления веществ на поверхность в г/м², мг/м² или мкг/м² по формуле:

$$P = \frac{C_m \cdot V}{S \cdot n} \cdot 10, \quad (1)$$

где P – масса определяемого компонента, поступившего на единицу площади поверхности земли за весь период сохранения снежного покрова, г/м², мг/м² или мкг/м²;

C_m – массовая концентрация компонента в талой воде, мг/дм³, мкг/дм³ или нг/дм³ соответственно;

V – объем талой воды всей пробы, дм³;

S – площадь внутреннего поперечного сечения трубы для отбора проб снега, см²;

n – число кернов снежного покрова, отобранных в данной точке;

10 – коэффициент для согласования размерности.

Определение ПАУ в талых водах проводили, руководствуясь методиками РД

52.44.590-98 и ПНД Ф 14.2:4.70-96. Качественный и количественный анализ осуществляли методом обращенно-фазовой ВЭЖХ в градиентном режиме и спектрофлуориметрическом детектировании («Флюорат-02-Панорама», фирма «Люмэкс», Россия). Хроматографирование выполняли при температуре 25⁰С на колонке фирмы «Supelco» Supelcosil™ LC-PAH 5 мкм (25 см x 2,1 мм). В качестве подвижной фазы использовали градиент ацетонитрил – вода. Пробу объемом 10 мм³ вводили с помощью крана-дозатора. Идентификацию ПАУ проводили по временам удерживания и сравнения спектров флуоресценции выходящих из колонки компонентов со спектрами стандартных ПАУ. Количественный анализ ПАУ проводили методом внешнего стандарта.

Определение дихроматной окисляемости, или химического потребления кислорода (ХПК) в пробах, проведено по методике ПНДФ 14.1:2:4.190-05 с применением анализатора жидкости «Флюорат-02».

Степень окисления многих присутствующих в поверхностных водах органических веществ дихроматом калия в концентрированном растворе серной кислоты близка к 100%, поэтому величины дихроматной окисляемости служат для определения их суммарного содержания. Содержание $C_{орк}$ (мг/дм³) в образцах талой воды рассчитывали по формуле:

$$C_{орк} = \frac{ХПК \cdot 12}{32}, \quad (2)$$

где $ХПК$ – значение дихроматной окисляемости, мг О/дм³.

Определение фенола в пробах талой воды основано на реакции бромирования в кислой среде и концентрировании образовавшегося 2,4,6-трибромфенола методом жидкостной экстракции (экстрагент – толуол). Полученный экстракт анализировали на газовом хроматографе «Кристалл 2000М» (Хроматэк, Россия) с детектором электронного захвата в изотермическом режиме (200⁰С) на кварцевой капиллярной колонке 30 м x 0,25 мм (НР-5, Hewlett-Packard), газ-носитель – азот, ос.ч. Условия газохроматографического определения: скорость потока газа-носителя через колонку – 0,8 см³/мин, деление потока – 1:30, поддув детектора – 20 см³/мин, температура испарителя 320⁰С, детектора 300⁰С. Регистрацию и обработку хроматограмм осуществляли с помощью системы сбора и обработки хроматографических данных «Хроматэк-аналитик» (версия 1.21).

Обсуждение результатов

В данной работе был проведён анализ органического ($X_{ПК}$, $C_{орг}$), минерального углерода ($НСО_3^-$, $C_{мин}$) и ряда индивидуальных органических соединений – поллютантов (полициклические ароматические углеводороды, фенол) в образцах снежного покрова.

Гидрокарбонат-ионы ($C_{мин}$) – одни из основных макрокомпонентов в составе талой воды снежного покрова, которые связаны с выбросами предприятия. При проведении анализа содержания минеральных компонентов в снежном покрове для выбранной территории рассчитан коэффициент корреляции (r) между $НСО_3^-$ ($C_{мин}$) и значениями общей минерализации, который составил 0,75 (табл. 1).

Достоверность существования органических примесей в выбросах целлюлозно-бумажного предприятия подтверждается высоким коэффициентом корреляции значений $X_{ПК}$ ($C_{орг}$) и содержания гидрокарбонат-ионов ($C_{мин}$), доля которых в выбросах составляет 30% и более, в зависимости от удаления от источника эмиссии (табл. 2).

Установлено, что характер поступления и накопления $C_{орг}$ и $C_{мин}$ на поверхности снежного покрова неодинаков. Это подтверждается разницей корреляционной взаимосвязи между $r_{X_{ПК}-SO_4}$ и $r_{X_{ПК}-HCO_3^-}$: значение r между $X_{ПК}$ и сульфатами выше, чем $r_{X_{ПК}-HCO_3^-}$ (табл. 1). Известно, что сульфат-ионы, в отличие от гидрокарбонат-ионов, распространяются как в виде сухих, так и в виде влажных аэрозолей.

На основе полученных значений $X_{ПК}$ в талой воде было рассчитано содержание органического углерода, его доля в общем объёме выбросов и углеродном балансе (табл. 2).

Результаты свидетельствуют о том, что в суммарном объёме компонентов доля общего углерода составляет 24,7% на территории санитарно-защитной зоны и 19,9% – на фоновых территориях. Отношение содержания минерального к содержанию органического углерода ($C_{орг}/C_{мин}$) на территории

Таблица 1
Коэффициенты корреляции между массивами экспериментальных данных ($n=52$, $P=0,95$).

$r(X - Y)$	r
Электропроводность – $НСО_3^-$	0.75
Электропроводность – SO_4^{2-}	0.77
Электропроводность – $X_{ПК}$	0.52
SO_4^{2-} – $X_{ПК}$	0.75
$НСО_3^-$ – $X_{ПК}$	0.62
$НСО_3^-$ – SO_4^{2-}	0.91
Фенол - $X_{ПК}$	0.77
Сумма ПАУ - $X_{ПК}$	0.63
Сумма ПАУ - фенол	0.79

СЗЗ равно 3, на фоновых участках – приблизительно 1. Таким образом, при удалении от источника эмиссии доля органического углерода уменьшается. Значительная доля углерода в выбросах находится в составе органических поллютантов.

При проведении исследования рассчитывали долю органических веществ в талой воде в составе взвешенных частиц, поскольку данный интегральный показатель отражает уровень техногенной нагрузки на территорию. Было установлено, что доля органического вещества ($C_{орг}$) в составе взвешенных частиц составила вблизи источника – 70 ... 80%, на границе санитарно-защитной зоны – 20 ... 40%. На фоновых территориях полученные значения $C_{орг}$ близки к нулю. Установлено, что доля нерастворённых форм органических соединений в образцах талой воды фоновых территорий незначительна. Загрязнение снежного покрова растворимыми органическими компонентами имеет большую площадь, чем твёрдыми веществами (более локально), поскольку первые имеют меньшую массу и обладают большей летучестью. Таким образом, отношение $C_{орг}/C_{мин}$, а также значение доли $C_{орг}$ в составе взвешенных частиц может служить критерием степени техногенной нагрузки на территорию в зоне действия промышленного предприятия.

Таблица 2

Массовые доли общего ($C_{общ}$), минерального ($C_{мин}$), органического ($C_{орг}$) углерода и гидрокарбонат-ионов в общем модуле загрязнения

Территория	Общий модуль загрязнения, мг/дм ³	Доля $C_{общ}$, %	Доля $НСО_3^-$, %	Доля $C_{мин}$, %	Доля $C_{орг}$, %
СЗЗ	91.3	24.7	30.0	5.9	18.8
граница СЗЗ	86.9	20.3	32.4	6.4	13.9
фон	8.8	19.9	47.0	9.3	10.6

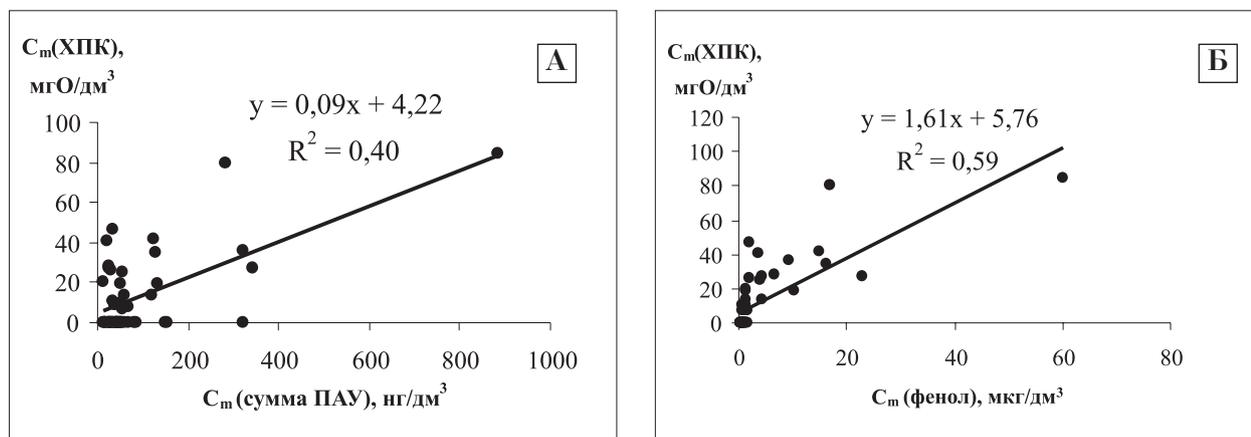


Рис. 1. Корреляционная зависимость между массивами значений: А – величина дихроматной окисляемости и массовая концентрация ПАУ; Б – величина дихроматной окисляемости и массовая концентрация фенола

Проведённые расчёты показали достаточно высокие значения r между массивами значений $C_{орг}$, содержанием фенола и суммы ПАУ (табл. 1). Из рассчитанных значений коэффициентов корреляции следует, что зона загрязнения органическими соединениями совпадает с зонами накопления фенола и ПАУ, т. е. эти компоненты характеризуются общим источником их поступления в окружающую среду (рис. 1).

Эти данные также подтверждаются результатами факторного анализа, применение которого помогает выявить группы генетически связанных между собой компонентов и классифицировать химические вещества по характеру распространения и источнику поступления в окружающую среду (табл. 3).

Вклад первого фактора в общую дисперсию основной – 67%. Как видно из таблицы, группу первого фактора образовали такие показатели, как ХПК ($C_{орг}$), фенол и в основном легкие ПАУ (за исключением бенз[b]флуорантена). Во вторую группу вошли все тяжёлые 5-6-ядерные полиарены, их вклад составил 26,1%. Суммарный вклад третьего фактора ($C_{мин}$) в составе выбросов незначителен – 6,9%, причём доминирующая нагрузка на этот фактор приходится, главным образом, на минеральный углерод, а воздействие других компонентов близко к нулю. Этот факт ещё раз указывает на различия в распространении минерального и органического углерода. Таким образом, по результатам факторного анализа все компоненты условно могут быть представлены тремя гипотетическими переменными факторами: «органический углерод», «тяжёлые полиарены», «минеральный углерод».

В ходе исследования был проведён анализ содержания в снежном покрове фенола и ПАУ как для фоновых, так и техногенно нарушенных участков. Количественный и качественный состав ПАУ в снежном покрове фоновых участков представлен в таблице 4.

Анализ результатов по распределению ПАУ в снежном покрове фоновых территорий показал наличие в нём в основном низкомолекулярных полиаренов, таких как фенантрен, флуорантен, пирен, хризен. Эти компоненты составляют более 90% от суммарного содержания ПАУ на территории СЗЗ. Тяжёлые ПАУ (бенз[b]флуорантен,

Таблица 3

Факторные нагрузки концентраций компонентов в образцах снежного покрова

Компонент	Фактор 1	Фактор 2	Фактор 3
Доля общей дисперсии, %	67.0	26.1	6.9
Нафталин	0.79	-0.42	-0.01
Флуорен	0.90	-0.33	0.07
Фенантрен	0.95	-0.26	-0.15
Антрацен	0.89	-0.03	0.18
Флуорантен	0.98	0.16	-0.09
Пирен	0.92	0.38	-0.03
Бенз[a]антрацен	0.96	0.25	-0.13
Хризен	0.99	0.13	0.02
Бенз[b]флуорантен	0.87	0.46	-0.10
Бенз[k]флуорантен	0.24	0.97	-0.06
Бенз[a]пирен	0.56	0.81	-0.15
Дибенз[a,h]антрацен	-0.34	0.91	-0.21
Бенз[ghi]перилен	-0.25	0.96	-0.07
Индено[1,2,3-cd]пирен	-0.66	-0.40	-0.37
Сумма ПАУ	0.95	-0.23	-0.16
ХПК ($C_{орг}$)	0.97	-0.11	0.09
Фенол	0.95	-0.24	-0.12
С мин.	0.02	0.38	0.90

Модули накопления ПАУ и фенола в снежном покрове фоновых и техногенных территорий, мкг/м²

Компонент	2003 г.		2005 г.	
	фон	СЗЗ	фон	СЗЗ
Фенантрен	2.5±1.6 (60*)	13±6 (65)	1.9±1.2 (54)	61.0± 40.0 (80)
Антрацен	0.09±0.06 (2)	0.26±0.17 (1)	0.09±0.06 (2)	0.32±0.20 (0.4)
Флуорантен	0.7±0.5 (17)	2.9±1.9 (14)	0.7±0.5 (21)	5.0±3.3 (7)
Пирен	0.5±0.3 (13)	2.4±1.5 (12)	0.5±0.3 (14)	3.4±2.0 (4)
Бензо[а]антрацен	0.09±0.06 (2)	0.40±0.26 (2)	0.03±0.02 (1)	0.8±0.5 (1)
Хризен	0.13±0.08 (3)	0.8±0.5 (4)	0.22±0.15 (6)	2.6±1.7 (3)
Бенз[б]флуорантен	0	0	0	1.4±0.9 (2)
Бенз[к]флуорантен	0.08±0.05 (2)	0.18±0.12 (1)	0.03±0.02 (1)	0.52±0.34 (0.7)
Бенз[а]пирен	0.040±0.026 (1)	0.18±0.12 (1)	0.02±0.01 (1)	0.57±0.37 (0.7)
Дибенз[а,h]антрацен	0	0	0	0.03±0.02 (0.1)
Бенз[ghi]перилен	0	0	0	0.60±0.4 (0.8)
Индено[1,2,3-cd]пирен	0	0	0	0.19±0.12 (0.3)
Сумма ПАУ	4.1	20.12	3.5	76.3
Фенол	102±15	2900±377	99±14	4586±573

Примечание: * в скобках указана доля соединения от суммы ПАУ

бенз[к]флуорантен, бенз[а]пирен, дибенз[а, h]антрацен, бенз[ghi]перилен, индено[1,2,3-cd]пирен) в снежном покрове присутствуют в незначительных количествах. Состав легких 3-, 4-ядерных ПАУ в снеге и почвах фоновых территориях коррелирует между собой ($r=0.90$, $n=8$, $P=0.95$). Это свидетельствует о том, что часть низкомолекулярных ПАУ, содержащихся в почвах, привносится с атмосферными выпадениями. Отсутствие тяжёлых 5-6-ядерных ПАУ в снежном покрове и наличие их в почвах фоновых территорий свидетельствует, что тяжёлые арены имеют преимущественно педогенное происхождение в результате трансформации органического вещества опада.

Степень техногенного воздействия аренов оценивали на основе сопоставления уровней поступления ПАУ на подстилающую поверхность аэротехногенных и фоновых ландшафтов. В газопылевых выбросах этого предприятия содержится значительное количество полиароматических углеводородов, что определяет их повышенное накопление в снежном покрове на территории СЗЗ. Следует отметить, что качественный состав ПАУ атмосферных осадков фоновых и техногенных территорий практически одинаков. Модули поступления ПАУ на территории СЗЗ предприятия превышают фоновые значения для целлюлозно-бумажного комбината в среднем в 4,9...16,4 раза, на границе СЗЗ в среднем – 1,5 раза, что указывает на узкую локализацию этих компонентов и их быстрое выпадение на подстилающую поверхность.

Степень биогеохимической трансформации техногенных ПАУ в почвах и снежном покрове рассчитывали через биогеохимический потенциал трансформации ПАУ (БПТ), который представляет собой отношение суммы биогенных к сумме ПАУ техногенного происхождения [10]. Этот показатель используется для оценки техногенной нагрузки на почвенные экосистемы. Однако мы посчитали целесообразным применить данный показатель для оценки уровня антропогенного влияния на снежный покров. Анализ качественного состава ПАУ в атмосферных осадках показал, что техногенные ПАУ – это в основном 4-ядерные структуры: флуорантен, пирен, бенз[а]антрацен, хризен, а биогенные – 3-, 5- и 6-ядерные структуры. БПТ – отношение суммы 3-, 5- и 6-ядерных ПАУ к сумме 4-ядерных. БПТ <1 соответствует экосистеме, перегруженной техногенными ПАУ. Расчёты свидетельствуют, что для фоновой территорий характерны достаточно высокие значения БПТ – в среднем 1,44, в СЗЗ этот показатель равен 0,19, т. е. БПТ <1, что указывает на достаточно выраженную перегруженность санитарно-защитной зоны ЦБК полициклическими ароматическими углеводородами.

Таким образом, результаты проведённых исследований свидетельствуют, что молекулярный состав ПАУ, количественные отношения их отдельных групп с различным числом ароматических структур могут быть использованы в качестве индикатора уровня загрязнения в зонах влияния промышленных предприятий.

Заключение

В результате исследований оценен вклад соединений органической природы в общий пул выбросов химических ингредиентов ЦБК в снежном покрове. Выявлено, что доля органических компонентов на территории СЗЗ в среднем составляет 18,8%, на фоновых территориях – 10,6% от объёма поступления загрязнителей на подстилающую поверхность. Расчётным путем установлено, что значительная часть (до 80%) органических веществ депонируется в снеге в составе взвешенных частиц, что может служить критерием оценки степени техногенного воздействия на окружающую среду. Определены устойчивые корреляционные взаимосвязи между массами значений содержания органического углерода (ХПК), ПАУ и фенола в снежном покрове. Вследствие этого зона распространения токсичных органических компонентов может быть оценена по результатам измерений ХПК в талой воде. Качественный состав ПАУ снежного покрова фоновых и техногенных территорий практически одинаков, в основном преобладают низкомолекулярные полиарены. Модули поступления ПАУ на территории СЗЗ предприятия превышают фоновые значения для целлюлозно-бумажного комбината в 4,9...16,4 раза, на границе СЗЗ – 1,5 раза. В качестве индикатора уровня техногенной нагрузки в зонах влияния промышленных предприятий целесообразно использовать биогеохимический потенциал трансформации ПАУ, представляющий количественные отношения 3-, 5- и 6-ядерных ПАУ к сумме 4-ядерных структур.

Литература

1. Калюжный И.Л., Шутов В.А. Современное состояние и проблемы натуральных исследований снежного покрова // Водные ресурсы. 1998. № 1. С. 34-42.
2. Walker T.R., Young S.D., Crittenden P.D., Zhang H. Anthropogenic metal enrichment of snow and soil in north-eastern European Russia // Environmental Pollution. 2003. Vol. 121. P. 11-21.
3. Kaasik M., Room R., Roysset O., Vadset M., Soukand U., Tougu K., Kaasik H. Elemental and base anions deposition in the snow cover of north-eastern Estonia // Water, Air, and Soil Pollution. 2000. Vol. 121. P. 349-366.
4. Никитин В.А., Коноплев А.В., Самсонов Д.П., Хомушкы Г.В., Черник Г.В., Рычков А.М. Полициклические ароматические углеводороды в атмосфере дальневосточной российской Арктики // Метеорология и гидрология. 2006. № 1. С. 70-79.
5. Шевченко В.П., Лисицын А.П., Виноградова А.А., Смирнов В.В., Серова В.В., Штайн Р. Аэрозоли Арктики – результаты десятилетних исследований // Оптика атмосферы и океана. 2000. № 6. С. 551-575.
6. Елин Е.С. Фенольные соединения в биосфере. Новосибирск: Издательство СО РАН. 2001. 392 с.
7. Slater J.F., Currie L.A., Dibb J.E., Benner B.A. Distinguishing the relative contribution of fossil fuel and biomass combustion aerosols deposited at Summit, Greenland through isotopic and molecular characterization of insoluble carbon // Atmospheric Environment. 2002. Vol. 36. P. 4463-4477.
8. Галиулин Р.В., Башкин В.Н. Особенности поведения стойких органических загрязнителей в системе атмосферные выпадения – растение – почва // Агрехимия. 1999. № 12. С. 69-77.
9. Шилина А.И. Миграция бенз(а)пирена в окружающей среде // Комплексный глобальный мониторинг загрязнения окружающей природной среды. Л.: Гидрометеоиздат. 1982. С. 238-241.
10. Геннадиев А.Н., Козин И.С., Шурубор Е.И., Теплицкая Т.А. Динамика загрязнения почв полициклическими ароматическими углеводородами и индикация состояния почвенных экосистем // Почвоведение. 1990. № 10. С. 75-85.

Проблемы прогнозирования и геологического изучения водообильных участков в зонах повышенной трещиноватости горных пород осадочного чехла на примере месторождений подземных вод Кировской области

© 2007. С.В. Оборин

Региональное агентство по недропользованию по Приволжскому федеральному округу

Поставлены задачи прогнозирования, поиска месторождений и оценки запасов подземных вод в зонах повышенной трещиноватости в терригенных песчано-глинистых породах осадочного чехла. Несмотря на наличие прямых признаков существования зон трещиноватости, их параметры (протяженность, ширина, глубина распространения, проявленность в различных породах, фильтрационные свойства и механизм восполнения запасов воды) остаются неизученными и, как следствие, ставится под сомнение не только правильность полученных и принятых параметров для подсчета запасов подземных вод, но и существование таких зон.

The tasks of forecasting, search of deposits and estimation of stocks of underground waters in zones of increased riftity in terrigenous sandy-clay rocks of a sedimentary cover are put. Despite of presence of direct attributes of existence of riftity zones, their parameters (extent, width, depth of spreading, manifestation in various rocks, filtration properties and replenishment mechanisms of stocks of water) remain unexplored and hence there are some doubt about correctness of the accepted parameters for calculation of stocks of underground waters and also existence of such zones.

В последние годы все более острой становится проблема снабжения населения питьевой водой. В условиях высокой антропогенной нагрузки поверхностные водные объекты, традиционно являвшиеся основным источником водоснабжения населённых пунктов, утратили своё качество и оцениваются сегодня как непригодные для хозяйственно-питьевых нужд без специальной водоподготовки [1]. В сложившейся ситуации всё больше внимание обращается на защищённые от поверхностного загрязнения подземные водоносные горизонты, природное качество воды в которых значительно выше, чем у речной воды. Однако прогнозирование и поиск подземных источников связан со значительными материальными и финансовыми затратами и экономическим риском, в большей степени определяемым особенностями геологического строения территории.

На территории Кировской области геологический разрез осадочного чехла (в основном пермо-триасовая его часть) характеризуется неоднородностью литологического, преимущественно песчано-глинистого и карбонатного состава, сильной фациальной изменчивостью, в связи с чем пресные подземные воды, используемые для хозяйственно-питьевого водоснабжения населения, несмотря на их в целом повсеместное

распространение, развиты по разрезу и площади неравномерно, местами спорадически. Гидрогеологические параметры основных эксплуатируемых водоносных горизонтов сильно варьируют по площади, а их средние величины незначительны. Коэффициент водопроницаемости водоносных отложений, характеризующий производительность водозаборных скважин, относительно невысокий и изменяется в большом диапазоне. Средний показатель водопроницаемости по области составляет $23 \text{ м}^2/\text{сут}$. Самые низкие показатели по эксплуатационным горизонтам $10\text{-}12 \text{ м}^2/\text{сут}$ отмечаются в центральных и северо-западных районах и связаны с терригенными песчано-глинистыми породами осадочного чехла. В южных районах области, где водосодержащими породами являются в основном трещиноватые известняки, коэффициент водопроницаемости увеличивается от 40 до $85 \text{ м}^2/\text{сут}$. И лишь на отдельных месторождениях он достигает $750 \text{ м}^2/\text{сут}$ [2].

На площади развития терригенных песчано-глинистых пород пермо-триасового возраста (так называемых «красноцветов»), развитых на большей части территории Кировской области, эта геологическая ситуация приводит к тому, что строительство водозаборов подземных вод с объёмами отбираемой воды даже в первые тысячи

кубических метров в сутки требует бурения большого количества водозаборных скважин на значительной площади. Соответственно централизованное водоснабжение населённого пункта с одного месторождения организовать достаточно сложно. Как правило, в населённых пунктах оборудуется большое количество одиночных и мелких групповых (до 3-5 скважин) водозаборов, образующих систему водоснабжения. Так, по данным лицензирования недропользования для водоснабжения г. Котельнича добывается 4,5 тыс. м³/сут подземной воды из 57 скважин, в г. Омутнинске 5 тыс. м³/сут из 57 скважин, в г. Белая Холуница 0,8 тыс. м³/сут из 20 скважин, в пос. Фаленки – 0,9 тыс. м³/сут из 21 скважины и т. д. (средние нагрузки на скважину составляют менее 0,1 тыс. м³/сут).

В то же время в области открыто несколько месторождений подземных вод с эксплуатационными запасами в десятки и сотни тысяч кубических метров в сутки, при этом средние нагрузки на скважину составляют первые тысячи кубических метров в сутки (т. е. на порядок больше). Большинство из этих месторождений имеют общие черты: приуроченность к долинам рек и водотоков, локализация в достаточно узких (шириной первые десятки и сотни метров) линейных зонах, сильная раздробленность пород водоносного горизонта, особенно проявленная на глубину до 50-70 м.

Гидрогеологические параметры эксплуатационных горизонтов на таких месторождениях значительно выше по значению, чем на сопредельных площадях в аналогичных литолого-стратиграфических условиях. Например, по результатам поисковых работ по выявлению источников подземных вод для резервного и аварийного водоснабжения г. Кирова, проведенных ФГУП «Волгагеология» в 2000 – 2005 гг., коэффициент водопроводимости, определённый графоаналитическим методом, на Бахтинском перспективном участке (рис.), приуроченном в структурном плане к флекуре осадочного чехла, изменяется от 30 м²/сут до 930 м²/сут.

Удельные дебиты скважин в пределах зоны повышенной трещиноватости пород, сопровождающей флексуру, составили 1,7-3,9 л/с/м. За пределами зоны трещиноватости водообильность и фильтрационные свойства отложений значительно ухудшаются: на границе зоны удельные дебиты со-

ставляют 0,3-0,5 л/с/м, а на водоразделе уже не превышают 0,1 л/с/м. Среднее значение коэффициента водопроводимости по перспективному участку на линии проектируемого водозабора составило 243 м²/сут.

Отмечается также, что по химическому составу подземные воды в зоне – гидрокарбонатные кальциевые-магниевые с минерализацией 0,1-0,3 г/л, общей жесткостью 0,3-5,0 мг-экв/л и рН 7,0-8,0, а в условиях затрудненного водообмена в составе подземных вод преобладает натрий, общая минерализация вод составляет 0,3-0,5 г/л, рН чаще имеет значение 9,0-9,5, отмечаются повышенные концентрации бора до 0,7-3,0 мг/л.

Главным коллектором подземных вод в разрезе вскрытых отложений является толща трещиноватых песчано-глинистых пород, которая на площади участка проявлена в интервале глубин от 5 до 65 м и представляет собой неравномерно раздробленную, рыхло-обломочную массу, с прослоями в основном слабосцементированных песчаников. Прямым признаком наличия зоны трещиноватости является сильная раздробленность керна буровых скважин и весьма низкий (менее 50%) его выход.

Подземные воды внутри этой толщи, несмотря на разную степень обводнённости отдельных ее интервалов, взаимосвязаны между собой (на каротажных диаграммах водоупорные прослои отсутствуют). Данная толща трещиноватых отложений рассматривается как единый водоносный пласт. Степень трещиноватости пород в пределах зоны, очевидно, неравномерна и по простиранию, так как водообильность отложений на участке не одинакова.

Интересно, что ниже зоны трещиноватости в разрезе присутствуют прослои достаточно мощных (более 10 м) базальных песчаников, которые значительно менее водообильны, чем вышележащие алевролитистые песчаники.

Схожие характеристики имеют и другие подобные участки. По всем полученным данным очевидна приуроченность таких зон к тектоническим нарушениям фундамента, проявленным в осадочном чехле в виде зон дробления, флексур, перегибов.

Однако, несмотря на очевидность наличия зон трещиноватости в терригенных песчано-глинистых породах, их параметры (протяжённость, ширина, глубина распространения, проявленность в различных породах, фильтрационные свойства и механизм восполнения

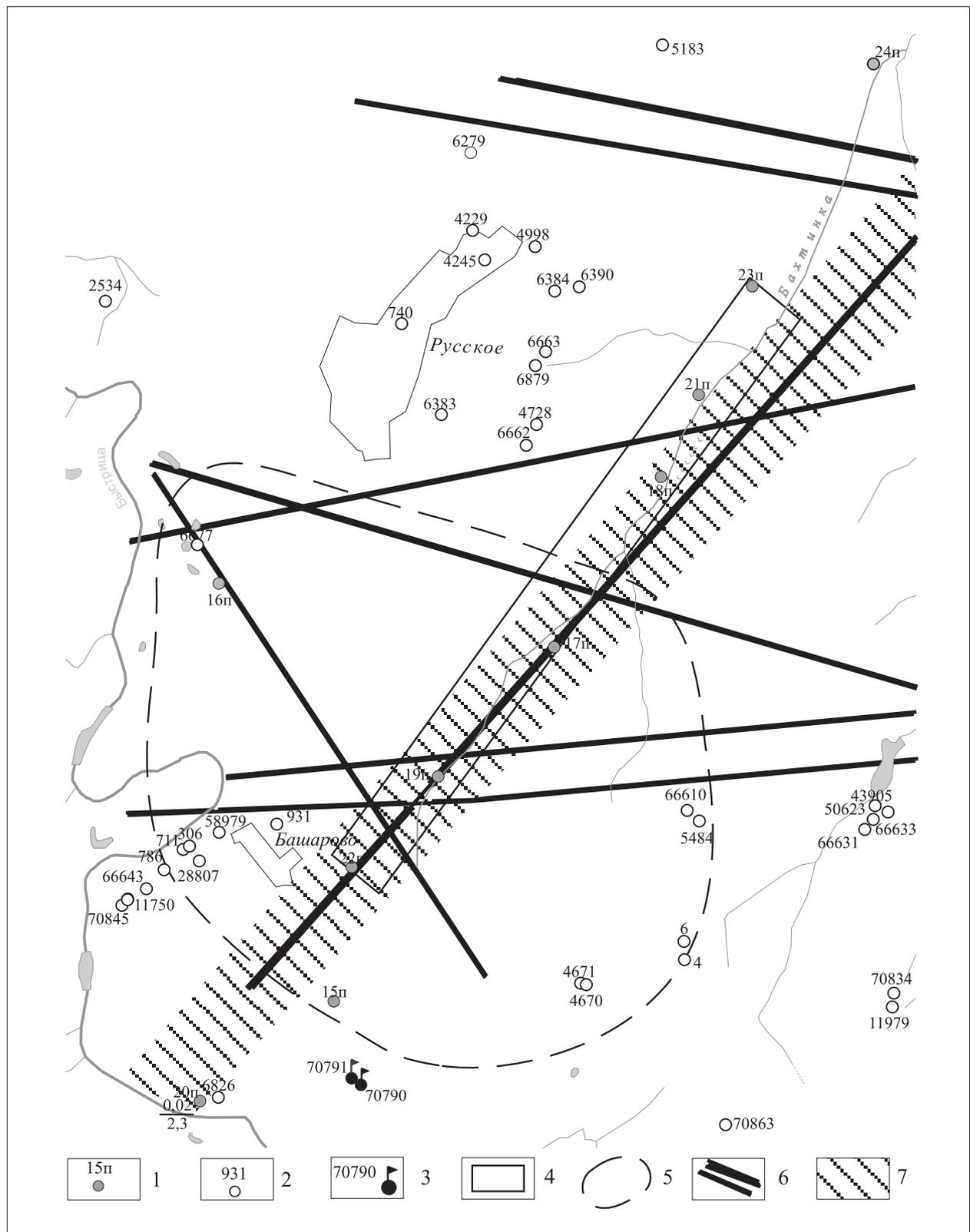


Рис. Схема Бахтинского перспективного участка (по материалам Вятской ГРЭ ФГУП «Волгагеология»)

1 – скважина поисковая гидрологическая, пробуренная Вятской ГРЭ в период проведения работ на объекте по выявлению источников подземных вод для резервного и аварийного водоснабжения г. Кирова в 2000 – 2005 гг. 2 – скважина эксплуатационная на воду и её номер. 3 – скважина наблюдательная на полигоне промтоходов Кировского шинного завода и её номер. 4 – бахтинский участок. 5 – перспективная площадь поисков подземных вод, выделенная по результатам площадных геофизических работ. 6 – линейamenti тектонических проявлений. 7 – предполагаемые зоны повышенной трещиноватости.

запасов воды) остаются неизученными и, как следствие, ставится под сомнение не только правильность полученных и принятых параметров для подсчета запасов подземных вод, но и существование таких зон.

В опубликованных источниках [3 – 5] описываются различные дистанционные геофизические методы (преимущественно модификации электро- и сейсморазведки) выделения и прослеживания линейных зон трещиноватости, в основном для скальных или карстующихся карбонатных пород. Применение этих методов в условиях слабо литифицированных песчано-глинистых пород, вероятно, ограничено или мало эффективно.

С учётом того, что водообильные участки, приуроченные к таким зонам, являются во многих случаях единственным источником получения достаточного количества воды со сравнительно ограниченной территории, для прогнозирования и поиска месторождений подземных вод необходимо решить ряд методических задач:

- разработать комплекс методов по выявлению и изучению зон повышенной трещиноватости (дробления) в терригенных песчано-глинистых толщах, локализации в них водообильных уча-

стков и оценке изолированности (защищённости) их от поверхностных загрязнённых и нижележащих минерализованных вод;

- разработать методические рекомендации по подсчету запасов подземных вод для трещиноватых терригенных песчано-глинистых пород, локализованных в линейных зонах дробления.

Литература

1. О состоянии окружающей природной среды Кировской области в 2005 году. (Региональный доклад). Под общей редакцией В.П. Пересторонина. Киров, 2006. С. 23-34.
2. Азин В.Н., Деньгин В.Г., Дружинин Г.В. и др. «Минерально-сырьевые ресурсы Кировской области». Киров, 2003. С. 153-154.
3. Козак С.З. Современные геофизические технологии при поисках и разведке месторождений подземных вод. Современные проблемы изучения и использования питьевых подземных вод. Материалы конференции, М.: ГИДЕК, 2002. С. 55-57.
4. Агеев В.В. Применение индуктивной электроразведки при решении гидрогеологических задач. Современные проблемы изучения и использования питьевых подземных вод. Материалы конференции. М.: ГИДЕК, 2002. С. 58.
5. Разведка месторождений минеральных подземных вод. М.: Недра, 1990.

Новые экологически безопасные биопрепараты в технологии возделывания овса

© 2007. Т.К. Шешегова, О.М. Снигирёва
ГУ Зональный НИИСХ Северо-Востока им. Н.В. Рудницкого

Изучена биологическая и урожайная эффективность новых биопрепаратов Алирин Б, Хитозар М, Фитохит Т, Мивал-Агро на посевах овса. Получены существенные прибавки урожая при обработке посевов Мивал-Агро в фазу кущения растений и при различных способах применения биопрепарата Алирин Б (в чистом виде и в смеси с другими препаратами). Протравливание семян Мивал-Агро способствовало повышению белковости зерна и снижению содержания в нем жирных кислот. Обоснована возможность включения лучших вариантов химизации в технологию возделывания овса в Кировской области.

The biological and productiv efficiency of new biological preparations (Alirin B, Hitozar M, Fitohit T, Mival-Agro) on sowings oat is studied. The essential increases of a crop are obtained at processing of sowings Mival-Agro in tillering period of plants and at different method of applications of a biological preparation Alirin (in the pure state and in combination to other preparations). The seed treatment by Mival-Agro promoted increase contents of protein of a grain and decrease of the contents in preparation of fatty acids. The capability of actuation of the best versions of a chemicalization in technology of cultivation oat in the Kirov area is justified.

Естественно-географические условия Кировской области являются уникальными по продолжительности зимнего периода (160...180 дней) и многоснежности (60...90 см), а также характеризуются пониженным температурным режимом в летние и зимние месяцы. В последние годы в период формирования и налива зерна проявляется почвенная и воздушная засуха. Специфичность агроклиматических условий области заключается также в относительно низком уровне плодородия почв (содержание гумуса в среднем 2,3%, подвижного фосфора – 119 мг/кг, обменного калия – 121 мг/кг); низкой биологической активности и повышенной кислотности почвенной среды (рН в среднем 5,0).

Все эти факторы значительно снижают адаптогенные свойства сельскохозяйственных растений и резистентность их к комплексу неблагоприятных абиотических факторов, способствуют усилению развития и вредоносности возбудителей грибных и бактериальных болезней. В таких условиях посевы зерновых культур ежегодно поражаются корневыми гнилями, фузариозом колоса и листьев, оливковой плесенью, пятнистостями листьев различной этиологии. Высокая вредоносность вышеназванных болезней бесспорна и очевидна. Все фитопатогенные грибы, а грибы рода *Fusarium* особенно, являются продуцентами опасных для человека и животных токсинов, обладающих канцерогенным, мутагенным, терра-

тогенным действием; провоцируют образование злокачественных опухолей; приводят к тяжёлым отравлениям и снижают иммунитет в целом [1 – 3]. Известно, что устойчивость к неспецифическим инфекциям определяется не столько генотипом хозяина, сколько физиологическим состоянием растений и условиями окружающей среды. В этой связи особое внимание нужно уделять растению-хозяину с точки зрения обеспечения оптимальных параметров его выращивания.

Сельское хозяйство Кировской области крайне заинтересовано в оптимизации технологических процессов выращивания сельскохозяйственных культур; поиске экологически безопасных и менее энергетически и экономически затратных путей увеличения урожайности и повышения качества продукции. Возможной альтернативой химическим пестицидам и агрохимикатам могут стать биологически активные вещества, входящие в состав биопрепаратов и позволяющие активизировать процессы жизнедеятельности растений, усиливать свойства адаптивности и в полной мере раскрывать генетический потенциал в реализации продуктивности.

Среди зерновых культур особое стратегическое значение в Кировской области имеет овёс, использование которого не только фуражное, но и продовольственное, как сырьё для диетических продуктов питания. При этом технология возделывания данной

культуры требует решения следующих основных проблем:

- повышение адаптивных свойств растений;
- улучшение фитосанитарного состояния посевов и зерна;
- получение стабильно высокой урожайности и высококачественного, биологически полноценного и экологически безопасного продовольственного и фуражного зерна.

Для реализации поставленных задач в ГУ ЗНИИСХ Северо-Востока им. Н.В. Рудницкого в 2005 – 2006 гг. проведено изучение ряда новых биопрепаратов с целью обоснования целесообразности использования их в технологии возделывания овса.

Материалом исследований являлись биологически активный регулятор роста и развития растений на основе кремния - Мивал-Агро и биофунгициды: Алирин Б (на основе бактерии *Bacillus subtilis*), Фитохит Т и Хитозар М (д.в. хитозан). В качестве эталона использовали химические фунгициды Винцит и Тилт. Обработывали семена перед посевом и вегетирующие растения в фазы кущения и вымётывания метёлки в рекомендуемых дозах. Растительными объектами были сорта овса Кречет, Аргамак и Сельма. Учётная площадь делянок – 10 м²; повторность – 3-кратная.

Результаты исследований

Изучение стимулирующих и фунгицидных свойств биопрепаратов. Предпосевная обработка семян препаратами Мивал-Агро, Алирин Б и Фитохит Т способствовала статистически достоверному повышению (на 8-17%) полевой всхожести семян. При этом выявлено существенное увеличение длины главного корня у растений во все фазы вегетации, что весьма важно в засушливые годы.

В годы исследований на посевах овса наблюдалось среднее развитие корневых гни-

лей и красно-бурой пятнистости листьев бактериальной и грибной этиологии, а также в 2006 году отмечено практически 100%-ное распространение ржавчинной инфекции при сильной (более 40%) интенсивности поражения растений. Поэтому основной лимитирующий фактор урожайности – это ухудшение фитосанитарной обстановки на посевах. Другой фактор, влияющий на формирование урожая и качество продукции, – снижение устойчивости растений к полеганию ввиду обильных дождей и большой биомассы растений в агроценозах.

На этом фоне влияние фунгицидов и биологически активных веществ на фитосанитарную обстановку, урожайность и его качество было неоднозначным.

Выявлено, что препарат Мивал-Агро не обладает сильными фунгицидными свойствами по отношению к корневым гнилям овса в полевых условиях. Количество поражённых растений было на уровне контрольного варианта. Однако обнаружена динамика снижения уровня развития болезни, что косвенным образом характеризует повышение выносливости генотипа к распространению патогенов внутри тканей. В отношении неспецифических инфекций выносливость (толерантность) – весьма ценный тип устойчивости.

Дифференциация фунгицидных свойств препаратов Алирин Б и Фитохит Т наиболее четко проявилась в фазу кущения растений (табл. 1). Поражение корневыми гнилями после обработки семян Алирином Б снизилось с 17,0 до 5,0% (Аргамак) и с 21,0 до 11,3% (Сельма); при обработке семян Фитохитом Т, соответственно, с 17,0 до 5,6% (Аргамак) и с 21,0 до 8,7% (Сельма).

К фазе полной спелости зерна поражение растений корневыми гнилями на контроле превысило 50%. Фунгицидные свойства препаратов значительно снизились. Однако в вариантах с протравливанием семян Винцитом и Алирином Б распространение корневых

Таблица 1
Влияние биофунгицидов на поражённость растений овса корневыми гнилями, %

Препарат	Фаза кущения			Фаза вымётывания			Полная спелость		
	Аргамак	Сельма	Среднее	Аргамак	Сельма	Среднее	Аргамак	Сельма	Среднее
Контроль – без обработки	16,9	25,0	18,9	17,5	13,6	15,5	56,0	55,0	55,5
Винцит	3,6*	3,8*	3,7	21,6	24,1*	22,8	46,4	39,9*	43,1
Алирин Б	11,3	5,0*	8,1	9,4*	15,9	12,6	33,6*	41,8	37,7
Фитохит Т	5,6*	8,7*	7,1	10,3	22,7	16,5	72,5*	48,5	60,5
Среднее по сорту	9,4	9,6	-	14,7	19,1	-	52,1	46,3	-

Примечание: * достоверно к контролю при $P > 0,95$

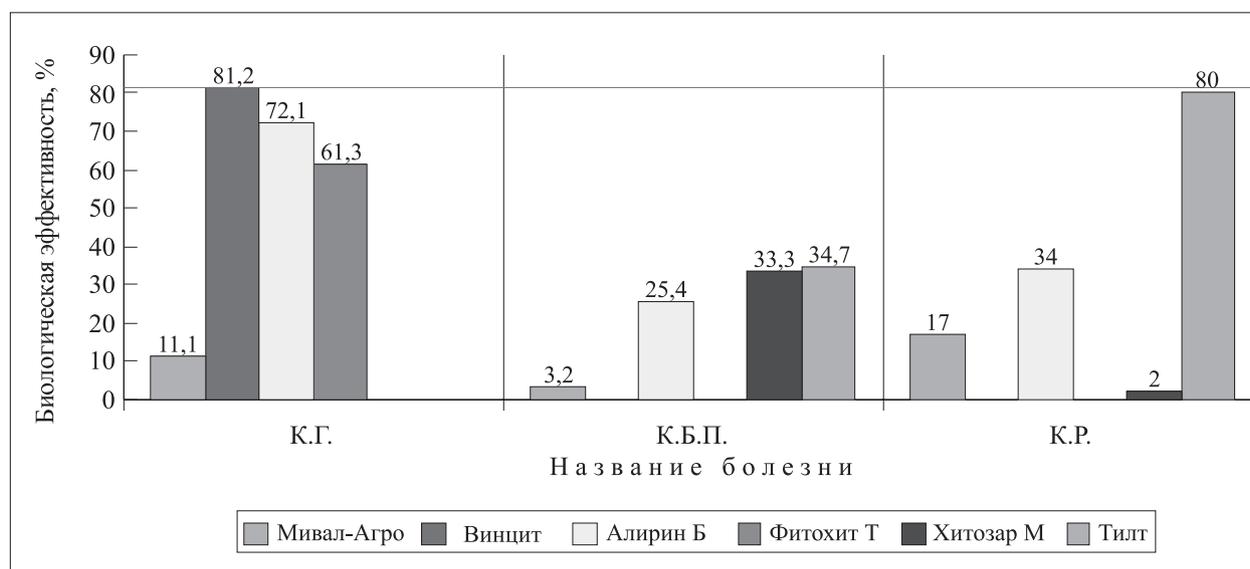


Рис. 1. Биологическая эффективность новых биофунгицидов в защите посевов овса от комплекса болезней (К.Г. - корневые гнили; К.Б.П. - красно-бурая пятнистость; К.Р. - корончатая ржавчина)

инфекций у обоих сортов было статистически ниже контрольного варианта. Препарат Фитохит Т оказался неэффективным по отношению к корневым гнилям в эту фазу.

При микробиологическом анализе (in vitro) семян до и после протравливания препаратами Мивал-Агро, Алирин Б и Фитохит Т выявлено, что общая инфицированность их практически не снижается. Однако обнаружены значительные изменения в видовой структуре патогенных комплексов, т. е. налицо избирательный характер действия препаратов на некоторые фитопатогенные грибы. Так, в структуре микроорганизмов прослеживалось снижение численности видов *Fusarium spp.* – основных возбудителей корневых гнилей зерновых культур в Кировской области. Вероятно, действующее вещество биопрепаратов ин-

дуцирует химическую иммунизацию в отношении наиболее патогенных групп и видов микроорганизмов зерна.

Что касается листовых болезней овса (корончатая ржавчина и красно-бурая пятнистость), то степень развития их в вариантах с применением биопрепаратов была в основном на уровне контроля, а изменение данного признака в ту или другую сторону носило несущественный характер.

В целом биологическая эффективность новых фунгицидов в защите посевов овса от комплекса болезней представлена графически на рисунке 1.

Влияние биопрепаратов на урожайность овса. Наибольшая урожайность овса Кречет получена в вариантах с обработкой посевов фунгицидом Тилт в фазу выметывания (5,35 т/га) и Мивал-Агро в фазу кущения (5,33 т/га) (табл. 2). Полученные прибавки статистически достоверны и могут быть обоснованы улучшением фитосанитарной ситуации в посевах ввиду снижения развития корончатой ржавчины в вариантах с обработкой Тилтом и повышения устойчивости растений к полеганию при обработке посевов препаратом Мивал-Агро.

У сорта Аргмак наибольшая урожайность получена при сочетании 2-х обработок Алирином Б (5,12 т/га); при протравливании семян Фитохитом Т (4,82 т/га) и в сочетании данного препарата с обработкой посевов Алирином Б (5,00 т/га), а также при обработке посевов Тилтом (4,88 т/га) и Хитозаром М (4,98 т/га) в фазу выметывания. Урожайность сорта на контроле составила

Таблица 2
Лучшие варианты применения препарата Мивал-Агро

Вариант обработки	Урожайность	
	т/га	+/- к контролю
Контроль – без обработки	5,11	–
Обработка посевов Мивал-Агро (кущение)	5,33	+ 0,22
Протравливание семян + обработка посевов Мивал-Агро (кущение)	5,19	+ 0,08
Обработка посевов Тилт (выметывание)	5,35	+ 0,24
НСР _{0,5}	0,14	

Таблица 3

Лучшие варианты химизации при возделывании сортов овса Аргамак и Сельма

Вариант химизации	Урожайность			
	Аргамак		Сельма	
	т/га	в % к контролю	т/га	в % к контролю
Протравливание семян Фитохит Т	4,82*	128	-	-
Обработка посевов Тилт (выметывание)	4,88*	123	-	-
Обработка посевов Алирин Б (выметывание)	4,22	107	4,56	111
Обработка посевов Хитозар М (выметывание)	4,98*	126	-	-
Протравливание семян Винцит + обработка посевов Хитозар М (выметывание)	4,60*	116	-	-
Протравливание семян Алирин Б + обработка посевов Алирин Б (выметывание)	5,12*	129	-	-
Протравливание семян Алирин Б + обработка посевов Хитозар М (выметывание)	4,56*	115	-	-
Протравливание семян Фитохит Т + обработка посевов Алирин Б (выметывание)	5,00*	126	-	-

Примечание: * – достоверно к контролю при $P > 0,95$; «-» – вариант химизации не эффективен

4,11 т/га (табл. 3). Сорт Сельма оказался менее отзывчивым на биопрепараты. Достоверная прибавка урожая получена только в варианте с обработкой посевов Алирином Б.

Анализ качества зерна. Известно, что показатели качества зерна в значительной степени могут изменяться под влиянием условий возделывания.

В наших исследованиях были обнаружены некоторые положительные взаимо-

связи между признаками качества зерна овса и применением биологически активного препарата Мивал-Агро. Так, обнаружено существенное повышение натурального веса зерна у овса Кречет в результате протравливания семян. Однако крупность зерна в этом варианте практически не изменялась, что свидетельствует о снижении его плёнчатости. Выявлено также незначительное увеличение содержания белка в варианте с протравливанием семян и снижение количества жирных кислот, что весьма важно для продовольственного использования культуры. Что касается биопрепаратов Алирин Б, Фитохит Т и Хитозар М, существенного влияния их на изменение показателей качества зерна овса не установлено.

В целом работа с биопрепаратами Мивал-Агро, Алирин Б, Фитохит Т, Хитозар М носит индивидуальный характер. Прибавки урожая, полученные в некоторых вариантах применения этих препаратов, обосновывают целесообразность включения их в технологию возделывания овса в Кировской области.

Литература

1. Захаренко В.А. Микотоксины // Защита растений. 1993. № 9. С. 61.
2. Монастырский О.А. Токсины фитопатогенных грибов // Защита и карантин растений. 1996. № 3. С. 12-14.
3. Монастырский О.А. Токсинообразующие грибы, паразитирующие на зерне // Агро XXI. 2001. № 11. С. 6-7.

УДК 556.166

Современные методы инженерной гидрологии для решения экологических задач

© 2007. В.А.Лобанов, В.Ю.Поляков
НПО «Гидротехнологии»

Расчётные гидрологические характеристики, определяемые методами инженерной гидрологии, являются основой для решения любых экологических задач. Отечественная инженерная гидрология находится в настоящее время в кризисном состоянии в связи с отсутствием региональных методов и моделей. В настоящей работе предлагаются пути выхода из кризиса, связанные с созданием региональных специализированных ГИС, новых методов и инновационных компьютерных технологий. Специализированная региональная ГИС включает в себя базу данных, состоящую из многолетних рядов гидрологических характеристик и электронных карт, программное обеспечение для определения расчётных гидрологических характеристик в пунктах наблюдений и методы, программы и региональные модели для определения расчётных гидрологических характеристик при отсутствии данных наблюдений в любой точке гидрографической сети. Рассмотрены разработанные компьютерные технологии и новые методы пространственной интерполяции, гидрологической аналогии и построения региональных моделей, а также дана методика оценки эффективности эмпирических зависимостей.

Design hydrological characteristics, obtained by methods of engineering hydrology, are the basis for decision of any ecological task. Native engineering hydrology is in a crisis state today according to absence the regional methods and models. In this paper the ways out of a crisis are suggested which deal with a development of specialized regional GIS, new methods and innovation computer technologies. Specialized regional GIS includes: the data base consisted in long-term time series of hydrological characteristics and digital maps; software for computations of design hydrological characteristics in gauged sites and methods, software and regional models for determination of design hydrological characteristics for ungauged sites in any point of hydrographic network. Developed computer technologies and new methods of spatial interpolation, hydrological analogy, construction of regional models are considered as well as the technique of assessment of efficiency of empirical relationships is given.

Введение

Инженерная гидрология, которая оперирует с расчётными или обеспеченными гидрологическими характеристиками, является основой для обобщения любой экологической информации по водным объектам. Один из наиболее показательных примеров – использование минимального летнего стока 80%-ной или 90%-ной обеспеченности в качестве экологического стока. Также для оценки наиболее неблагоприятной концентрации загрязняющих веществ необходимо рассматривать композицию, по крайней мере, из двух распределений: источника загрязнения и межени стока в реке. С другой стороны, для оценки экологических показателей водных объектов, к которым принадлежат и реки, необходимо определять основные гидрологические характеристики в устьях рек, где наблюдения в большинстве случаев отсутствуют и для расчётов могут быть применены только региональные и интерполяционные методы инженерной гидрологии. Ещё одна проблема состоит в том, что расчётные гидрологические характеристики, особенно в современных изменяющихся условиях, не являются стабильными,

и необходимо осуществлять их мониторинг и периодически пересчитывать. Поэтому в современном нормативном документе по определению основных расчётных гидрологических характеристик (СП 33-101-2003) [1] не приводится, по сравнению с действовавшим ранее СНиП 2.01.14-83 [2], ни одного расчётного значения и ни одного параметра региональных зависимостей на основе которых можно получить расчётные характеристики в неизученном пункте. В СП 33-101-2003 даны только общие методы при наличии, недостаточности и отсутствии данных наблюдений, практическая реализация которых ещё требует больших научных и технических усилий. Что делать специалисту, выполняющему гидрологические расчёты в этих условиях, и как дальше осуществлять развитие инженерной гидрологии, именно ответам на эти вопросы и посвящена настоящая статья.

Стратегия развития современной инженерной гидрологии

В конце 1960-х – начале 1970-х годов отечественными гидрологами была выполнена беспрецедентная по своей значимости и

объёму работа – подготовка серии монографий «Ресурсы поверхностных вод СССР», включающей более 20 томов региональных обобщений основных характеристик гидрологического режима по бассейнам всех рек бывшего Советского Союза [3]. Приведённые в этих монографиях карты параметров распределений и коэффициенты региональных зависимостей использовались в дальнейшем при подготовке нормативного документа СНиП 2.01.14-83 и Пособия по определению расчётных гидрологических характеристик [4] и широко применялись в практике инженерной гидрологии вплоть до начала XXI века. Отмена этих региональных обобщений в новом СП 33-101-2003 связана с тем, что параметры, полученные на основе ограниченной информации, включающей данные наблюдений в лучшем случае до начала 1970-х годов, стали ненадёжными и приводили к большим погрешностям расчётов. Кроме того, оценка эффективности большинства региональных схем и формул отсутствовала, что ставило под сомнение их достоверность. Вместе с тем за последние годы были разработаны как новые эффективные методы построения региональных зависимостей, так и методика оценки эффективности построения любых зависимостей на основе эмпирических данных [5]. Поэтому к настоящему времени сформировалась как методическая база, так и острая необходимость в повторении работ по созданию моделей региональной инженерной гидрологии на новом научном и техническом уровне.

В стратегическом отношении для формирования современной региональной инженерной гидрологии существуют два основных пути:

- разработка Территориальных строительных норм (ТСН) – нормативных документов субъектов Российской Федерации в соответствии со СНиП 10.01-94 «Система нормативных документов в строительстве. Основные положения» [6],
- разработка региональных геоинформационных систем по гидрологическим расчётам.

Первый путь имеет следующие проблемные положения:

- региональная гидрология должна основываться не на административном, а на бассейновом принципе и однородных гидрологических районах, которые могут совершенно не соответствовать субъектам Федерации;

- полученные расчётные гидрологические характеристики не являются стабильными, поэтому ТСН будут требовать постоянного переиздания;
- имеется около 80 субъектов Российской Федерации, а разработка ТСН для каждого из них требует, по крайней мере, 1 год времени и не может осуществляться одновременно для всех субъектов.

Кроме того, требуются значительные усилия и время для обоснования и согласования работ, а также для получения финансирования в административных органах субъектов Федерации. В результате первый путь является тупиковым, т. к. ещё не до конца разработанные ТСН уже будут требовать переизданий.

Второй путь основан на современных научных, информационных и компьютерных технологиях и позволяет проводить в оперативном режиме как научные региональные исследования и пересчёт параметров распределений и коэффициентов региональных зависимостей, так и выполнять инженерные гидрологические расчёты для проектируемых объектов. При этом любая региональная ГИС включает три основные части: региональную базу данных, программные средства для определения расчётных гидрологических характеристик в пунктах наблюдений и средства и модели для определения расчётных гидрологических характеристик в любой точке территории при отсутствии данных гидрологических наблюдений. В работе [7] предлагается, что региональная ГИС может иметь две версии: ГИС-Разработчик и ГИС-Пользователь. В первой версии ГИС имеет инструментарий для разработки региональных зависимостей и оценки их эффективности, а во второй версии – базу региональных знаний, т. е. уже полученные региональные зависимости, которые используются для выполнения гидрологических расчетов. В общем случае обе версии можно объединить в одну, если дать пользователю возможность как самому получать региональные зависимости, так и использовать уже разработанные модели для выполнения расчётов при отсутствии данных наблюдений.

Основной принцип построения региональных ГИС – бассейновый, что соответствует выпускам Государственного водного кадастра (Гидрологические ежегодники), включающим 26 регионов на территории России. Вместе с тем полученные региональные модели могут использоваться и в субъектах Российской Федерации, что сохраняет возможность для формирования ТСН с це-

люю придания правового (юридического) статуса для применения разработанных региональных методов и моделей на территории данного административного образования.

Общая схема специализированной региональной ГИС по гидрологическим расчетам

Технологическая схема региональной ГИС приведена на рисунке 1 и включает следующую последовательность её создания и функционирования:

- формирование региональной базы многолетних рядов основных гидрологических характеристик (среднегодовые, среднемесячные, максимальные и минимальные расходы воды) в пунктах наблюдений;
- разработка программного обеспечения для определения параметров и расчётных гидрологических характеристик в пунктах наблюдений;
- определение параметров распределений и расчётных гидрологических характеристик во всех пунктах наблюдений;
- формирование картографической региональной базы данных, включаю-

- щей стандартные и специализированные геоинформационные слои;
- разработка комплекса программ для пространственного обобщения (интерполяции) параметров и расчётных характеристик и расчётов по реке-аналогу;
- разработка комплекса программ для построения и оценки эффективности эмпирических региональных зависимостей;
- построение региональных зависимостей параметров и расчётных гидрологических характеристик от основных гидрографических факторов и формирование базы моделей и их параметров;
- разработка программного обеспечения для расчёта по полученным региональным зависимостям.

Рассмотрим содержание отдельных блоков специализированной ГИС. При условии, что первоосновой любых расчётов является информация, то региональная база многолетних рядов гидрологических данных должна включать в себя:

- все многолетние данные разной продолжительности в пунктах сети наблюдений Росгидромета (в том числе и закрытых) в пределах рассматриваемой территории;



Рис.1. Общая схема региональной ГИС для выполнения гидрологических расчётов

- многолетние данные разной продолжительности в пунктах наблюдений на сопредельной территории для осуществления пространственной интерполяции;
- наиболее продолжительные ряды в пунктах-аналогах на сопредельной территории для осуществления приведения рядов в регионе к многолетнему периоду;
- данные наблюдений других ведомственных сетей как внутри рассматриваемого региона, так и на ближайших сопредельных территориях;
- кратковременные данные гидрометеорологических изысканий различных министерств и ведомств в пределах рассматриваемой территории.

Фактически пункты наблюдений с продолжительными рядами за пределами региона необходимы только на стадии приведения всех рядов наблюдений в пределах района к многолетнему периоду. Также и пункты наблюдений, которые находятся на сопредельных территориях, необходимы только в частных случаях для перехода от экстраполяции к интерполяции на границах региона.

Программное обеспечение для выполнения гидрологических расчётов в пунктах наблюдений предназначено для реализации общей последовательности определения расчётных гидрологических характеристик, которая содержит следующие основные шаги:

- формирование ряда в рассматриваемом пункте и рядов в пунктах-аналогах;
- оценка однородности и стационарности исходных данных в рассматриваемом пункте и пунктах-аналогах (для выбора репрезентативных аналогов или их периодов);
- приведение непродолжительного ряда наблюдений в рассматриваемом пункте к многолетнему периоду;
- оценка однородности и стационарности данных в рассматриваемом пункте, приведённых к многолетнему периоду с целью оценки эффективности восстановления;
- определение параметров и квантилей в рассматриваемом пункте в однородных условиях, с учётом генезиса формирования и с учётом исторического максимума или в условиях влияния хозяйственной деятельности;
- формирование атрибутивных таблиц в формате специализированной ГИС, содержащих рассчитанные параметры и квантили, связанные с координатами центров тяжести водосборов.

В настоящее время разработанное программное обеспечение для выполнения гидрологических расчётов представлено в виде программного комплекса «ГИДРОРАСЧЁТЫ», включающего следующие основные вычислительные модули:

1. База данных «ГИДРОРАСЧЁТЫ», представляющая собой систему управления базами данных основных гидрологических характеристик водных объектов и являющаяся главным модулем программного комплекса.

2. Вычислительный модуль «ОДНОРОДНОСТЬ», предназначенный для оценки однородности резко отклоняющихся экстремальных значений в эмпирическом распределении по статистическим критериям Диксона и Смирнова-Граббса и однородности (стационарности) основных параметров временных рядов гидрологических характеристик: средних значений и дисперсий по статистическим критериям Стьюдента и Фишера.

3. Вычислительный модуль «АНАЛОГ», предназначенный для восстановления пропусков наблюдений и приведения непродолжительных рядов к многолетнему периоду для двух основных ситуаций: продолжительность рядов наблюдений более 6-10 лет и менее 6 лет, для чего применяются следующие методические подходы:

- регрессионные зависимости с более продолжительными рядами-аналогами;
- построение пространственных однофакторных зависимостей между разными годами наблюдений.

4. Вычислительный модуль «ОБЕСПЕЧЕННОСТЬ», предназначенный для определения параметров функций распределения и основных расчётных гидрологических характеристик по ряду наблюдений на основе аппроксимации аналитическими распределениями Пирсона 3 типа и Крицкого-Менкеля.

5. Вычислительный модуль «СОСТАВНЫЕ КРИВЫЕ», предназначенный для определения расчётных гидрологических характеристик в случае генетической неоднородности исходных данных гидрометрических наблюдений.

6. Вычислительный модуль «ИСТОРИЧЕСКИЙ МАКСИМУМ», предназначенный для определения параметров распределений и расчётных значений гидрологических характеристик с учётом исторических максимумов.

7. Вычислительный модуль «ВНУТРИГОДОВОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ», предназначенный для определения расчётного внут-

ригодного распределения стока методом компановки, методом реального года и осреднением в грациях водности.

8. Вычислительный модуль «ГИДРОГРАФ», предназначенный для определения расчётных гидрографов стока воды рек весеннего половодья и дождевых паводков.

9. Вычислительный модуль «ПРОФИЛЬ», предназначенный для определения расчетных уровней воды (глубин) по профилю, расчётным значениям расхода воды и скоростям течения. В модуле ведётся БД по всем рабочим профилям и их отметкам. Результаты расчётов выводятся в текстовом и графическом виде.

10. Вычислительный модуль «РАЗМЫВ», предназначенный для определения профиля предельного размыва по измеренному профилю сечения, расчётным значениям уровней воды и типу руслового процесса [8].

В результате расчётов для всех пунктов в регионе будет получена база данных многолетних рядов, приведённых к многолетнему периоду, а также параметры и квантили для основных расчётных гидрологических характеристик, которые могут использоваться для интерполяции, выбора аналогов и построения региональных зависимостей.

Следующей частью региональной ГИС является база электронных карт, состоящих из отдельных геоинформационных слоёв, включающих как стандартные слои физико-географической карты (гидрография, рельеф, растительность, пункты наблюдений, дороги и другие), а также специализированные гидрологические слои: пункты наблюдений, контуры водосборов и центры тяжести водосборов. Для связи геоинформационных слоёв с базой данных многолетних рядов гидрологических характеристик и метаданными (площадь водосбора, лесистость, заболоченность, высота водосбора, уклон и т. д.) разработано программное обеспечение, которое позволяет как переходить от объектов слоя пунктов наблюдений к связанным с ним рядам в базе данных, так и передавать расчётные параметры распределений и квантили в атрибутивные таблицы слоя центров тяжести водосборов для воспроизведения их на карте. Фактически разработанный программный модуль «КАРТА» представляет собой программное обеспечение специализированной ГИС, реализующее следующие её основные функции:

- считывание информации о геоинформационных слоях электронных карт,

подготовленных в форматах стандартных ГИС (MapInfo и ArcView);

- создание основных объектов геоинформационных слоёв (точки, полилинии, полигоны) средствами модуля «КАРТА»;
- работа с отдельными объектами геоинформационных слоёв (выбор, перемещение, редактирование и т. д.);
- преобразование в различные картографические проекции.

Основная особенность модуля «КАРТА» состоит в том, что он органически встроен в программный комплекс «Гидрорасчёты» и не требует привлечения стандартных ГИС типа MapInfo и ArcView.

Классификация методов расчёта гидрологических характеристик при отсутствии данных наблюдений

Следующей частью региональной ГИС является программное обеспечение для определения расчётных гидрологических характеристик при отсутствии данных наблюдений. В общем случае для выполнения расчётов при отсутствии данных наблюдений в гидрологии существует много разных способов, которые можно систематизировать следующим образом:

- осреднение в однородном районе в случае, если изменение рассматриваемых характеристик небольшое (практически не превышает погрешности их определения) и закономерности по пространству отсутствуют;
- построение карт изолиний или пространственная интерполяция в случае, если пространственные изменения существенные и неслучайные;
- применение метода гидрологической аналогии, если имеют место близкие условия формирования стока в неизученном пункте и пункте-аналоге, в котором имеют место наблюдения;
- построение региональных зависимостей стоковых характеристик от основных гидрографических и физико-географических факторов водосборов;
- построение зависимостей между погодичными стоковыми характеристиками и стокоформирующими факторами;
- применение уравнений водного баланса.

Все перечисленные методы объединяются в три основные группы:

- методы пространственных обобщений (осреднение, интерполяция, аналог),

- основанные только на гидрологической информации в пунктах наблюдений;
- региональные модели для обобщённых гидрологических характеристик (параметры распределения, расчётные гидрологические характеристики) от гидрографических и физико-географических факторов (площадь водосбора, высота, уклон, лесистость, обобщённые характеристики осадков и т. д.);
- модели водосборов для погодичных характеристик стока от стокоформирующих факторов (эмпирико-статистические зависимости, уравнения водного баланса, математические модели формирования стока).

В связи с тем, что инженерная гидрология имеет дело с расчётными гидрологическими характеристиками, наиболее близкими для неё являются первые две группы методов, что в региональной ГИС также представлено в виде двух программных блоков. Первый блок включает методы пространственных обобщений, которые позволяют работать с исходной или обобщённой информацией в пунктах наблюдений. В методе пространственного осреднения основными условиями является отсутствие пространственных закономерностей и сопоставимость пространственной изменчивости рассматриваемого параметра с погрешностью его определения, что можно представить в виде критерия Фишера:

$$F_p = \sigma_{\text{пр}}^2 / \sigma_{\text{пог}}^2 \leq F_{\text{кр}, \alpha}, \quad (1)$$

где: F_p – расчётное значение статистики критерия Фишера, $F_{\text{кр}, \alpha}$ – критическое значение статистики Фишера при уровне значимости α ; $\sigma_{\text{пр}}^2$ – дисперсия пространственной изменчивости рассматриваемой гидрологической характеристики (среднее значение, коэффициент вариации, расчётный 1%-ный модуль максимального стока и т. д.); $\sigma_{\text{пог}}^2$ – дисперсия погрешности определения рассматриваемой гидрологической характеристики.

При уровне значимости $\alpha = 5\%$ $F_{\text{кр}}$ при средних для гидрологии объёмах рядов, коэффициентах асимметрии и автокорреляции близко к 2, и это свидетельствует о том, что осреднение может быть реализовано, если пространственная изменчивость отличается от погрешности расчётов не более чем в 2 раза. Если всё же пространственная изменчивость характеристики существенно превышает погрешность, а закономерностей по территории не наблюдается, то пространственная статистическая модель должна быть

представлена уже двумя параметрами: средним и дисперсией (стандартным отклонением), хотя точность определения на её основе для неизученного пункта будет ниже.

Методы пространственной интерполяции

Для всех остальных случаев используются методы интерполяции и аналогии, причём метод аналогии является частным случаем пространственной интерполяции, т. к. использует информацию только по одному пункту. Ранее в инженерной гидрологии методы интерполяции ассоциировались только с построением карт изолиний и последующей линейной интерполяцией в центр тяжести неизученного водосбора между наведёнными сглаженными изолиниями. При современных технологиях компьютерной обработки информации понятие изолинии практически отсутствует, т. к. в результате интерполяции будет получена пространственная сеточная модель с любым размером ячеек сетки и соответствующим проинтерполированным значением в каждой ячейке. Для интерполяции в узлы регулярной сетки обычно применяются детерминированные интерполяционные методы: полиномиальная, линейная кубическая интерполяция, бикубическая, точечная, интерполяция с помощью окна, различные виды сплайн-интерполяции и т. д. [9]. Как правило, детерминированная интерполяция применяется для обобщённых гидрологических характеристик (среднее значение, коэффициент вариации), для которых географическая составляющая является преобладающей. Если перейти к интерполяции погодичных значений, больший вес может уже иметь индивидуальная составляющая (азональность, синоптическая изменчивость) и в этом случае эффективнее использовать детерминировано-статистические методы интерполяции, типа оптимальной интерполяции на основе пространственной корреляционной функции [10].

В общем случае имеет место пространственный дуализм любой гидрологической характеристики, проявляющийся в её пространственной непрерывности и дискретности. При этом непрерывность обусловлена свойством географической зональности, а дискретность выражена в виде однородных гидрологических районов, в которых имеют место региональные зависимости от определяющих факторов. Раскрытие дуализма может быть представлено в виде следующей зависимости:

$$Q = f_1(\text{широта, долгота}) + f_2(X_1, X_2, X_3, \dots) \pm E, \quad (2)$$

где: Q – рассматриваемая гидрологическая характеристика; f_1 (широта, долгота) – составляющая географической зональности, представляющая собой зависимость от координат центров тяжести водосборов; $f_2(x_1, x_2, x_3, \dots)$ – региональная составляющая, представляющая собой зависимость от основных факторов (x_1, x_2, x_3, \dots) в данном однородном районе; E – неучтённые и индивидуальные факторы.

Соотношение между этими двумя составляющими и определяет эффективность применения методов интерполяции и регионализации. Так, например, для нормы годового стока, пунктов наблюдений со средними площадями водосборов и для достаточно большой территории вклад зональной составляющей будет определяющим и применение методов пространственной интерполяции вполне правомерно. Если же в качестве характеристики рассматривать 1%-ный модуль максимального стока с малых водосборов небольшой территории, то скорее всего вклад зональной составляющей будет небольшим и для расчётов необходимо использовать только региональные зависимости. Поэтому прежде, чем применять методы интерполяции необходимо, по крайней мере, оценить статистическую значимость зависимости картируемой гидрологической характеристики от координат центров тяжести водосборов.

Если всё же установлено, что зависимость от координат существует, то для детерминированной пространственной интерполяции помимо сеточной модели, которая содержит большой объём невостребованной информации, можно предложить метод, основанный на определении проинтерполированного значения в заданную точку пространства. Метод основан на определении средневзвешенной гидрологической характеристики с весами обратно пропорциональными расстояниям (или квадратам расстояний) от рассматриваемой точки до линии, соединяющей каждые две точки с гидрологическими характеристиками. Это расстояние представляет собой перпендикуляр и является изолинией, полученной в результате линейной интерполяции между каждой парой точек. Выражение для получения интерполированного значения имеет вид:

$$\mu_{cp} = \frac{1/h_1 * \mu_1 + 1/h_2 * \mu_2 + \dots}{\sum(1/h_1 + 1/h_2 + \dots)}, \quad (3)$$

где: μ_{cp} – проинтерполированное значение гидрологической характеристики в заданной

точке пространства; μ_1, μ_2, \dots – значения гидрологической характеристики, полученные на основе линейной интерполяции между каждой парой точек с информацией; h_1, h_2, \dots – расстояния от рассматриваемой точки по перпендикуляру до линии, соединяющей каждую пару пунктов наблюдений.

Каждое значение h вычисляется при этом следующим образом:

$$h = 2[\sqrt{p(p-a) + (p-b) + (p-c)}] / a, \quad (4)$$

где: $p = (a+b+c)/2$,
 $a = \sqrt{(Y_j - Y_i)^2 (X_j - X_i)^2}$,
 $b = \sqrt{(Y_z - Y_i)^2 (X_z - X_i)^2}$,
 $c = \sqrt{(Y_z - Y_j)^2 (X_z - X_j)^2}$,
 $X_i, Y_i, X_j, Y_j, X_z, Y_z$ – координаты (долгота и широта) каждой пары пунктов (i и j) и неизученного водосбора (z).

Каждое проинтерполированное значение (μ) определяется по формуле:

$$\mu = \mu_i + a_1/a * \Delta, \quad (5)$$

где: $a_1 = \sqrt{(b^2 - h^2)}$, $\Delta = \mu_j - \mu_i$ при $a_1 < a$, μ_i, μ_j – значения гидрологических характеристик в точках i и j.

Другой вариант предлагаемого метода основан на осреднении с весами обратно пропорциональными квадрату расстояния (или расстоянию) от центра тяжести неизученного водосбора до центра тяжести каждого водосбора с гидрологической характеристикой:

$$Y_m = K_1 Y_1 + K_2 Y_2 + \dots + K_n Y_n, \quad (6)$$

при $K_1 = (1/l_1^2) / (1/l_1^2 + 1/l_2^2 + \dots + 1/l_n^2)$,

$K_2 = (1/l_2^2) / (1/l_1^2 + 1/l_2^2 + \dots + 1/l_n^2), \dots$,

где: Y_m – интерполируемое значение гидрологической характеристики в центр тяжести неизученного водосбора m; Y_1, Y_2, \dots, Y_n – значения гидрологической характеристики в центрах тяжести n изученных водосборов; K_1, K_2, \dots, K_n – весовые коэффициенты; l_1, l_2, \dots, l_n – расстояния между центром тяжести неизученного водосбора и центрами тяжести изученных водосборов (в градусах или км).

Предлагаемые методы интерполяции требуют апробации и проверки на независимой информации, чтобы оценить, какое наилучшее число точек выбрать для интерполяции. Очевидно, что в зависимости от гидрологической характеристики и расположения района, результаты будут разные. Поэтому программное обеспечение для интерполяции должно включать в себя блок оценки эффективности интерполяции на независимом материале, например, при последовательном

исключении из расчётов по одному пункту наблюдений, в который будет осуществляться интерполяция.

Метод гидрологической аналогии

Понятие гидрологической аналогии в СП 33-101-2003 неоднозначно и практически не формализовано. Так, например, в п.4.10 СП сказано:

«При выборе рек-аналогов необходимо учитывать следующие условия:

- однотипность стока реки-аналога и исследуемой реки;
- географическую близость расположения водосборов;
- однородность условий формирования стока, сходство климатических условий, однотипность почв (грунтов) и гидрогеологических условий, близкую степень озёрности, залесенности, заболоченности и распаханности водосборов;
- средние высоты водосборов не должны существенно отличаться, для горных и полугорных районов следует учитывать экспозицию склона и гипсометрию;
- отсутствие факторов, существенно искажающих естественный речной сток (регулирование стока, сбросы воды, изъятие стока на орошение и другие нужды)».

Перечисленные условия не являются формализованными и свидетельствуют лишь о том, что аналог не должен располагаться далеко от рассматриваемого пункта, должен находиться в естественных условиях формирования стока и иметь близкие значения таких гидрографических факторов как средняя высота водосбора, залесенность, озёрность, заболоченность и распаханность. При этом, предполагается, что другие приоритетные факторы, такие как площадь водосбора и уклон реки и водосбора, могут и отличаться.

Если рассматривать определение аналога в разделе 6 СП для определения гидрологических характеристик при недостаточности данных гидрометрических наблюдений, то главным формализованным показателем аналога является значение коэффициента корреляции, которое не должно быть меньше $R=0,7$ и характеризует синхронность колебаний для рассматриваемой реки и реки-аналога. При данном значении $R \geq 0,7$ автоматически обеспечивается выполнение всех других условий статистически значимого уравнения связи между ря-

дом наблюдений гидрологических характеристик в рассматриваемом пункте и пункте-аналоге при условии, что совместный период наблюдений более 6 лет.

Ещё одним условием аналогии для максимального стока является примерное равенство следующих отношений гидрографических факторов (п.7.25 СП 33-101-2003):

$$L/A^{0,56} \approx L_a/A_a^{0,56}, \quad (7)$$

$$J \cdot A^{0,50} \approx J_a \cdot A_a^{0,50}, \quad (8)$$

где: L и L_a – соответственно длина исследуемой реки и реки-аналога, км; J и J_a – уклон водной поверхности исследуемой реки и реки-аналога, промилле; A и A_a – площади водосборов исследуемой реки и реки-аналога, км².

Все перечисленные условия выбора аналога можно формализовать следующим образом. Прежде всего, должно соблюдаться условие синхронности, которое характеризуется достаточно высоким коэффициентом парной корреляции: $R \geq 0,7-0,8$ и существованием статистически значимого уравнения на основе которого можно осуществить синтез многолетних данных в рассматриваемом пункте по информации в пункте-аналоге:

$$Q_i = b_1 Q_{ai} + b_0 \quad \text{или} \quad Q_i = \sigma/\sigma_a \cdot R(Q_{ai} - Q_{cra}) + Q_c, \quad (9)$$

где: b_1 , b_0 – коэффициенты уравнения и $b_1 = \sigma/\sigma_a \cdot R$, $b_0 = Q_{cp} - b_1 \cdot Q_{cra}$, Q_i , Q_{ai} – значения гидрологической характеристики в i -год в рассматриваемом пункте и пункте-аналоге; Q_{cp} , Q_{cra} – средние многолетние значения гидрологической характеристики в рассматриваемом пункте и пункте-аналоге, σ , σ_a – средние квадратические отклонения гидрологической характеристики в рассматриваемом пункте и пункте-аналоге.

Если уравнение (9) переписать в модулях стока (M_i) и коэффициентах вариации (C_v), то оно будет иметь следующий вид:

$$M_i = A/A_a \cdot C_v/C_{va} \cdot M_{cp}/M_{cra} \cdot R(M_{ia} - M_{cra}) + M_{cp}, \quad (10)$$

где: A , A_a – площади водосборов рассматриваемой реки и реки-аналога; C_v , C_{va} – коэффициенты вариации рассматриваемой реки и реки-аналога; M_{cp} , M_{cra} – средние многолетние модули стока рассматриваемой реки и реки-аналога.

Коэффициент корреляции между рассматриваемым пунктом и аналогом можно определить на основе пространственной корреляционной функции, представляющей собой обратную связь между коэффициентами парной корреляции и расстоянием между центрами тяжести водосборов:

$$R_{ij} = f(D_{ij}), \quad (11)$$

где: R_{ij} – коэффициент парной корреляции между каждой парой рядов наблюдений в однородном районе; D_{ij} – расстояние между центрами тяжести водосборов (км).

Как правило, пространственная корреляционная функция для многих гидрологических характеристик, и особенно для максимального стока, имеет небольшой радиус корреляции (расстояние от $D=0$ до $D=f(R_{кр}=0,7-0,8)$) и большой разброс точек в верхней части кривой, обусловленный анизотропностью (неравенством по разным направлениям) пространственного поля изокоррелянт. В качестве примера на рисунке 2 показана пространственная корреляционная функция максимального стока в районе средней Ангары с достаточно большим разбросом парных коэффициентов корреляции, что свидетельствует о неоднородности и анизотропности пространственной функции. Радиус корреляции при $R \geq 0,7-0,8$ не превышает 100 км, хотя по отдельным направлениям высокие значения пространственной связанности имеют место и до 300-400 км. Поэтому в данном случае были выделены два однородных района и для каждого из них построены пространственные корреляционные функции.

В соответствии с (10) для синтеза временного ряда при отсутствии данных наблюдений помимо вычисленного коэффициента корреляции необходимо определить также M_{cp} и C_v в рассматриваемом неизученном пункте. Для определения этих параметров могут быть использованы методы интерполяции и региональные зависимости от гидрографических факторов.

В частном случае, если пункты наблюдений находятся рядом, то параметры распределения также должны быть близкими, т. е.

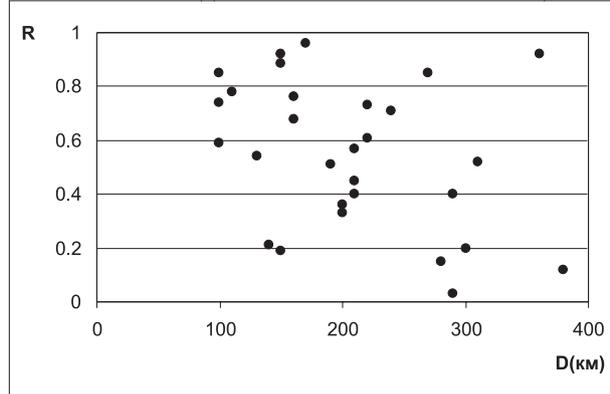


Рис. 2. Пространственная корреляционная функция для наибольших в году расходов воды в районе средней Ангары (9 пунктов наблюдений).

$M_{cp} \approx M_{сра}$, $C_v \approx C_{vа}$, что следует из пространственной интерполяции. Условия (7) и (8) также предназначены для того, чтобы охарактеризовать равенство параметров (среднего многолетнего или коэффициента вариации), исходя из факторов и коэффициентов региональных зависимостей. Если принять, что какое-либо региональное уравнение имеет вид

$$\lg M_{cp} = \lg L - 0.56 \lg A \quad \text{или} \quad M_{cp} = L/A^{0.56},$$

$$\lg M_{сра} = \lg L_a - 0.56 \lg A_a \quad \text{или} \quad M_{сра} = L_a/A_a^{0.56} \quad (12)$$

то при условии равенства $M_{cp} \approx M_{сра}$ имеем равенство правых частей уравнения:

$$L/A^{0.56} \approx L_a/A_a^{0.56}.$$

Аналогично, если принять, что какое-либо региональное уравнение коэффициента вариации имеет вид (для рассматриваемого пункта и аналога):

$$\lg C_v = \lg J - 0.50 \lg A \quad \text{или} \quad C_v = J/A^{0.50}$$

$$\lg C_{vа} = \lg J_a - 0.50 \lg A_a \quad \text{или} \quad C_{vа} = J_a/A_a^{0.50} \quad (13)$$

то при условии равенства $C_v \approx C_{vа}$ получим равенство правых частей уравнения:

$$J \cdot A^{0.50} \approx J_a \cdot A_a^{0.50}.$$

Таким образом, приведенные в СП 33-101-2003 условия (7) и (8) являются частным случаем одной региональной формулы и не могут быть рекомендованы как общие условия выбора аналога при расчёте максимального стока.

Методы построения региональных зависимостей

Региональные расчётные формулы получили широкое распространение в инженерной гидрологии, но в большинстве случаев оценки эффективности этим зависимостям дано не было, так же как и статистического обоснования для включения в формулы множества параметров, каждый из которых зависит от новых переменных. Так, например, в наиболее распространённых в гидрологии редуцированной формуле и особенно в формуле предельной интенсивности в сумме можно насчитать до 20-30 параметров, определяемых по эмпирическим данным. При этом объём информации, который используется для региональных зависимостей обычно не превышает 30-40 пунктов наблюдений. Поэтому очевидно, что в таких зависимостях все коэффициенты не могут быть статистически значимыми. Как правило, в региональные модели входят не более 3-5 основных факторов, учитывающих местные особенности формирования

стока. Общая последовательность построения региональных зависимостей включает три основных этапа:

- предварительный анализ, состоящий в выборе предполагаемых факторов, итерационном выборе однородного района, построении однофакторных зависимостей, осуществлении функциональных преобразований факторов и в конечном итоге – формировании возможных структур региональных зависимостей;
- вычислительный этап, состоящий в определении коэффициентов уравнений разными методами, в оценке их статистической значимости, вкладе факторов в уравнение и в выборе окончательной наиболее эффективной региональной модели;
- этап проверки и корректировки модели, связанный с всесторонним анализом остатков, как на зависимом, так и на независимом от расчёта материале, на основе которого улучшается региональная зависимость и оценивается её реальная погрешность.

Выбор предполагаемых факторов зависит от рассматриваемой гидрологической характеристики и, например, для максимального стока может иметь место следующий набор морфометрических и гидрографических факторов:

- А – площадь водосбора (км²);
- Н – средняя высота водосбора (м);
- $J_{\text{рсп}}$ – средний уклон реки в промиллях (‰);
- $J_{\text{рвзв}}$ – средневзвешенный уклон реки в промиллях (‰);
- $f_{\text{л}}$ – лесистость водосбора (%).
- φ – широта центра тяжести водосбора (в град),
- λ – долгота центра тяжести водосбора (в град).

Координаты центров тяжести водосборов выбраны в качестве факторов для того, чтобы учесть зональную составляющую, связанную с изменением гидрологической характеристики по широте и долготе.

Построение однофакторных зависимостей преследует две цели: установить, необходимы ли какие-либо функциональные преобразования факторов и зависимой переменной, например, логарифмическое преобразование площади водосборов, и для того, чтобы откорректировать границы района или учесть другие факторы, которые обуславливают отклонения данных в от-

дельных пунктах от общей однофакторной зависимости. Выбор функционального преобразования фактора осуществлялся, если коэффициент парной корреляции при этом преобразовании статистически значимо отличался от коэффициента парной корреляции прямолинейной зависимости. Статистически значимое отличие определялось следующим неравенством:

$$R_{\phi} > R_{np} + \sigma_R, \quad (14)$$

где: R_{ϕ} – коэффициент парной корреляции при рассматриваемом функциональном преобразовании фактора, R_{np} – коэффициент парной корреляции прямолинейной зависимости, σ_R – стандартная погрешность коэффициента корреляции прямолинейной зависимости [11].

На следующем этапе осуществляется построение уравнения множественной регрессии двумя методами: шаговой процедурой и методом исключения [12]. Шаговая процедура представляет собой улучшенный вариант метода включения. В этом методе включаются все переменные по очереди до тех пор, пока регрессионное уравнение не станет удовлетворительным. После того, как уравнение регрессии построено, оценивается значимость коэффициентов на основе их доверительных интервалов. Доверительные интервалы определяются на основе стандартной погрешности коэффициента уравнения регрессии σ_{B_j} , которая вычисляется по формуле:

$$\sigma_{B_j} = \sigma_{\epsilon} / (\sum (X_{ij} - X_{jcp})^2)^{1/2}, \quad (15)$$

где: σ_{ϵ} – стандартная погрешность остатков уравнения регрессии; X_{ij} – i-е значение j-го фактора; X_{jcp} – среднее значение j-го фактора.

Как правило, используются 95%-ные доверительные интервалы относительно вычисленного коэффициента уравнения регрессии B_j , которые соответствуют удвоенной стандартной погрешности σ_{B_j} и определяются следующим образом:

$$B_j - 2\sigma_{B_j} < B_j < B_j + 2\sigma_{B_j}. \quad (16)$$

Если верхняя и нижняя границы доверительного интервала одного знака, то коэффициент уравнения регрессии B_j является статистически значимым. Если они разного знака, то коэффициент B_j может принимать и нулевое значение, т. е. не является статистически значимым.

В результате в уравнении множественной регрессии остаются только те переменные, при которых коэффициенты являются статистически значимыми. В полученном статистически значимом уравнении оцениваются вклады каждой переменной, которые выражаются в % к общему описанию исходного рассеивания

полученным уравнением. Общее описание с помощью уравнения регрессии выражается в виде суммы квадратов, обусловленных регрессией или в виде разности суммы квадратов относительно среднего (исходное распределение) и суммы квадратов остатков.

При формировании региональных зависимостей и определении их коэффициентов могут рассматриваться следующие структуры уравнений:

- аддитивная структура уравнения в виде суммы аргументов с соответствующими коэффициентами, которая включает только преобразование площади водосбора в логарифм площади;
- структура, основанная на логарифмическом преобразовании, как площади водосбора, так и всех остальных факторов (аргументов);
- структура, основанная на логарифмическом преобразовании как функции, так и всех аргументов;
- мультипликативная структура, где, помимо отдельных слагаемых, задаются новые аргументы в виде произведения факторов как для исходных значений функции и аргументов, так и для их логарифмических преобразований;
- классическая структура редуцированной формулы, включающая два основных фактора: площадь водосбора и лесистость при логарифмическом преобразовании как функции, так и обоих аргументов.

В качестве примера ниже приведены полученные региональные зависимости в бассейне средней Ангары для максимальных в году 1%-ных модулей с учетом неоднородного генезиса формирования ($M_{1\%н}$):

$$\log M_{1\%н} = -0.246 \log A + 2.415 \log H - 11.087 \log \lambda + 19.061 \quad c R=0.85 \quad (17)$$

с вкладами факторов: 45,2% для $\log A$, 28,1% для $\log H$, 26,7% для $\log \lambda$ и стандартным отклонением остатков $\sigma_{\varepsilon} = 76,7$ л/с км².

$$M_{1\%н} = -135.3 \log A + 1107.6 \log H - 5860.8 \log \lambda + 9547 \quad c R=0.80 \quad (18)$$

с вкладами факторов: 54,7% для $\log A$, 17,2% для $\log H$, 28,1% для $\log \lambda$ и стандартным отклонением остатков $\sigma_{\varepsilon} = 87,4$ л/с км².

$$M_{1\%н} = 99.621 J_{рвзв} - 24.159 \lambda + 1.146 H + 2066.6 \quad c R=0.80 \quad (19)$$

с вкладами факторов: 67,1% для $J_{рвзв}$, 24,1% для λ , 8,8% для H и стандартным отклонением остатков $\sigma_{\varepsilon} = 87,4$ л/с км².

$$M_{1\%н} = 24.899 J_{рсп} * J_{рвзв} + 0.00963 H * f_{л} - 17.983 \lambda + 1606.6 \quad c R=0.85 \quad (20)$$

с вкладами факторов: 72,7% для $J_{рсп} * J_{рвзв}$, 14,2% для $H * f_{л}$, 13,1% для λ и стандартным отклонением остатков $\sigma_{\varepsilon} = 76,7$ л/с км².

Классическая редуцированная формула:

$$\log M_{1\%н} = -0.276 \log A + 1.792 \log f_{л} - 0.244 \quad c R=0.67 \quad (21)$$

или $M_{1\%н} = f_{л}^{1.792} / 1.754 * A^{0.276}$,

с вкладами факторов: 73,9% для $\log A$, 26,1% для $\log f_{л}$ и со стандартным отклонением остатков $\sigma_{\varepsilon} = 108,1$ л/с км².

Методы оценки эффективности региональных зависимостей

Оценка эффективности полученных эмпирических зависимостей и формул, применяемых в гидрологических расчётах, выполняется на основе всестороннего анализа остатков, оценивания устойчивости параметров и коэффициентов этих зависимостей. Оценка эффективности является самостоятельным отдельным блоком региональной ГИС, т. к. применяется не только для вновь построенных региональных моделей, но для любых существующих формул, а также для любых других видов расчетов при наличии и недостаточности данных наблюдений.

Остатки любой эмпирической зависимости определяются как разности между фактическими (наблюденными) и расчетными значениями:

$$\varepsilon_i = Y_i - \check{Y}_i \quad (22)$$

где: Y_i – фактическое (полученное в результате наблюдений) значение, \check{Y}_i – рассчитанное по зависимости, ε_i – остаток или погрешность полученной зависимости.

В качестве безразмерной характеристики остатков могут рассматриваться их относительные значения (Δ_i):

$$\Delta_i = (Y_i - \check{Y}_i) / Y_i \quad (23)$$

которые выражаются в долях единицы или процентах.

Наиболее распространенной обобщенной характеристикой остатков является их среднее квадратическое отклонение (σ_{ε}):

$$\sigma_{\varepsilon} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\varepsilon_i - \bar{\varepsilon})^2}{n-1}} \quad (24)$$

или $\sigma_{\varepsilon} = \sigma_Y \sqrt{1 - R^2}$, (25)

где: $\bar{\varepsilon}$ – среднее значение остатков, R – коэффициент корреляции полученной зависимости, σ_Y – стандартное (среднее квадратическое) отклонение ряда фактических значений.

Стандартная погрешность дает первичную информацию об эффективности полученной эмпирической зависимости. В качестве обобщенной меры может служить также величина:

$$\Delta' = (1 - R^2) * 100\%, \quad (26)$$

которая характеризует долю исходного рассеивания (в %), не объяснённого с помощью построенной зависимости.

Стандартная погрешность остатков, как следует из (25) и (26), связана с коэффициентом корреляции полученного уравнения. Поэтому можно решать и обратную задачу: определить, каким должен быть коэффициент корреляции, чтобы уравнение удовлетворяло практической эффективности, например, по заданной стандартной погрешности стоковой характеристики, вычисляемой по уравнению (25). Если полученное уравнение имеет эффективность ниже, чем требуемая, то его можно попытаться улучшить путем введения новых факторов, изменения структуры зависимости и т. д. При этом необходимо иметь в виду, что практическая эффективность должна быть ориентирована на реальные возможности, связанные с погрешностями измерений и пространственно-временных обобщений факторов и определяемой стоковой характеристики, с ограниченностью объёма данных, множеством неучтенных факторов и т. д.

Всесторонний анализ остатков включает в себя оценивание:

- резко отклоняющихся экстремальных значений;
- смещённости остатков;
- случайности остатков на основе хронологического графика;
- случайности остатков в зависимости от каждого фактора, входящего в уравнение;
- случайности остатков в зависимости от расчётных значений.

Наличие смещённости остатков определяется тем, что среднее их значение не равно нулю или статистически значимо отличается от нуля. В уравнениях регрессии, коэффициенты которых определены по методу наименьших квадратов (МНК) или другими методами (единое решение, ортогональная регрессия), смещённость остатков

отсутствует. Как правило, наличие смещённости может иметь место для уравнений балансового вида (уравнение водного, руслового и других видов баланса), где невязки уравнений характеризуют как неучтенные факторы, так и все систематические погрешности составляющих. Смещённость остатков необходимо исключать или путем корректировки свободного члена уравнения, или тех коэффициентов и факторов, которые её обусловили.

Так как ряд зависимостей, применяемых в расчётах стока, строится по многолетним рядам стоковых характеристик и факторов (восстановление по аналогам, восстановление по рядам стокоформирующих факторов и т. д.), необходим анализ случайности остатков в зависимости от времени, который может осуществляться двумя путями:

- применение известных статистических критериев оценки случайности и стационарности (критерии Стьюдента, Фишера и другие);
- применение графического анализа остатков в зависимости от времени.

При случайном характере остатков от времени будет иметь место полоса рассеивания, параллельная оси нулевого значения. При неслучайном характере возможны следующие основные варианты:

- полоса разброса остатков сужается или расширяется, что связано с непостоянством дисперсии остатков во времени;
- полоса остатков имеет одинаковую ширину, но изменяется (линейно или нелинейно) в зависимости от времени, что свидетельствует о нестационарности средних значений остатков.

Установленная зависимость остатков от времени, как правило, обусловлена аналогичной зависимостью в одной или нескольких переменных уравнения. В этом случае необходимо искать причину нестационарности, её исключать (привести к стационарному виду) или учитывать.

Графики погрешностей строятся в зависимости от каждого фактора (X_i), входящего в уравнение. При этом возможны следующие ситуации:

- зависимость отсутствует и полоса остатков горизонтальна и симметрична относительно нулевого значения, что свидетельствует о случайности погрешностей;

- зависимость представлена сужающейся или расширяющейся полосой остатков от фактора, что свидетельствует о неоднородности дисперсии остатков, которую надо учитывать взвешенным МНК или предварительным преобразованием Y_i ;
- линейная зависимость остатков от фактора свидетельствует о том, что линейный эффект данного фактора в уравнении исключён неверно;
- нелинейная зависимость остатков от фактора свидетельствует о том, что в уравнение необходимо ввести нелинейные члены от X_i или произвести преобразование Y_i .

При построении зависимости остатков от расчётного значения Y_i возможны те же ситуации в полосах рассеивания, что при исследовании остатков от факторов.

Наиболее эффективной является проверка построенного эмпирического уравнения на независимом от расчёта материале наблюдений. В этом случае условия проверки соответствуют практическому применению установленных зависимостей. Для независимой проверки часть исходной информации не включается в построение уравнения и используется в качестве «эталона» для сравнения с расчётом. Анализ остатков в случае независимой проверки осуществляется теми же способами: на резко отклоняющиеся экстремумы, в зависимости от времени, факторов и расчётного значения. Необходимо отметить, что должен иметь место оптимум между количеством информации, используемой для построения зависимости и для её независимой проверки.

Литература

1. Определение основных расчётных гидрологических характеристик. СП 33-101-2003. М.: Госстрой России, 2004. 72 с.
2. СНиП 2.01.14-83. Определение расчётных гидрологических характеристик. М.: Государственный комитет СССР по делам строительства, 1983. 97 с.
3. Ресурсы поверхностных вод (РПВ) СССР. Т. 1 Т. 20. Л.: Гидрометеиздат.
4. Пособие по определению расчётных гидрологических характеристик. Л.: Гидрометеиздат, 1984. 448 с.
5. Лобанов В.А., Никитин В.Н. Региональные модели определения характеристик максимального стока в зависимости от гидрографических факторов // Метеорология и гидрология. № 11. 2006. С. 60-69.
6. СНиП 10-01-94 «Система нормативных документов в строительстве. Основные положения». Минстрой России, Москва, 1994. 21 с.
7. Лобанов В.А. ГИС в гидрологии // ГИС-обозрение. № 1. 2001. С. 54-59.
8. ВСН 163-83 Миннефтегазстрой. «Учет деформаций речных русел и берегов водоёмов в зоне подводных переходов магистральных трубопроводов (нефтегазопроводов)», Л.: Гидрометеиздат, 1985. 118 с.
9. Introduction to the use of Geographic Information Systems for practical hydrology. UNESCO, International Hydrological Programme, IHP-IV M 2.3, Publ. No.23, The Netherlands, 1994. 243 p.
10. Гандин Л.С., Каган Р.Л. Статистические методы интерполяции метеорологических данных. Л.: Гидрометеиздат, 1976. 359 с.
11. Закс Л. Статистическое оценивание. М.: Статистика, 1976. 598 с.
12. Дрейпер Н., Смит Г. Прикладной регрессионный анализ. М.: Статистика, 1973. 392 с.

Радиационная катастрофа: сущность понятия

© 2007. А.Г. Назаров

Экологический центр Института истории естествознания и техники
им. С.И. Вавилова РАН

Используя историко-научный анализ, автор пытается найти общие сущностные атрибуты множества разнородных катастроф природного и техногенного характера, дать строгое научное определение понятию катастрофы и выработать научные подходы к их систематизации и изучению.

Using the history-scientific analysis, the author tries to find general essential attributes of diverse natural and technogenic accidents, to give strict scientific definition for concept of accident and to develop the scientific approaches to their ordering and study.

Кажется парадоксом, но общепринятого научного определения катастрофы до сих пор не существует. Под словом «катастрофа» понимаются и «аварии», и «катаклизмы», и различные крупные «инциденты», и «чрезвычайные ситуации техногенного характера», и экологические «бедствия» и «кризисы». Такой широкий разброс представлений о катастрофе говорит об отсутствии чётких критериев для отнесения того или иного природного или техногенного события к разряду катастроф, не определена сущность понятия.

Занимаясь в течение ряда лет изучением радиационных катастроф, автор приходит к пониманию, что в основе любой катастрофы, природной или техногенной, лежит неустрашимое фундаментальное свойство, качественно отличающее катастрофу от аварии и других чрезвычайных событий [1-6]. Если это действительно так, то раскрывается возможность найти общие сущностные атрибуты множества несводимых друг к другу разнородных катастроф и выработать научные подходы к их систематизации и целенаправленному углубленному изучению.

Отражение представлений о катастрофах в человеческом сознании

Историю развития человечества сопровождала зловещая тень катастроф: природных, техногенных, людских. Грядущий день «готовил» людям ураганы, смерчи, землетрясения, пожары, наводнения, цунами... Им нет числа теперь, как не было и раньше. Многие из них сохранились в исторической памяти поколений: «всемирный потоп», «гибель Атлантиды», «упавшая с неба звезда»... Отголоски тех или иных природных катаклизмов за-

печатлены практически во всех значительных памятниках духовной культуры – в Ведах, Торе, Коране, Махабхарате, Бхагавад-Гите, в мифах, сказках и легендах народов мира.

В уголках памяти первобытного людского стада, полагал В.И. Вернадский, остались отголоски вселенской катастрофы, последней эпохи ледниковья, сознательно пережитой человечеством, вступающим в биосферу и преобразующим её в ноосферу [7].

Но мировые катаклизмы, запечатлённые в памятниках духовной культуры человечества и запрятанные где-то глубоко в тайниках нашего подсознания, канули в Лету. Может быть, людям оттого не так и страшно, когда мы слышим каждый день о свершившихся природных катастрофах. Они знакомы, узнаваемы, они – часть нашего земного, ещё больше – космического жизненного опыта. Мы свыклись с природными катастрофами как с частью окружающего нас Мира. Люди привыкли к их неизбежности, слабо верят в возможность их предвидения человеком, ещё меньше – надёжного научного прогноза.

Развитие науки, техники, жизненных укладов привносит иной, почти неведомый нам опыт. Он только входит в память новых поколений. Сокрушающий Молох цивилизации как будто не оставляет надежды, ведёт к самоуничтожению – себя, своих созданий, жизни и благополучия, своего будущего. В одном из сонетов В. Шекспир оставил удивительно точный метафорический образ неумолимого Времени - жизненной катастрофы:

*Всё лучшее, что дышит на Земле,
Ложится под разящую косу.*

Разрушительные мировые войны – и миллионы погибших: разящая коса выбирала лучших... Ядерное насилие Хиросимы и

Нагасаки, «мирный атом» Чернобыля – и сотни тысяч страдающих, медленно умирающих. И, быть может, миллионы ещё не родившихся потомков, уже несущих в себе будущие страдания от «болезней радиации» уходящей атомной эры.

По данным исследований известного радиобиолога – генетика В.А. Шевченко [8, 9] и ряда других генетиков, радиационное облучение родителей в зоне чернобыльской катастрофы неизбежно приведёт в будущем к экспоненциальному росту числа их потомков с наследственными признаками радиационного воздействия.

Стремительный бег цивилизации в век ускорения научно-технического прогресса – и снова сотни тысяч погибших и погибающих в промышленных и радиационных катастрофах, транспортных авариях, от несчастных случаев на производстве и в быту. Как будто реет рок над ноосферным человечеством: «нечеловеческая сила» сметает с Земли живое ...

Мотивы свершившихся и свершающихся мировых катаклизмов пронизывают многие страницы бессмертных творений мировой поэзии: «Человеческая комедия» Данте, сонеты и драмы Шекспира (знаменитая Буря в «Короле Лире»), «Каин» Байрона, «Последняя смерть» Боратынского, «Последний катаклизм» Тютчева... Одно из ярких метафорических отображений современной человеческой катастрофы представляет собой известная «Баллада» Афанасия Кочеткова «С любимыми не расставайтесь»:

*...Когда состав на скользком склоне
Вдруг изогнулся страшным креном,
Когда состав на скользком склоне
От рельс колеса оторвал –
Нечеловеческая сила
В одной давилъне всех сдавила,
Нечеловеческая сила
Живое сбросила с Земли.
И никого не пощадил
Вдали обещанная встреча,
И никого не защитила
Рука, зовущая вдали.*

Здесь в предельно сжатой форме заключены, как мы увидим, основные «научные атрибуты» катастрофы: её внезапность, разрушительная мощь, неотвратимость, и главное – у катастрофы нет будущего! Лишь настоящее и прошлое («...никого не пощадил Вдали обещанная встреча, ... никого не защитила Рука, зовущая вдали»).

Часть, и довольно значительная, из общих представлений о катастрофах, как мы здесь

кратко коснулись, выходит за пределы науки, охватывая сферы поэзии, музыки, изобразительного искусства, проникая глубоко в духовную сферу жизни человека, в религиозные искания и поиски «смысла жизни».

В шквале всё возрастающих «катастроф цивилизации», непредсказуемых и незнакомых нам стихийных бедствий, видится «слабым душам» наступающий конец мира. За несколько десятилетий до Хиросимы, Нагасаки, испытаний ядерного оружия, Кыштыма, Чернобыля и других радиационных катастроф В.И. Вернадский поставил провидческий вопрос о перспективах использования атомной энергии: «Сумеет ли человек воспользоваться этой силой, направить её на добро, а не на самоуничтожение?» [10].

Под грузом укоренившихся бытовых представлений – а они ведь и стоят ближе всего к жизни – нелегко доискаться до научных истоков понятия «катастрофа». Обыденное сознание не различает значимость катастроф личных и общественных, природных и «цивилизационных», как и не различает между собой катастрофы и крупные аварии, кризисы и катаклизмы, бедствия и чрезвычайные ситуации. Для человека катастрофа – всегда что-то непоправимое: от крушения мечты, несбывшихся надежд и жизненных планов, до необратимых мировых катаклизмов – ядерной войны или всеобщей экологической катастрофы. Для конкретного человека личностная катастрофа нередко становится значимее всех остальных. И мы увидим дальше, что в этом предощущении непоправимого содержится глубоко верное интуитивное восприятие человеком сущности катастрофы.

Может ли наука противопоставить что-либо законченное, концептуальное такому размытому, бытовому понятию катастрофы? Пока ещё нет. Строгое определение понятия, его сравнительный анализ в историческом развитии, сопоставление с другими смыслами – всё ждёт своих исследований. В современной науке, как мы говорили выше, нет ни только строгого определения понятия «катастрофа», но и содержательной научной трактовки его смысла, охватываемого всем хорошо знакомым словом. И это кажется поразительным, необъяснимым в наше время, когда мир вступил в эпоху катастроф! Но мы должны понять, что для такого состояния научного знания о катастрофах – их сущности, многообразия проявлений, пространственно-временного развития – должны быть серьёзные причины в истории научной мысли.

Отсутствие историко-научного анализа понятия «катастрофа», неопределённость трактовки других, тесно связанных с исходным понятием, включая особенно интересующее нас понятие «радиационная катастрофа», ставит перед наукой новый вызов. Становится ясным, что вопрос о том, что такое катастрофа, имеет глубокий смысл и требует своего специального рассмотрения.

Историко-научные аспекты понятия катастрофы

Вся история человеческой цивилизации связана, по словам В.И. Вернадского, с «сознательным переживанием» катастроф, с их посильным преодолением [10]. В первые тысячелетия истории развития человеческого рода катастрофы имели исключительно природный характер. В Средневековье и в Новое время, наряду с продолжающимися природными катастрофами, начали возникать отдельные, сугубо локальные, техногенные катастрофы, связанные с широким развитием ремесленничества и промышленных производств. Наконец, тот период, что назван нами *эпохой катастроф*, – весь XIX и XX вв. и, как мы полагаем, первая треть, скорее, половина XXI в. – характеризуется широким распространением техногенных катастроф, входящих в более обширную категорию «катастроф цивилизации» (сюда включают алкоголизм, наркоманию, распад семейных укладов, утрату нравственных идеалов, терроризм, признаки экологического кризиса и другие выявленные и едва намечающиеся проявления «болезней» и пороков цивилизации, которые могут иметь непредсказуемые катастрофические последствия).

Отличительной чертой последних пяти десятилетий этого периода служит переход от локального, регионального, к глобальному, планетарному, характеру проявления техногенных катастроф. Яркий пример глобального воздействия – чернобыльская радиационная катастрофа. Глобальное распространение в последние годы приобретает терроризм.

В этой схематичной историко-научной периодизации катастроф необходимо особо выделить *этап научного осмысления катастроф*, средней продолжительностью около

150 лет, от первой трети XIX в. (1820–1830 гг.) до второй половины XX вв. (1960–1990 гг.), когда были заложены научные основы теории катастроф и был научно выявлен и определён главный отличительный критерий катастрофы [3]. Наибольший научный интерес для целей нашего исследования имеет начало этого этапа, связанного с личностью Жоржа Кювье (1769–1832 гг.).

Великий французский естествоиспытатель Жорж Кювье вошёл в историю науки как основоположник сравнительной анатомии, палеонтологии, исторической геологии и новой методологии корреляций признаков, позволяющей по немногим останкам, «по одной кости», воспроизводить *целостный облик* давно исчезнувших животных [11]. Он далеко продвинул науку об ископаемых костях (остеологию), заложил основы будущей исторической экологии, оставил глубокий след как один из первых профессиональных историков науки и её выдающийся организатор. Счастлирое сочетание феноменальной одарённости, высочайшей образованности, строжайшей самодисциплины, огромного трудолюбия и высоких человеческих качеств снискали Кювье прижизненную славу и уважение современников. И только некоторые «ошибки» Кювье, казавшиеся досадными и необъяснимыми, омрачали восприятие гармоничного облика гениального естествоиспытателя, которого другой его гениальный соотечественник – Оноре де Бальзак называл «величайшим поэтом нашего столетия», «художником прошлого нашей планеты». Среди «ошибок» на первое место ставят непризнание Кювье эволюционной изменчивости видов и его «чудовищную теорию катастроф»¹.

Но если объективная роль трудов учёного в развитии эволюционной теории сейчас признаётся сообществом биологов мира, его «реакционная теория катастроф», по выражению «классика философии естествознания» Ф. Энгельса, не находит научного исследования, а устоявшиеся стереотипы в оценке творчества Кювье и его якобы «случайной» теории катастроф надолго задержали её анализ и всестороннее рассмотрение. Даже спустя столетие после кончины Кювье в России, а затем в СССР не утихали яростные нападки на его непопулярные взгляды. «Мракобес», «катастрофист», «креационист», «догматик постоян-

¹ – Известный советский историк биологии И.И. Канаев утверждал, что «Кювье отвергал эволюционные теории своих современников, в том числе Ламарка, как не доказанные фактами, в то время как его гипотеза «катастроф» также не могла успешно объяснить факты. Это была одна из ошибок Кювье». (См. Канаев И.И. Жорж Кювье. 1976. С. 39).

ства видов», «тормоз эволюционизма» и другие подобные эпитеты обильно рассыпаны на страницах многих научных и, к сожалению, историко-научных отечественных изданий².

Против одностороннего и по сути тенденциозного отношения к наследию Кювье выступил Л.Я. Бляхер, что можно расценить как несомненный акт его гражданского мужества³ [12]. Отдельные голоса выдающихся российских учёных, понимавших непреходящую ценность великих достижений гения Кювье, не были услышаны в мощном хоре обструкции «кювьеризма» и «катастрофизма».

Крупный русский геолог академик А.П. Павлов, автор представления о геологическом влиянии человечества и термина «антропогенная эра», один из наставников В.И. Вернадского, связанный с ним многолетней дружбой, повидимому, был первым из российских учёных, кто глубоко осознал значение теории катастроф Кювье и его трудов для будущего развития науки. В 1921 г. он писал: «Кювье... не был упрямым противником идеи о развитии организмов и защитником внезапного появления новых форм жизни, каким его обыкновенно выставляют. Он желал лишь держаться на почве фактов, строго установленных наукой. Мало того, можно сказать, что сочинение его «О переворотах на земной поверхности», в своё время поразившее современников, а потом почти забытое и даже дискредитированное, мощно содействовало возникновению и развитию многих из тех блестящих теорий и плодотворных направлений в науке, которые составили славу XIX века» [13]. Выдающуюся роль Ж. Кювье как творца теории катастроф отмечал в своих трудах В.И. Вернадский [14].

Нужно сказать несколько слов о самой книге Кювье, где изложено представление о катастрофах. История её издания в России и восприятия идей Кювье за рубежом весьма поучительны и существенно отличаются от российских

реалий. За более чем 170 лет, истекших после кончины почетного иностранного члена Петербургской академии наук, в России и СССР было переведено *единственное* произведение Кювье «Рассуждение о переворотах на поверхности Земного шара». Оно было издано дважды: впервые в 1840 г. городской типографией Одессы и затем, спустя почти столетие, в 1937 г. Государственным издательством биологической и медицинской литературы в серии «Классики биологии и медицины».

Советское издание книги классика науки готовилось и вышло в свет в мрачные годы сталинского террора (1937 г.). Несомненно, это обстоятельство наложило свою печать на редакционную обработку и комментирование материалов книги.

В безымянном предисловии «От издательства» содержится ряд «установочных» оценок, надолго определивших общее направление советской историко-научной мысли по отношению к научному творчеству и личности гениального естествоиспытателя. Начинается редакционное «Предисловие» с «убойной» оценки «реакционной теории катастроф», данной Энгельсом, и заканчивается двойственным отношением к «гигантской фигуре Кювье»: «Знаменитое «Рассуждение о переворотах» Ж. Кювье занимает своеобразное место в истории естествознания. Трудно указать другое научное сочинение, имевшее такое серьёзное и в то же время роковое влияние на развитие эволюционных идей.

Обосновываемая в этой книге реакционная теория катастроф имела целью спасти уже поколебленную даже в эпоху Кювье догму постоянства видов. Она задержала надолго первые шаги эволюционного учения. «Теория Кювье о претерпеваемых земных революциях была революционна на словах и реакционна на деле... Лишь Лайель внес здравый смысл в геологию, заменив внезапные,

² – В трудах крупного советского историка науки И.Е. Амлинского, разделявшего господствовавшую идеологическую доктрину воинствующего дарвинизма и очищения его от «кювьеризма» и иных уклонений от генеральной линии, обстоятельно освещён досоветский период борьбы видных российских биологов (преимущественно зоологов) с «застойным» наследием Кювье. (Амлинский И.Е. Жоффруа Сент-Илер и его борьба против Кювье. М., 1955; Амлинский И.Е. Начальный этап сравнительно-морфологического обоснования единства животного мира. В кн.: Этьен Жоффруа Сент-Илер. Избранные труды. Редакция, послесловие, статья и комментарии проф. И. Е. Амлинского. Перевод А.В. Юдиной. М., 1970. С. 539-642.)

³ – В своём фундаментальном историко-научном труде Л.Я. Бляхер писал: «Касаясь взглядов Кювье, необходимо опровергнуть довольно распространённую точку зрения, будто научным символом веры Кювье был брошенный им самим лозунг: «называть, классифицировать, описывать», т. е. «не рассуждать!», как выразительно перевёл Я.А. Борзенков это требование Кювье на язык русской политической реакции 80-х годов. С лёгкой руки Борзенкова представление о Кювье как нерассуждающем эмпирике вошло в русскую научную и популярную литературу». (Бляхер Л.Я. Очерк истории морфологии животных. М., 1962. С. 53). Далее Л.Я. Бляхер отмечает, что ещё в 50-х годах XIX в. историки сравнительной анатомии, в частности О. Шмидт, справедливо показали ошибочность такой оценки, исходившей из кругов научных противников Кювье – Жоффруа Сент-Илера и его сторонников.

вызванные капризом творца революции постепенными действиями медленного преобразования земли».

Таким образом, книга Кювье не может быть отнесена к тем классическим произведениям, которые остаются в веках памятником прогрессивных идей и непререкаемых научных открытий. И тем не менее книга эта отражает целый этап в истории биологии. Невозможно при изучении истории эволюционных идей обойти гигантскую фигуру Кювье. К тому же создатель современной сравнительной анатомии и палеонтологии независимо от строя своих идей оказал мощное влияние на развитие биологии, приведшее к окончательной победе идеи эволюции и дарвинизма. В этом смысле Кювье бесспорно является классиком, обогатившим науку весьма значительным числом открытий [11, с. 5-6].

Примечательной особенностью последнего издания является превосходная вступительная статья редактора книги академика А.А. Борисяка, имеющая самостоятельное научное значение и послужившая одним из основных источников для написанной через 40 лет известным историком науки И.И. Канаевым научной биографии Ж. Кювье, к сожалению, не свободной от ряда установившихся идеологизированных стереотипов и трактующей некоторые принципиально важные положения, содержащиеся как в трудах самого Кювье, так и в статье научного редактора «Рассуждений», в духе традиций своего времени.

Высоко оценивая работу А.А. Борисяка, невозможно согласиться с некоторыми его утверждениями, безоговорочно принятыми И.И. Канаевым и утвердившимися в отечественной историко-научной литературе. Главное из них относится к сущностному восприятию рассматриваемой работы. Отмечая, что ряд научных исследований Кювье, особенно «Исследование об ископаемых костях», «...служат настольной книгой каждого палеонтолога», А.А. Борисяк далее пишет приводимые выше слова (см. сноску...), без каких-либо научных доводов, об ошибочности «гипотезы катастроф», якобы заимствованной Кювье от своих ближайших предшественников.

Конечно, такое утверждение самого А.А. Борисяка ошибочно и односторонне. Мاستитый ученый не сумел разглядеть в гениальном по простоте построению Кювье сущность катастрофы, её главный отличитель-

ный критерий. Возможно, в восприятии А.А. Борисяка как специалиста-палеонтолога и правоверного эволюциониста «катастрофизм» Кювье действительно выглядел инородным телом и потому не входил в сферу его научных интересов.

Приведённые выше высказывания типичны и для других исследователей творчества Кювье. Из них следует, что теория (или гипотеза) катастроф заимствована Кювье от своих предшественников и она выглядит неким инородным телом, привнесённым извне, для доказательства «догмы постоянства видов» и для «борьбы Кювье с эволюционизмом». Трудно представить, что распространённая точка зрения на роль Кювье в науке сплошь «ошибочна». Всё дело в том, под каким углом зрения рассматривались и оценивались «ошибки Кювье» и в какой исторической обстановке.

Задача наших дальнейших исследований – показать, что «чудовищная» теория катастроф не является случайной в творчестве Кювье и что он является истинным её творцом, на столетия опередившим своё время. Чтобы доказательно осветить эту новую точку зрения, ещё не развитую в истории научной мысли, необходимо обратиться к рассмотрению научного творчества и личности Кювье под несколько иным углом зрения – таким, где бы «катастрофизм» присутствовал не в качестве эфемерной, ничего не значащей линии научного развития, а как важнейший сущностный лейтмотив, объективно отражающий научные искания гения в создании стройной системы мира.

Но чтобы показать не случайность теории катастроф в научном творчестве Кювье, а напротив, её закономерность, обусловленность предшествующими периодами научного и общекультурного развития общества, необходимо проделать большую историко-научную исследовательскую работу. По существу, потребуется заново переосмыслить весь путь движения Кювье к созданию его основополагающих работ по сравнительной анатомии, палеонтологии и исторической геологии, – в них лежат корни теории катастроф. Нужно очистить этот путь от позднейших ненаучных идеологических наслоений и попытаться подвергнуть всестороннему научному анализу саму доктрину эволюционизма как единственного пути развития природы и общества – пути, практически исключаящего локальные и глобальные катастрофы.

Сущность катастрофы

Реальность наших дней указывает другое, отнюдь не медленно эволюционирующее развитие событий. Реальность Кыштыма, Три Мэйл Айленда, Чернобыля, десятков других радиационных аварий и катастроф, сотен и тысяч техногенных «катастроф цивилизации» свидетельствует о том, что мир вступил в *эпоху катастроф*. И от них нельзя уже досадливо отмахнуться, не замечать, пройти мимо. Это грозная реальность, и она требует фундаментального научного изучения для разработки практических мер безопасности.

Именно поэтому мы обращаемся к первоисточкам – к тем тогда поруганным, теперь забытым, в лучшем случае, как думали многие, «имеющим лишь историческое значение» трудам Кювье по теории катастроф, где гениальный естествоиспытатель предвосхитил и впервые научно вскрыл глубинную сущность катастрофы – *потерю организации*, целостную и необратимую, когда «от прошлого остаются одни лишь обломки».

Следовательно из идей Ж. Кювье вытекает главный отличительный критерий катастрофы, определяющий её сущность: *катастрофа всегда необратима, она отрицает старый тип организации – соотношения целого и его частей и способ (технология) функционирования целостности*. Когда от прошлого остаются одни лишь осколки, это означает, что единая целостность исчезает. Катастрофа, таким образом, определяет необходимость перехода всей распавшейся целостности на новый тип организации.

По отношению к радиационным и другим техногенным катастрофам цивилизации это значит переход на новые ступени научно-технического прогресса, к новой научной парадигме. Но новая парадигма должна оперировать *всей целостностью*, а не её отдельными частями, какими бы важными они ни представлялись. Если катастрофа случилась, её нельзя «подлатать», провести капитальный ремонт отдельных изделий, будь то ядерные установки, системы аварийной защиты, материалы конструкций или главные циркуляционные насосы и другое оборудование объектов ядерного комплекса.

Указанные свойства катастрофы, связанные с необратимым распадом всей целостности и тем самым делающие её «узнаваемой», позволяют определить её отличия от *аварии* и других техногенных «инцидентов»⁴.

Авария всегда локальна, как бы тяжелы последствия её ни были. Она не выходит за пределы своего точечного или небольшого территориального проявления. После устранения неполадок и повреждений *авария допускает возврат к прежнему способу организации*, и в этом смысле она *обратима*. Если мы, к примеру, построили новый дом, и в нём после сильного шквалистого ветра вдруг снесло крышу или выбило окна и даже двери, но фундамент дома, перекрытия и стены остались целы, выдержали ураганные порывы ветра, для рачительного хозяина это не трагедия. Он поставит крышу на место, укрепит её, или сделает новую, поставит более прочные стропила, восстановит окна, двери, подремонтирует повреждения. И дом снова готов служить людям. Способ его организации – архитектурных решений, строительства, эксплуатации, использования определённых материалов – принципиально не изменился, остался прежним. В этом и состоит, как мы полагаем, принцип обратимости аварии: способ организации и функционирования природной или рукотворной целостности (в нашем случае дома) допускает возвращение целостности к прежнему состоянию и её сохранение. Многочисленные примеры обратимых радиационных и нерадиационных аварий (неполадок, повреждений, сбоев в работе и т. п.) приведены во многих работах, и нет необходимости здесь на них останавливаться. Думается, отличительное свойство аварии – её обратимость, которую мы выводим, как следствие, из противоположного свойства-критерия необратимости катастроф («переворотов»), вполне отвечает реальности; понятие аварии в теории природных катастроф Ж. Кювье близко к его понятию «изменения».

Запроектная авария в атомной энергетике, связанная с разрывом ядерного реактора и выбросом больших масс радионуклидов в окружающую среду, если её не локализовать, мгновенно перерастает в *необратимую радиационную катастрофу*, охватывая большие пространства биосферы (или всю биосферу

⁴ – В русском языке заимствованное из иностранного (франц., англ.) слово «инцидент» имеет различные, сильно расходящиеся в смысловом использовании и оттенках значения: происшествие, недоразумение, столкновение. См. С.И. Ожегов. *Словарь русского языка*. Изд. 11-е, стереотипн. / Под ред. докт. филологическ. наук, проф. Н.Ю. Шведовой. М.: Изд-во «Русский язык», 1977. С. 232.

Земли) и огромные количества людей. Сравнительно небольшие по масштабам катастрофы традиционно называют авариями.

О взаимосвязи природных и радиационных катастроф. Биосферосовместимость техногенных объектов

Обобщая сказанное в разделах об историко-научных истоках и сущности катастроф, необходимо остановиться на одном из существенных вопросов, который может возникнуть у работников атомного комплекса, учёных, инженеров и техников, не связанных с естественнонаучной проблематикой. Могут ли теоретические построения Ж. Кювье о *природных* катастрофических сменах животных и растительных сообществ и отдельных организмов в истории развития Земли быть приложимы к техногенным объектам и к ядерно-энергетическому комплексу в целом?

Ответ будет положительным: к техногенным объектам и к атомному комплексу в целом теория катастроф Кювье как наиболее общее теоретическое построение полностью приложима. Прежде всего, полное название рассматриваемого труда Кювье, правильно переданное на русский язык первым переводчиком Т. Дымчевичем в 1840 г.⁵, включает не только «перевороты» в смысле природных смен-катастроф, но и «изменения на поверхности Земного шара», следовательно, охватывает не только собственно катастрофические *события*, но и *весь спектр изменений*, которые могут привести к быстрой и *качественно новой* смене земных сообществ, что и называлось ученым катастрофой.

Для рассматриваемого атомного и любого техногенного комплекса указанная поправка существенна. Ни одна из известных радиационных катастроф не была случайной: ей предшествовали определённые «изменения» – нарушения в работе ядерных объектов. Накапливаясь или не будучи выявленными на стадии разработки проекта, они со временем приводили к необратимым катастрофическим последствиям.

Ключевое значение в теоретических построениях Ж. Кювье имеет понятие «поверхности Земного шара». Это ни что иное, как современное понятие планетарной биосферы Земли, глубоко разработанное в учении о

биосфере другим гениальным русским ученым – академиком В.И. Вернадским. Те, кому посчастливилось прочесть «Рассуждение о переворотах» Ж. Кювье, ещё долгое время остаются под впечатлением поистине гигантской работы, скрупулёзно проделанной учёным по «естествоописательной» характеристике «поверхности» – биосферы Земли. Здесь данные и палеонтологии, и биологии, и геологии, и климатологии, и гидрологии, и географии, и этнографии... – данные всей суммы знаний своего времени привлечены Кювье для всесторонней оценки состояния биосферы Земли, в геологической истории которой совершаются катастрофические изменения. Можно было не соглашаться с «катастрофизмом», яростно защищая официально принятую в Советском Союзе, сильно идеологизированную дарвиновскую теорию эволюции, но нельзя было «обойти», «замолчать», как писали его оппоненты, «гигантскую фигуру Кювье», подлинного классика науки. Учёный словно преподал урок будущим поколениям, и его подхватили в России К.М. Бэр, В.И. Вернадский, Н.И. Вавилов, десятки других выдающихся учёных-естествоиспытателей, составляющих славу и гордость России.

Становление ядерно-энергетического комплекса и его реальное строительство – практически на века – исключительно сложная задача со многими неизвестными. Успешное её решение в первую очередь предполагает высокую культуру участников небывалого в истории строительства: их широкую общую образованность и высокую специализацию, и, главное, высочайшую меру ответственности. Здесь, на опасном атомном комплексе, сохраняется возможность осуществления необратимых радиационных катастроф. Казалось бы, всё сказанное близко к общепринятым истинам, и «уроки Кювье», воспринятые естественными науками, в ещё большей степени должны касаться технических наук и связанных с реальными опасностями техногенных производств. В них мы вправе ожидать усиления требовательности и меры ответственности ко всем участникам создания и строительства ядерного комплекса, от ученых и проектантов до обслуживающего персонала.

К сожалению, в реальной истории становления ядерно-энергетического комплек-

⁵ – *О переворотах или изменениях на поверхности Земного шара в естествоописательном и историческом отношении. Сочинение Барона Кювье. Перевел с последнего, дополненного изд. Т. Дымчевич. Одесса. Городская типография. 1840*

са России мы сплошь и рядом сталкиваемся с противоположным: безответственностью, общей невысокой культурой проектирования и производства, сложившейся корпоративной кастовостью, нежеланием и неумением более широко охватить проблему.

Театр, как говорил К.С. Станиславский, начинается с вешалки. Своеобразной «театральной вешалкой» для атомного действа служит поиск и выбор места расположения будущих АЭС и других ядерноопасных объектов. Нет нужды говорить о том, насколько это серьёзная и ответственная задача, сколько условий нужно соблюсти, чтобы в итоге проектируемый ядерный объект, с его неизбежными воздействиями на людей и природу, наиболее оптимально вписался в окружающую среду. Между тем места размещения подавляющего числа наших ядерно-энергетических установок были выбраны крайне неудачно, сколько при этом было допущено элементарных геологических и экологических ошибок, от «привязки» АЭС к зонам разломов до сбросов неочищенных радиоактивных отходов в открытую гидрографическую сеть.

В ноябре 1990 г. Объединённой экспертной группой Верховного Совета СССР и государственной экспертной комиссией Госплана СССР проводилась экспертиза проекта Южно-Уральской АЭС. Вместе с проф. В.А. Шевченко мы выезжали в процессе работы на место предполагаемого строительства Южно-Уральской АЭС и деятельности ПО «Маяк» для знакомства со сложившейся в регионе экологической ситуацией. При экспертизе Проекта вскрылись многие недоработки и просчёты, вызывающие недоумение утверждения проектантов. Вот некоторые из них. При оценке «благоприятной» метеорологической обстановки местоположения станции авторы Проекта утверждали, что ураганы и смерчи для Южного Урала не страшны. По их данным, повторяемость смерчей со скоростью 40 м/с здесь составляет раз в 65 тыс. лет, а «наиболее разрушительного смерча» (что это такое – не поясняется) – раз в 370 тыс. лет (!). Мы сразу же усомнились: из трудов классиков климатологии Б.П. Алисова, А.В. Шнитникова, Г.К. Тушинского, да и из обычных учебников известно, что таких циклов природных явлений не бывает. Дальше – больше. Расчёт «фронта предельной ударной волны» на АЭС (10 кПа) в Проекте был произведён исходя из условий воздействия того же гипотетическо-

го смерча со скоростью ветра 40 м/с. Но хорошо известно, что механизм действия смерча совсем иной, дело не во «фронте ударной волны» и не только, а часто и не столько в скорости ветра (нет прямой корреляции с разрушительным действием смерча), а в эффекте всасывания из-за резкого перепада давлений – он и создаёт страшную разрушительную силу смерча.

Вообще с ветрами в Проекте встречаются вещи совершенно поразительные. Перепутав в разных разделах все мыслимые и немыслимые для Урала направления ветров, которые в одних местах проекта «благоприятны ближайшим населённым пунктам», а в других (те же ветра!), наоборот, не благоприятны, и, четко зафиксировав скорость ветра в 4-4,2 м/с (для какого времени года?), проектанты эту запечатлившуюся в уме скорость (4-5 м/с) для укрепления своих позиций относительно безаварийной работы АЭС, без тени сомнения, переносят и на осенние месяцы. Такая благостная, безветренная, поздняя уральская осень, конечно, не может не смутить уже насторожившийся ум пытливого эксперта: не поленившись открыть «Агроклиматический справочник», он с облегчением убеждается, что природа ещё верна своим законам, и скорость ветра в это время года на Южном Урале близка к максимальной, до 25 м/с, временами и больше. Таким же образом после изучения специальной литературы и консультаций с коллегами-климатологами мы приходим к достоверному научному заключению о смерчах и ураганах, противоположному заключению авторов Проекта: вероятность прохождения ураганов и смерчей на Южном Урале на основе измеренных экспериментальных данных и рядов наблюдений за 90-летний период 1895–1985 гг. относится к числу **высоких** и составляет 6 ураганов и 12 смерчей за 90 лет, всего 18 событий. Следовательно 1 ураган или смерч может происходить, и реально происходит, в среднем через 5 лет.

Как видим, фантастические цифры проектантов Южно-Уральской АЭС о повторяемости смерчей через 65 и 375 тыс. лет не имеют под собой ни научной, ни фактической основы. Между тем вопрос о направлениях и силе ветров, частоте смерчей и ураганов, их разрушительной мощи для местонахождения Южно-Уральской АЭС и ПО «Маяк» имеет принципиальное значение для оценки степени проявления радиационных катастроф. Именно здесь в 1967 г. ре-

ально *произошла* третья из челябинских радиационных катастроф. Она была вызвана ветровым переносом радионуклидов с обнажившейся в результате сильной засухи береговой полосы озера Кара-Чай [5]. Мелкодисперсная пыль, содержащая радионуклиды общей активностью 0,6 млн Ки, была разнесена на площади 2700 км², где располагались 63 населённых пункта с населением 41,5 тыс. чел. Следовательно природные и техногенные катастрофические процессы наложились друг на друга, усилив суммарный эффект воздействия.

Взаимосвязь природных и техногенных катастроф в биосфере, как убеждает в особенности опыт последних десятилетий конца XX – начала XXI вв., носит закономерный характер, одни виды катастроф могут вызывать другие, служить их причиной и следствием. Проектировщики не могли не знать о произошедших катастрофических событиях. Вместо того, чтобы углубиться в проблему и попытаться найти оптимальные решения, проектанты было сделано то, что было сделано – непрофессионально и недостоверно.

Ещё более фантастической выглядит выдвигаемая в Проекте идея об использовании ЮУ АЭС для решения «главной экологической проблемы»: снижения и последующей стабилизации уровня воды в аварийно переполненных водоёмах. В истории науки и техники известны случаи, когда нетрадиционные, «безумные» идеи открывают новые горизонты познания или способствуют созданию принципиально новых технических устройств. Но никакой серьёзной научной проработки предлагаемой «безумной» идеи в Проекте не приводится. Экспертное исследование показало, что в реальных условиях высокоминерализованных кислых техногенных стоков, заполняющих рассматриваемые водоёмы, испарения *только чистой воды* (как и в природных процессах) не происходит: типичным физико-химическим процессом здесь является образование и широкое распространение над всей поверхностью водоёмов *радиационных туманов* и *изморосей*. Они легко переносятся ветром и осаждаются на производственные и жилые постройки и на окружающие природные ландшафты. Можно привести ряд и других декларативных, научно не обоснованных, утверждений, содержащихся в Проекте Южно-Уральской АЭС, как и в других проектах ОЯЭ. Более подробно они рассмотрены в экспертных заключениях и в открытых публикациях [15, 16].

В чём же причина подобных ошибок, закладываемых в проекты строительства объектов ядерной энергетики ещё на предпроектной стадии, на стадии замысла будущего ядерно-энергетического комплекса? Историко-научный анализ показывает, что причина не одна, их несколько, и каждая охватывает различные стадии создания ОЯЭ (объектов ядерной энергетики?), его функционирования и эксплуатации. Но с точки зрения представлений Ж. Кювье, В.И. Вернадского и их последователей, одна из главных причин возникающих коллизий между проектируемой техникой и её последующей эксплуатацией в окружающей природной среде (биосфере) коренится в незнании специалистами – техниками и технологами структуры и особенностей функционирования биосферы. Не в гипотетическом абстрактном пространстве, а в реальном пространстве времени, в конкретных природных районах «живут» вместе с собственным персоналом и окружающим населением и работают до истечения срока своей эксплуатации, а часто и за его пределами, техногенные, радиационно опасные объекты. И от того, насколько гармонично они совместимы с биосферой, в конечном счете зависит устойчивость биосферы и безопасность населяющих её живых организмов, безопасность человека.

Организованность биосферы, по В.И. Вернадскому, представляет *динамическое равновесие* («устойчивое неравновесие») между безжизненными, косными телами биосферы (горными породами, минералами) и её активной геологической силой, живым веществом, совокупностью живых организмов, включая человека. В геологической истории биосферы равновесие между косным и живым веществом поддерживается непрерывным *биогенным током атомов*. Особенность сложившегося «устойчивого неравновесия» состоит в том, что ни один из элементов биосферы (химический элемент, атом) никогда не возвращается в прежнее положение. Биосфера как целостность высшего порядка постоянно развивается, усложняет свою структуру, совершенствуется организованность в результате процессов эволюции и периодических в истории Земли катастрофических обновлений – смен ранее сложившихся сообществ живых организмов, геолого-географических и экологических условий их обитания. Из теории катастроф Кювье и общего учения о биосфере В.И. Вернадского следует, что природные катастрофы являются необходимым условием развития биосферы. Они составляют имма-

нентно присущую сущность биосферы, её неустранимый атрибут и не приводят к разрушению биосферы [7, 10]. Природные катастрофы различной мощности и с разной периодичностью постоянно происходили в истории развития Земли; происходят они регулярно и в наши дни.

Иное дело катастрофы техногенные, и особенно химических и ядерно-энергетических производств. Любой техногенный объект для природной биосферы является чужеродным. Он не встроен в её организованность, в складывающееся в течение нескольких миллиардов лет динамическое равновесие, в биогенный ток атомов. Биосферосовместимость подавляющего большинства создаваемых человеком рукотворных объектов ещё крайне низка. В значительной мере это связано с оторванностью технической мысли от фундаментальных достижений и законов естествознания, от учения о биосфере, законов её строения и функционирования. Нельзя забывать об ответной реакции биосферы на вторжение в неё техногенных объектов. Все компоненты биосферы: природные газы и воды, микроорганизмы, мезо- и макрофауна почв, сами почвы с их кислотностью или щелочностью, низшая и высшая растительность, климат, проникающая солнечная радиация и другие космические излучения пытаются «переварить» проникающие в биосферу, чуждые ей объекты. Нередко «ответ биосферы» оборачивается большой или малой техногенной катастрофой для построенных зданий, сооружений, транспортных систем, промышленных объектов и приводит к многочисленным человеческим жертвам.

Можно ли избежать техногенных, в частности, радиационных катастроф? Думается, это, к сожалению, невозможно. Из работ Ж. Кювье и других классиков естествознания теоретически вытекает – путь катастрофизма является наиболее общим путём развития, включающим эволюционизм как часть в целое. Если практика – действительно критерий истины, то практика нынешнего этапа развития цивилизации полностью подтверждает научное предвидение Ж. Кювье и ставит перед наукой принципиально новые задачи освоения этой новой реальности Бытия.

В складывающейся *новой биосферно-ноосферной реальности* нашего времени предотвратить техногенные катастрофы чрезвычайно трудно, в большинстве случа-

ев – практически невозможно. Лавина «катастроф цивилизации» неудержимо нарастает, и современный мир действительно вступил в эпоху катастроф. Чтобы понять и принять это основанное на многих фактах нетрадиционное заключение, зададимся вопросом: почему природные катастрофы Земли почти за четырёхмиллиардный период геологической истории не разрушили до сих пор биосферу?

В учении В.И. Вернадского о биосфере содержится ясный ответ. Биосфера, преобразуемая человеческой деятельностью и научной мыслью в ноосферу, является самой сложной из всех известных в Мироздании систем. Несмотря на кажущуюся хрупкость, биосфера как планетарная оболочка в силу своей организованности представляет собой устойчивую систему с большим числом степеней свободы. Её структура и функции поддерживаются космо-земным динамическим равновесием между живыми, биокосными, биогенными и неживыми (косными) подсистемами биосферы. Даже если произойдёт глобальная радиационная катастрофа и наступит «ядерная зима», функционирование биосферы будет обеспечено биогеохимической деятельностью бактерий, водорослей и простейших животных (увы, без человека, позвоночных животных и высших растений).

Техногенные же создания человека по сравнению с биосферой кажутся, и это на самом деле так, совершенно незащитными. И в материально-энергетическом, и в информационном отношении они не сопоставимы с биосферой, а число степеней их свободы исчезающе мало сравнительно с любым из природных объектов. Поэтому каждый крупный многофункциональный техногенный объект, а к ним и относятся АЭС, АПЛ, комбинаты по переработке отходов и другие радиационно опасные сооружения, потенциально всегда содержат возможность развития катастрофических событий. Ввиду того, что количество промышленных производств в целом в мире возрастает, а многие из действующих сегодня построены по старым технологиям и уже достигли предельных сроков эксплуатации, можно прогнозировать рост техногенных катастроф в ближайшие десятилетия. Соответственно, будет возрастать техногенное давление на природные экосистемы и биосферу в целом.

Проблема совместимости с биосферой, достижения оптимальной «встроенности» в

неё ядерно-энергетических и других радиационно опасных объектов, с одной стороны, а с другой – нахождения эффективных путей смягчения воздействующего на биосферу радиационного наследия холодной войны и современной атомной энергетики, представляет одну из наиболее сложных проблем современного этапа развития человеческой цивилизации.

История вступления человечества в атомную эру с экологической точки зрения может быть представлена историей радиационных катастроф. Большие и малые радиационные катастрофы выступают предельным выражением экологических воздействий. Многие из них протекают с огромными скоростями, исключая возможность управления процессом локализации первых стадий начавшейся катастрофы. Экологические последствия свершившихся катастроф не могут быть полностью ликвидированы. Они проявляются спустя десятки, сотни и тысячи лет (распад радионуклидов плутония, америция, кюрия и др.). Радиационное воздействие на человека и организмы биосферы должно проявляться и реально наблюдается в течение нескольких поколений.

Рассмотренные выше эколого-биосферные проблемы ядерного комплекса входят в круг составляющих общей проблемы безопасности, которая определяет возможности возникновения и развития радиационных катастроф, последующей ликвидации их последствий. Вот почему проблема изучения сущности катастроф остаётся в науке и практике чрезвычайно актуальной.

Литература

1. Назаров А.Г. Новое о ядерной катастрофе в Чернобыле // Энергия. 1990. № 7. С. 2-9.
2. Назаров А.Г., Тихоненков Э.П., Воронежцев Ю.А. Заключительный отчёт Комиссии ВС СССР по изучению причин аварии на Чернобыльской АЭС и оценке действий должностных лиц в послеварийный период Верховному Совету СССР. В 2-х кн. М.: ВС СССР, 1991. 532 с.
3. Назаров А.Г. Радиационные катастрофы: понятие, происхождение, последствия // Институт истории естествознания и техники им. С.И. Вавилова РАН. Годичная научная конференция. 1996. М., 1996. С. 261-265.
4. Назаров А.Г. О развитии математической теории катастроф и её приложении к изучению радиационных катастроф // Институт истории естествознания и техники им. С. И.Вавилова. Годичная научная конференция. 1997. М.: 1997. С. 148-150.
5. Назаров А.Г. Радиационная безопасность и радиационные катастрофы // Наука и безопасность России: историко-научные, методологические, историко-технические аспекты. М.: Наука, 2000. С. 397- 424.
6. Назаров А.Г., Львова М.С., Стародубцева С.А. Радиационные катастрофы и их последствия: эколого-психологические мотивы принятия решений (на примере Чернобыльской катастрофы // Экология и развитие личности. Ступино, 2001. С. 223-242.
7. Вернадский В.И. Размышления натуралиста. Научная мысль как планетное явление. Книга вторая. М.: Наука, 1977.
8. Шевченко В.А. Оценка генетического риска облучения популяций человека // Последствия Чернобыльской катастрофы: Здоровье человека. М.: 1996.
9. Шевченко В.А. Генетические последствия аварии на Чернобыльской АЭС. В кн.: Чернобыльская катастрофа: причины и последствия. В 4-х частях. Ч. 2. Медико-биологические и генетические последствия Чернобыльской катастрофы. Минск, 1993.
10. Вернадский В.И. Очерки и речи, вып. 1. Пт., 1922. С -II (Предисловие).
11. Кювье Ж. Рассуждение о переворотах на поверхности Земного шара. Перевод с французск. Д.Е. Жуковского. Редакция и вступительная статья акад. А.А. Борисяка. М.-Л.: Биомедгиз. 1937.
12. Бляхер Л.Я. Очерк истории морфологии животных. М., 1962;
13. Павлов А.П. Очерк истории геологических знаний. Естественно-научная библиотека. М.: Государственное издательство, 1921.
14. Вернадский В.И. Памяти академика Алексея Петровича Павлова (1930). В кн.: В.И. Вернадский. Статьи об учёных и их творчестве. М., 1977. С. 259-266.
15. Резонанс: Южно-Уральская атомная: быть или не быть? Колл. авторов под руководством и при участии А.Г. Назарова (Осанов Д.П., Сакулин Г.С., Шадрин Л.Н. и др.). Заключение Объединённой Экспертной Группы по охране окружающей среды Экспертной подкомиссии Государственной Экспертной Комиссии Госплана СССР и Постоянной Экспертной Группы Верховного Совета СССР. Челябинск: Южно-Уральское книжн. изд-во, 1991. 56 с.
16. Рихванов Л.П. Радиоэкологическая обстановка на территории бассейна реки Обь // Радиоактивность и радиоактивные элементы в среде обитания человека. Материалы междунар. конф. Томск.: ТПУ. 1996. С. 270-275.

Микологические экскурсии в преподавании курса экологии

© 2007. А.А. Широких

Санкт-Петербургский институт внешнеэкономических
связей экономики и права

Рассматривается роль экскурсий в природу, как одной из самых эффективных и наглядных форм преподавания биологических дисциплин. Объектами экскурсии избраны высшие грибы – одна из древнейших групп организмов, имеющих высокое биологическое разнообразие, и процветающее в эволюционном плане царство. На примере грибов демонстрируются типы взаимоотношений организмов в экосистемах: паразитизм, комменсализм, симбиоз.

The role of excursion in biogeocenoses, as effective form teaching of biology was consider. The subject of excursion was selected mushrooms – ancient and evolutionary prosperity class of organisms with high biological diversity. Mushrooms give an example of basic types interrelation of organisms into ecosystems: parasitism, commensalism, symbios.

Появившись как область биологии, современная экология взаимодействует со многими естественными и гуманитарными дисциплинами. Она существует и развивается как биологическая наука, как мировоззренческая наука и как наука, реализующая себя в междисциплинарной области знаний.

Укоренившийся в современном обществе технократический образ мышления, надежда на то, что с помощью правильной организации хозяйства и высокопроизводительной техники можно решить все экономические и социальные проблемы, привёл человечество на грань глобального экологического кризиса. Возникла опасность глобальных экологических катастроф, которые могут привести к гибели всего живого на нашей планете и, в первую очередь, человека. Поиск путей преодоления кризиса предполагает не только необходимость макросистемного подхода в решении экологических проблем, но и формирование у населения планеты нового мировоззрения. Очень важная роль в этом принадлежит опережающему экологическому образованию [1]. Оно должно стать приоритетной частью подготовки любого специалиста в области управления, экономики, техники, медицины, действующего как в естественных, так и в гуманитарных сферах. Усвоение знаний по основам экологии и охраны окружающей среды должно послужить основой формирования нового мировоззрения и мышления, умения мыслить глобально, действовать конкретно. Преподавание биологии и смежных дисциплин должно существенно отличаться от подготовки профессиональных биологов. Биологическое образование «для всех»

должно соответствовать уровню современной науки, но не изобиловать излишними подробностями, быть увлекательным и нацеленным на разъяснение актуальных проблем [2]. В настоящее время курс экологии включён в программу подготовки специалистов естественных и гуманитарных специальностей [3].

Современная система высшего образования уделяет особое внимание качеству фундаментальных знаний, максимальную активизацию студентов в учебном процессе, самостоятельное освоение учебного материала. Важным фактором, который определяет учебную активность студентов, является познавательный интерес, зависящий от форм и методов обучения.

Главной целью экологии как науки является изучение взаимоотношений организмов с окружающей средой. В преподавании курса экологии часто возникают методические трудности объяснения таких взаимоотношений, поскольку большинство студентов не имеет представления о существовании многих обычных организмов, имеющих большое значение для окружающей среды. Поэтому визуализация фактического материала играет существенную роль в методике преподавания экологии. Фотографии, снятые в природных или лабораторных условиях и иллюстрирующие различные аспекты учебного курса по экологии, в какой-то степени способствуют лучшему усвоению курса, но не заменяют наблюдение организмов в естественной среде их обитания. В связи с этим особой формой обучения являются экскурсии в природу, роль которых при изучении курса экологии трудно переоценить.

Одной из интереснейших групп организмов, играющих огромную роль практически во всех экосистемах, являются базидиальные грибы [4]. Однако в профессиональной подготовке специалистов биологических и других специальностей, часто имеются проблемы, связанные с отсутствием представления о роли грибов в биосфере и жизни человека. Часто представление о грибах ограничивается знанием нескольких съедобных и ядовитых видов, а в большинстве случаев и того меньше.

Изучение грибов имеет большое теоретическое и практическое значение. Прежде всего, это одна из древнейших групп эукариотных организмов, имеющих высокое биологическое разнообразие, и грибы – это процветающее в эволюционном плане царство организмов. Как сапротрофы они лежат в основе детритных пищевых цепей. На примере грибов можно показать студентам типы взаимоотношений организмов в экосистемах: паразитизм, комменсализм, мутуализм. Кроме того, содержащиеся в грибах вещества (микроэлементы, алкалоиды, полисахариды, антибиотики) обладают различной биологической активностью и используются в современной медицине. Из 10 000 известных к настоящему времени видов базидиальных грибов более 200 обладают терапевтическим действием [5]. Типичным примером использования грибов в медицине является чага (чёрный берёзовый гриб) – *Inonotus obliquus*. Настои и настойки из чаги применяют в качестве неспецифического средства при неоперабельных злокачественных новообразованиях. Противораковая активность обнаружена и у многих грибов родов *Agaricus*, *Boletus*, *Coriolus*, *Calvatia*, *Coprinus*, *Hericium*, *Paxillus*, *Tricholoma* и других. С большинством видов грибов, принадлежащих этим родам, можно познакомиться на микологических экскурсиях.

Наиболее подходящим местом проведения микологических экскурсий являются лесные экосистемы, где биоразнообразие базидиальных макромицетов особенно широко. Экологическая уникальность грибов хорошо видна в случае процессов биологического разложения древесины, являющейся основным и специфическим компонентом биомассы лесов. В лесных экосистемах древесина служит основным хранилищем углерода и зольных элементов, накапливаемых лесными экосистемами, и это рассматривается как приспособление к автономизации их биологического круговорота. Из всего многообразия организмов, существующих в современной биосфере, только

грибы обладают необходимыми ферментными системами, позволяющими им осуществлять полную биохимическую конверсию соединений древесины [6]. Поэтому можно без какого-либо преувеличения сказать, что именно взаимосвязанная деятельность растений и дереворазрушающих грибов лежит в основе биологического круговорота лесных экосистем, играющих исключительную роль в биосфере. На примере родов *Inonotus*, *Coriolus*, *Ganoderma*, *Polyporus*, *Armillaria*, *Pleurotus* (рис. 1, см. цветную вкладку), *Fomes*, *Fomitopsis* и других дереворазрушающих грибов можно продемонстрировать студентам сапротрофные и паразитические взаимоотношения в экосистемах.

Некоторые базидиальные грибы – микофилы из группы гименомицетов способны паразитировать на плодовых телах других грибов. Например, на экскурсиях можно наблюдать астерофору паразитную (*Asterophora parasitica*), мелкие плодовые тела которой появляются большими группами на некоторых видах сыроежек.

Сапротрофные грибы, обитающие в лесной подстилке, участвуют в разложении отмершего растительного материала – детрита. Разрушая опавшие листья и хвою, погибшие деревья, старые корни, они обогащают лесную почву гумусовыми веществами и биогенными элементами, которые вновь включаются в биотический круговорот. К представителям этой экологической группы, которых можно увидеть на микологических экскурсиях, относятся в первую очередь гастеромицеты и агариковые, это различные дождевики (*Lycoperdon*), звездчатки (*Astraeus*), гастеромицеты из порядка гнездовковых (*Nidulariales*), например, *Crucibulum laeve* – круцибулюм гладкий и др. Из агариковых грибов можно наблюдать различные виды шампиньонов (*Agaricus silvaticus* – шампиньон лесной, *A. arvensis* – шампиньон полевой, *A. campestris* – шампиньон луговой), копринусы (*Coprinus comatus* – навозник белый, *C. micaceus* – навозник мерцающий, *C. atramentarius* – навозник серый и др.). Очень эффектно выглядит гриб-зонтик (*Macrolepiota procera*, *M. rhacodes*). Некоторые экземпляры могут достигать огромных размеров (рис. 2, см. цветную вкладку). Многие виды агариковых грибов являются съедобными.

Одним из самых экологически значимых свойств базидиальных макромицетов является их способность вступать в симбиотические

взаимоотношения с древесными породами растений и образовывать на их корнях эктотрофную микоризу. Многие исследователи связывают выход растений на сушу именно с симбиогенетическими процессами грибов и растений. Сейчас уже неоспоримым является факт, что наземные растения с момента своего появления являются микотрофными [7]. Грибы-микоризообразователи увеличивают всасывающую поверхность корней, производят биологически активные вещества, переводят трудноусваиваемые соединения фосфора в растворимую форму, доступную для растений, защищают корни растений от потенциальных паразитов. Протяженность грибных гиф в почве превышает протяжённость корней высших растений, причем как и в зоне корней – ризосфере, в зоне гиф грибов – гифосфере вследствие выделения метаболитов создается специфическая среда, благоприятная для одних групп микроорганизмов и невыносимая для других.

Эктотрофная микориза обеспечила ещё одну важную для фитоценоза возможность: коммуникацию между его отдельными членами и связь между корневыми системами через грибной мицелий. В опытах с использованием радиоактивно меченных элементов питания доказан взаимный обмен метаболитов. По мицелию микоризных грибов могут мигрировать не только питательные вещества, но источники энергии, гормоны, токсины, а возможно, и генетическая информация. Таким образом, микориза не только расширяет экологические ниши растений, но интегрирует популяции и разнородные сообщества. Поскольку эктомикоризные грибы слабо специализированы и заражают корни многих видов растений, благодаря этим связям через микоризу лесной биоценоз можно сравнить с единым организмом.

В лесном биогеоценозе можно наблюдать разнообразные базидиомицеты, образующие эктотрофную микоризу с древесными породами растений. Это прежде всего различные виды мухоморов (род *Amanita*), болетовые, например, белый гриб (*Boletus edulis*), подберёзовики и подосиновики (род *Leccinum*), маслята (род *Suillus*), сыроежки (род *Russula*), паутинники (род *Cortinarius*) и другие роды. Эктомикоризные грибы в культуре без фитосимбионта растут очень медленно и не образуют плодовых тел. Хотя микоризообразующие базидиомицеты и слабо специализированы, но всё таки имеют склонность вступать в симбиотические взаимоотношения с опреде-

лёнными видами деревьев. Например, бледная поганка (*Amanita phalloides*) образует микоризу с деревьями семейства *Fagaceae* (дуб, бук, граб) [9]. Особенность этих растений состоит в том, что они содержат много дубильных веществ и пантотеновую кислоту. Бледная поганка способна к образованию плодовых тел только в присутствии древесного симбионта и поэтому очень редко встречается в таёжной зоне, где эти деревья отсутствуют. Белый гриб (*Boletus edulis*) широко распространён в умеренной полосе России, имеет около двух десятков форм, отличающихся окраской плодового тела и микоризной приуроченностью. На основании приуроченности этих форм к различным породам деревьев (хвойные или лиственные), микологами выделяются отдельные сходные виды белого гриба: *B. reticulatus* – боровик сетчатый и *B. pinophilus* – боровик пихтовый.

Во время проведения микологической экскурсии следует особо уделить внимание и токсическим свойствам грибов. Токсические соединения грибов, в частности, аманитины и иботеновая кислота, синтезируемые грибами *A. phalloides*, *A. virosa*, *A. muscaria*, *A. pantherina*, *Galerina autumnalis*, вызывают тяжёлые отравления с летальным исходом [9]. Иногда эти отравления могут носить массовый характер, например, в 1997 г. в Липецке и его окрестностях отравились 119 человек, из них 11 скончались. Причиной отравления может являться и плохое знание грибов, и существование так называемых грибов-двойников [10]. Иногда сходство между ядовитыми и съедобными грибами настолько значительное, что ошибиться может даже самый опытный грибник. Особенно опасно то, что двойники есть и у смертельно опасных грибов. Например, неядовитый мухомор розовый (*A. rubescens*) является двойником ядовитого мухомора пантерного (*A. pantherina*), а летний опёнок (*Kuehneromyces mutabilis*) – двойник ложного опёнка кирпично-красного (*Hypholoma sublateritium*) [10]. В настоящее время установлено, что наиболее ядовитые макромицеты относятся к микоризным грибам (*Amanita*, *Lepiota*, *Galerina*). На образование токсинов микоризных грибов существенно влияет азотный метаболизм растений-хозяев. Поэтому изучение синтрофных связей между микоризными грибами и растениями-хозяевами даст возможность прогнозировать образование грибами ядовитых соединений [11].

Микологическую экскурсию можно провести и в городских парках. Летом и осенью на живых деревьях и пнях можно наблюдать паразитические и сапротрофные грибы. Для парков обычны различные виды трутовиков: *Coriolus versicolor* (кориолус многоцветный), *Polyporus squamosus* (трутовик чешуйчатый), *Trametes gibbosa* (трутовик горбатый), *Daedalea quercina* (дубовая губка) и другие. Около древесных стволов, на старых пнях и разлагающейся листве можно наблюдать сапротрофные грибы из рода *Coprinus*, *Galerina*, *Mycena*, а на стволах живых деревьев – чешуйчатку (*Pholiota aurivellus* – чешуйчатка золотистая, *P. squarrosa* – чешуйчатка обыкновенная) (рис. 2, см. цветную вставку). На почве возле деревьев можно увидеть некоторые виды рядовок (*Tricholoma*, *Calocybe*).

Базидиальные грибы в городских парках могут быть индикаторами загрязнения территории, например, тяжёлыми металлами. По отношению к тяжёлым металлам грибы обладают свойствами резистентности, или толерантности. Биологические механизмы, дающие возможность сохранения грибов в присутствии тяжёлых металлов, могут включать биосорбцию клеточными стенками, пигментами и экстрацеллюлярными полисахаридами, трансформацию металлов путём окисления, восстановления и т. д. [12]. Активное накопление тяжёлых металлов (более чем в 100 раз по сравнению с окружающей средой) может происходить в ризоморфах (плотно скрученные гифы) и плодовых телах, что было, например, показано для видов рода *Armillaria* (*A. mellea* – опёнок осенний). Причём металлы преимущественно накапливаются на поверхности мицелия. Высказывается предположение, что формирование такой содержащей металлы «оболочки» ризоморф способствует их сохранению и длительности существования [13].

Тяжёлые металлы влияют на плодообразование грибов. Так, в некоторых районах Центральной Европы под влиянием загрязнения атмосферы и почвы тяжёлыми металлами наблюдалось уменьшение числа плодовых тел микоризных грибов. Одновременно, как другой негативный микологический эффект, отмечалось увеличение поражения деревьев дереворазрушающими грибами [14]. Таким образом, грибы могут являться живыми индикаторами экологического состояния окружающей городской среды. По изменению видового состава базидиомицетов в биогеоценозе и содержанию в их плодовых те-

лах вредных веществ, в частности, тяжёлых металлов, можно судить о степени загрязнения окружающей среды.

Микологические экскурсии имеют большое образовательное и воспитательное значение, с их помощью студенты знакомятся с разнообразными биологическими явлениями в мире грибов, обогащаются конкретными представлениями. Поэтому даже наиболее удачные лекции или практические занятия не смогут заменить такие формы обучения, какими являются микологические экскурсии.

Литература

1. Дерябо С.Д., Ясвин В.А. Экологическая педагогика и психология. Ростов-на-Дону: Феникс, 1996. 480 с.
2. Заикина Г.А. Биологическое образование в век биологии // Вестник РАН, 2007. Т. 77. № 4. С. 365-368
3. Экологическая доктрина Российской Федерации. М.: Государственный центр экологических программ, 2002. 40 с.
4. Гарибова Л.В., Лекомцева С.Н. Основы микологии. Морфология и систематика грибов и грибоподобных организмов. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2005. 220 с.
5. Муравьёва Д.А., Самылина И.А., Яковлев Г.П. Фармакогнозия. М.: Медицина, 2002. 251 с.
6. Мухин В.А. Грибы и их роль в природе и в развитии цивилизации // Известия Уральского государственного университета, 1999. № 12. С. 64-69.
7. Каратыгин И.В. Коэволюция грибов и растений. С-Пб.: Гидрометеоздат, 1993. 116 с.
8. Лессо. Т. Грибы (определитель). М.: АСТ, Астрель, 2003. 304 с.
9. Феофилова Е.П. Современные направления в изучении биологически активных веществ базидиальных грибов // Прикладная биохимия и микробиология, 1998. С. 597-608.
10. Гарибова Л.В., Сидорова И.И. Грибы. М.: Изд-во ABF, 1997. 350 с.
11. Белова Н.В. Методические основы познания биологических особенностей грибов – продуцентов физиологически активных соединений и пищевых продуктов. Донецк.: Изд-во Нац. акад. Украины, 1997. С. 99-101.
12. Марфенина О.Е. Антропогенная экология почвенных грибов. М.: Медицина для всех, 2005. 195 с.
13. Rizzo D.M., Blanchette R.A., Palmer M.A. Biosorption of metal ions by *Armillaria* rhizomorphs. // Can. J. Bot., 1992. V. 70. P. 1515-1520.
14. Fellner R. Air pollution and mycorrhizal fungi in Central Europe. In Pegler D.N., Boddy L., Ing B., Kirk P.M. (Eds) *Fungi of Europe: investigation, recording and conservation*. Royal Botanical Gardens, Kew. 1993. P. 239-250.

Формирование экологических компетенций у студентов в процессе вузовского образования

Р.Р. Кабиров

Башкирский государственный педагогический университет им. М. Акмуллы

Экологическое образование и воспитание превратились в объективную потребность общества и стали важнейшей предпосылкой его развития. Основную часть специалистов экологического профиля для России готовят высшие учебные заведения. Переход на двухуровневую систему высшего образования требует разработки новых бакалаврских и магистерских программ, включая междисциплинарные и международные программы. Реализация таких программ должна предусматривать формирование у выпускников совокупности ключевых социально значимых экологических компетенций. Компетенция – круг вопросов, в которых данное лицо обладает знаниями, опытом (Энциклопедический словарь, 1963). Экологическая компетентность достигается в результате интеграции теоретических знаний и практических умений в процессе обучения и практической деятельности студента.

Базовые экологические компетенции предусматривают освоение основных экологических законов, определяющих существование и взаимодействие биологических систем разных уровней (организмов, популяций, биоценозов и экосистем). Развитие системного экологического мышления, заложение теоретических основ для практического решения экологических проблем современности, формирование представлений о функционировании многоуровневых систем в экологии, формирование экологического мировоззрения. Умение организовывать научно-исследовательские и научно-практические экспериментальные работы, проводить сравнительный анализ, решать экологические задачи и осуществлять расчеты экологических параметров, прогнозировать результаты своей профессиональной деятельности с учетом прямых и многочисленных косвенных последствий для биосферы.

Эколого-юридические компетенции должны базироваться на освоении основных правовых институтов отрасли экологического за-

конодательства, способствующих формированию у студентов правового мышления и культуры, а также на применении полученных теоретических знаний в процессе профессиональной деятельности. Освоение общепризнанных экологических понятий, навыков практического использования эколого-правовых средств, знание круга общественных отношений, её источников и возможностей эколого-правовых средств в правоохранительной деятельности. Знание нормативно-правовой основы экологического законодательства Российской Федерации и соответствующих субъектов Федерации и области его применения. Знание системы государственного контроля и управления в сфере охраны окружающей среды и обеспечения экологической безопасности. В область эколого-юридической компетенции входит способность специалиста принимать юридически грамотное обоснованное решение в своей практической деятельности, а также пропагандировать экологическое законодательство.

Эколого-экономические компетенции основываются на свободном владении методами и подходами к принятию решений, которые опираются на результаты глубокого эколого-экономического анализа возникающих проблем. Прогнозирование возможных эколого-экономических последствий принятых решений. Предусматривают рассмотрение эколого-экономических проблем, возникающих на различных этапах инвестиционного проектирования, строительства, функционирования и ликвидации промышленных объектов, а также экономических, правовых, нормативно-методических, организационных, информационных и экономико-математических аспектов и методов их решения. Приобретение студентами теоретических знаний и практических навыков, необходимых будущим специалистам для принятия экологически и экономически обоснованных решений. Освоение эколого-экономических компетенций позволит эффективно решать самые разнообразные задачи в сфере защиты

окружающей среды с применением методов эколого-экономического анализа, использованием современных экономических и правовых механизмов промышленного природопользования и эколого-экономических критериев развития и функционирования экономики конкретных регионов и страны.

Социально-экологические компетенции предусматривают получение студентами знаний об особенностях проявления фундаментальных экологических закономерностей во взаимоотношениях человечества и природы Земли. Усвоение студентами основных элементов экологической культуры, как значимой составляющей их будущей профессиональной деятельности. Формирование умений и навыков практического применения основных положений рационального природопользования.

Эколого-информационные компетенции определяются освоением и эффективным использованием совокупности программно-технологических средств, объединённых в технологическую цепочку, обеспечивающую сбор, хранение, обработку, вывод и распространение экологической информации, в частности, с использованием системы Интернет.

В пределах обозначенных компетенций ставится задача формирования экокультурной личности как широкой базы для развития профессиональных качеств специалиста, необходимых для решения общечеловеческих проблем. Реализация этой задачи требует системного подхода в обучающем процессе, основой которого является согласование профессионально-личностного взаимодействия усилий всех участников учебного процесса, раскрытия творческого потенциала как педагога, так и студента.

Программа по формированию экокультурной личности в поликультурном образовательном пространстве ориентирована на формирование личности будущего специалиста, осознающего природу как понятие не только биологического, но исторического, социального, экономического, гуманистического, общечеловеческого и нравственного плана. Она предусматривает подготовку специалистов, готовых в своей послевузовской профессиональной деятельности к выполнению общественно-государственных функций по реализации задач гармонизации отношений в системах: личность – природа, общество – природа, личность – общество – природа.

На смену антропоцентризму современного человека должен прийти биоцентризм – пе-

ремещение центра внимания с себя на живую природу, которая создаёт и поддерживает среду жизни человечества. Биоцентричность предусматривает развитие системного экологического мышления и понимание того, что только совокупность жизни на планете в целом обеспечивает и сохранение и прогресс человеческого общества. Это предполагает пересмотр общей стратегии формирования экологического образовательного пространства, обеспечивающего подготовку выпускников с личностно-профессиональными качествами экокультурной личности, а именно:

- включение экологической составляющей во все образовательные программы высшей школы. Экологическая составляющая должна базироваться на представлении о том, что человек является одновременно продуктом и творцом своей среды обитания, которая даёт ему физическую основу для жизни и обеспечивает интеллектуальное, моральное, общественное и духовное развитие. При таком подходе среда обитания рассматривается как совокупность физической среды (биосфера), экономической (особенности экономических условий существования людей), политико-государственной (политическая ситуация, особенности государственного строя), культурной, нравственной, идеологической и этнической сред;
- формирование экологического мировоззрения, формирование умений организации научно-исследовательских и научно-практических экспериментальных работ, умений проводить сравнительный анализ, решать экологические задачи и осуществлять расчеты экологических параметров. Прогнозировать результаты своей профессиональной деятельности с учётом прямых и многочисленных косвенных последствий для общества и природы;
- разработку и внедрение организационных подходов и методов деятельности в образовательное пространство вуза по формированию общепризнанных экологических понятий, навыков практического использования эколого-правовых средств. Знание круга общественных отношений, её источников и возможностей эколого-правовых средств в правоохранительной деятельности. Усвоение студентами ос-

новых элементов экологической культуры, как значимой составляющей их будущей профессиональной деятельности;

- использование инновационных подходов к построению дидактических моделей формирования экокультурной личности с учётом экологических особенностей региона и этнокультурных особенностей народов, населяющих регион;
- создание системы всеобщего, комплексного и непрерывного экологического воспитания и образования, охватывающей весь процесс вузовской профессиональной подготовки специалистов и последующего повышения их квалификации. Экологическая грамотность должна обеспечиваться овладением достаточного объёма экологических знаний, умений и навыков, необходимых для формирования экологической культуры студентов высших учебных заведений, независимо от их профиля.

Реализация программы по формированию экокультурной личности будет способствовать подготовке специалистов с новым экологическим мировоззрением и новыми принципами

взаимоотношения с природой, способного согласовывать свои действия с требованиями современных условий. Способствовать приобретению студентами теоретических знаний и практических навыков, необходимых будущим специалистам для принятия экологически обоснованных, экономически и юридически грамотных, социально и этически непротиворечивых управленческих решений. Такой подход позволит эффективно решать самые разнообразные задачи в сфере защиты окружающей среды. Будет способствовать повышению экологической культуры и экологической ответственности всех слоёв населения, окажет влияние на формирование этих свойств как у подрастающего поколения, так и у государственных служащих, от управленческих решений которых в значительной степени зависит состояние среды обитания человека. В конечном счёте это окажет влияние на стабильность экономической, политической и социальной обстановки страны и её регионов.

Литература

Энциклопедический словарь. Гл. ред. Б.А. Введенский, М.: Советская энциклопедия, 1963. Т.1. 656 с.

Экологические аспекты энергетического производства

Л.М. Куимова

ОАО «Территориальная генерирующая компания №5»

«Каждый имеет право на благоприятную окружающую среду, достоверную информацию о её состоянии и на возмещение ущерба, причинённого его здоровью или имуществу экологическим правонарушением». Конституция РФ, ст. 42.

Основополагающие права граждан РФ, отражённые в федеральном законодательстве, обеспечивают благополучие и жизнедеятельность человека. Они тесно связаны с экологическими правами – правами на жизнь и охрану здоровья. Центральное место в этой системе занимает конституционное право на благоприятную окружающую среду, которая способствует нормальному развитию человека, общества, государства.

В современной России наблюдается тенденция увеличения масштабов нарушения этого права. Не реализуются права: на компенсацию ущерба, нанесённого экологическими правонарушениями, на полную объективную, достоверную и своевременную экологическую

информацию; на непосредственное участие населения в принятии решений по вопросам, затрагивающих их интересы; на судебную защиту общественных интересов и прав граждан в сфере экологии.

В последние годы в электроэнергетике РФ происходят радикальные преобразования: формируется новая нормативно-правовая база, изменяется система государственного регулирования и структура отрасли, создаются новые компании. Необходимость этих перемен стала очевидной в конце прошлого столетия. Цель реформирования энергетической отрасли заключается в создании условий для обеспечения устойчивого функционирования и развития экономики и социальной сферы, повышения эф-

Фото предоставлено ОАО «ТГК-5»



Чебоксарская ТЭС-2

фективности производства и потребления электроэнергии, обеспечения надёжного и бесперебойного энергоснабжения потребителей.

ОАО «Территориальная генерирующая компания № 5» является крупной российской компанией, основной производственной деятельностью которой является производство электрической и тепловой энергии. Функционирование предприятий ТГК-5, как и любая антропогенная деятельность, может приводить к негативным изменениям в окружающей среде.

Сегодня компания обеспечивает электрической и тепловой энергией территорию площадью более 200 тыс. км² с населением более 5 млн. человек. Производимая ТГК-5 энергия создаёт предпосылки для роста валового регионального продукта обслуживаемых регионов: Республики Марий Эл, Чувашской и Удмуртской Республик, Кировской области. ТГК-5 является не только крупнейшим хозяйствующим субъектом четырех регионов, но и оказывает самое значительное и всестороннее влияние на их развитие.

Главная задача деятельности ТГК-5 – это повышение энергетической безопасности региона, надёжности энергоснабжения. Для решения этой задачи в ТГК-5 разработана и уже реализуется масштабная пятилетняя инвестиционная программа.

Инвестиционные проекты, включённые в программу, предполагают установку нового высокотехнологичного оборудования, которое не только более эффективно с точки зрения использования топлива, но и позволит значительно улучшить экологическую ситуацию в регионах производственной деятельности компании.

Так, одним из важнейших направлений инвестиционной программы является внедрение парогазовых технологий на трёх станциях ТГК-5: Кировской ТЭЦ-1, Кировской ТЭЦ-3, Ижевской ТЭЦ-1. Парогазовые установки позволят значительно увеличить эффективность сжигания природного газа, не увеличивая долю этого топлива в топливном балансе. Использование парогазовых установок вместо паросиловых позволяет уменьшить выбросы оксидов азота в 3-4 раза, кроме того уменьшаются выбросы парниковых газов.

Являясь крупным эмитентом парниковых газов, ТГК-5 понимает необходимость контроля за их выбросами.

ОАО РАО «ЕЭС России» – первая российская компания, которая начала системную работу по вопросам управления выбросами парниковых газов. Проведена работа по инвентаризации выбросов парниковых газов во всех дочерних компаниях, в том числе ТГК-5. Учреждён

Энергетический углеродный фонд (ЭУФ). В ЭУФ разработана организационно-финансовая схема привлечения углеродных инвестиций в рамках реализации механизмов Киотского протокола, ратифицированного в РФ 04.11.2004 г.

По инвестиционным проектам технического перевооружения, предполагающих введение парогазовых установок, ОАО «ТГК-5» заключило 3 договора с ЭУФ о подготовке предварительной информации. Итогом выполнения данных договоров является расчёт количества единиц сокращённых выбросов, оценка возможности и целесообразности их использования в финансировании инвестиционных проектов в рамках Киотского протокола. По результатам расчёта ЭУФ, в результате техперевооружения ТГК-5 произойдёт снижение выбросов парниковых газов в среднем на 1,5 млн. т за период с 2009 по 2012 гг.

Другим важнейшим направлением инвестиционной программы ТГК-5 является внедрение современных технологий сжигания твёрдого топлива.

На Кировской ТЭЦ-4 уже начаты работы по внедрению низкотемпературной технологии сжигания топлива. Коэффициент полезного действия котельного оборудования в результате увеличится на 10-12%, а выбросы твердых и газообразных загрязняющих веществ в атмосферу сократятся на 50-70%. Следует отметить, что новейшие технологии позволят, не только более эффективно использовать уголь и торф, но и увеличить долю этого вида топлива в топливном балансе без нанесения ущерба окружающей среде.

Успешное проведение работ по модернизации котельного оборудования станций позволит увеличить располагаемую электрическую мощность, обеспечит надёжность, энергетическую и экологическую безопасность регионов обслуживания ТГК-5, что является основой их жизнедеятельности.

При реализации мероприятий инвестиционной программы, направленных на модернизацию оборудования, повышение эффективности и надёжности его работы, в обязательном порядке решаются следующие вопросы по охране окружающей среды: повышение эффективности очистки дымовых газов от загрязняющих веществ на существующем оборудовании; снижение количества промышленных стоков и лучшая их очистка; использование очищенных сточных вод в производственном процессе; снижение потерь воды в процессе производства и, как следствие, уменьшение расхода воды на производство; использование золошлаковых отходов в строительстве.

От того, насколько эффективно ТГК-5 будет реализовывать стратегические инвестиционные

проекты, зависит как энергетическая, так и экологическая безопасность, а значит, и экономическое развитие регионов, на территории которых компания осуществляет свою деятельность.

Для обеспечения эффективной природоохранной деятельности и экологической безопасности компания реализует научно обоснованную, экономически и социально сбалансированную экологическую политику. Она основана на Концепции реализации экологической политики ОАО РАО «ЕЭС России». Она направлена на охрану здоровья персонала и населения, охрану окружающей среды в регионах деятельности ТГК-5, восстановлению загрязненных территорий, рациональное использование природных ресурсов.

Экологическая политика относится к одному из высших приоритетов стратегического видения компании и рассматривается её руководством в качестве одного из главных условий сохранения авторитета ТГК-5 как компании высокой экологической ответственности.

Главной целью экологической политики, реализуемой ТГК-5, является создание условий, при которых наиболее эффективно обеспечивается сохранение природных систем, поддержание их целостности и жизнеобеспечивающих функций для устойчивого развития гражданского общества, повышение качества жизни, улучшение здоровья населения и демографической ситуации, обеспечения экологической безопасности.

Для достижения продекларированных в Экологической политике ОАО РАО «ЕЭС России» задач компания предпринимает серьёзные усилия по снижению воздействия на окружающую среду технологического оборудования посредством повышения его надёжности, эффективности использования; внедрению технических средств и технологий, обеспечивающих постоянное повышение уровня экологической безопасности; разработке и внедрению малоотходных технологий; эффективному использованию энергетических ресурсов; предупреждению и готовности к ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций; контролю соблюдения требований экологической безопасности, осуществлению систематического экологического мониторинга на предприятиях компании; открытости информации о природоохранной деятельности компании, повышения эффективности работы специалистов и руководства компании с общественностью.

В 2006 году в ТГК-5 успешно проведены следующие мероприятия: рекультивация одно-

го из золоотвалов Кировской ТЭЦ-3 – в хозяйственный оборот Кировской области возвращён участок земли площадью 43,4 га; установка аппаратуры учета сточных вод на Кировской ТЭЦ-4; устройство скважин наблюдения за уровнем и качеством грунтовых вод на золоотвале Кировской ТЭЦ-5; капитальный ремонт электрофильтров котла № 4 на Ижевской ТЭЦ-2 – эффективность очистки дымовых газов от взвешенных веществ увеличилась с 93 до 95%; озеленение санитарно-защитной зоны Чебоксарской ТЭЦ-2.

Всего за 2006 год затраты на природоохранные мероприятия составили 64,2 млн. руб.

В 2007 году проведена оценка воздействия на окружающую среду (ОВОС) по предварительному ТЭО «Реконструкция Кировских ТЭЦ-1, ТЭЦ-3 с применением современных ПГУ-технологий»; ОВОС по предварительному ТЭО «Реконструкция Ижевской ТЭЦ-1, Сарапульской ТЭЦ с применением современных ПГУ-технологий».

ТГК-5 считает своей важнейшей задачей поддерживать и расширять уровень осведомлённости населения о том, какое воздействие оказывает деятельность компании на здоровье персонала, населения и окружающую среду.

В июле 2007 г. на общественные слушания был представлен первый отчёт ТГК-5 в области социальной ответственности и корпоративной устойчивости. В отчёте представлена комплексная информация о результатах технической, экономической, природоохранной и социальной деятельности компании.

До конца 2007 года запланированы общественные обсуждения проектов инвестиционной программы по реконструкции Кировской ТЭЦ-1, Кировской ТЭЦ-3, Ижевской ТЭЦ-1 с внедрением парогазовых технологий.

Компания готова на открытое обсуждение стратегии своего дальнейшего развития с учетом всех аспектов: социального, экономического и экологического, а также намерена поддерживать деловое сотрудничество с международными, правительственными и неправительственными организациями, научными учреждениями, эффективно работающими в области охраны окружающей среды и обеспечения экологической безопасности.

Литература

1. Открытое акционерное общество «Территориальная генерирующая компания №5» (Отчёт о социальной ответственности и корпоративной устойчивости за 2005–2006 годы). Киров.: Дом печати – «Вятка», 2007. 139 с.

XIII Международная конференция «Экологическое образование в интересах устойчивого развития: опыт и перспективы»

27-28 июня 2007 г. в Москве по инициативе Российского Зелёного Креста состоялась XIII Международная конференция «Экологическое образование в интересах устойчивого развития: опыт и перспективы», посвященная 90-летию со дня рождения академика Н.Н. Моисеева.

В конференции приняли участие около 120 человек из 28 регионов России, Беларуси и Швейцарии – представители государственных, общественных и научных организаций, природоохранных служб, средств массовой информации, специалисты в области экологического образования, воспитания и просвещения, преподаватели вузов, методисты, учителя и другие заинтересованные лица.

Конференция проходила в залах Российской государственной библиотеки.

Проведены 3 пленарных заседания, 2 секции и круглый стол.

Открыл конференцию президент Российского Зелёного Креста, доктор технических наук, профессор **С.И. Барановский**. В приветствии к участникам конференции он отметил, что Российский Зелёный Крест проводит свою конференцию в знаменательный год. 23 августа исполнилось бы 90 лет Никите Николаевичу Моисееву – выдающемуся учёному и мыслителю, первому президенту нашей организации. Никита Николаевич был инициатором проведения Международных конференций по экологическому образованию, задумав их как способ объединения педагогов, экологов, представителей неправительственных экологических организаций и государственных органов на пути сохранения природы и устойчивого развития России.

Первая конференция прошла в Москве на Воровьёвых Горах в апреле 1995 года, за два месяца до Первого всероссийского съезда по охране природы, и была нацелена на выработку конструктивных предложений по решению проблем экологического образования, рекомендаций для съезда и Правительства, а также на поиск способа более эффективного использования уже накопленного опыта.

Первая конференция была посвящена экологическому образованию детей. Все последующие, по задумке Никиты Николаевича, должны были выстроить целостную систему, охватывающую все звенья классического образования – от школы до

университета, и далее затронуть сферу подготовки специалистов и просвещение населения. Фактически в то время речь шла о развитии экологического всеобуча в нашей стране.

Никита Николаевич делал акцент на том, что концепция экологического образования и воспитания должна опираться на научный анализ реальности и некоторые общие положения философского характера. Сегодня они формируются как результат обширных исследований специалистов разного профиля.

Важнейшая мысль, которую Н.Н. Моисеев внедрял в общественное сознание, заключается в том, что преодоление экологического кризиса только техническими средствами невозможно. Тем более, невозможно поддержание состояния равновесия, если общество не будет преобразовывать самое себя, свою нравственность, менталитет, а будет опираться только на технические решения. Поэтому так необходимо глубокое понимание места человека в окружающем мире, без чего невозможно формирование нового общественно необходимого поведения людей.

«Только по-настоящему образованное и интеллигентное общество будет способно вступить в эпоху ноосферы или в период своей истории, когда оно сможет реализовать режим коэволюции природы и общества». Это утверждение Н.Н. Моисеева столь очевидно, что оно должно быть включено в исходную систему постулатов для современного экологического образования. «Человечеству предстоит создать новую культуру во взаимоотношениях как между людьми, так и с природой, субъектом которой является человек. В её основе должно лежать всеобъемлющее воспитание и образование, которое естественно назвать экологическим».

В своей известной работе «Историческое развитие и экологическое образование» (1995) Никита Николаевич предложил своё видение системы экологического воспитания и образования в стране, и каждая конференция, проводимая Зелёным Крестом, не только отражала элементы этой системы, но и расширяла её границы.

В период с 1995-й по 2006 г. проведено 12 конференций:

– Экологическое образование для детей (1995);

- Экологическое образование между школой и университетом (1996);
- Экологическое образование в университетах (1997);
- Экологическое образование и просвещение населения (1998);
- Роль общественных организаций в экологическом образовании (1999);
- Стратегия экологического образования и воспитания в XXI веке (2000);
- Детское и молодежное экологическое движение (2001);
- Экологическое образование: на пороге РИО + 10 (2002);
- Региональная образовательная политика для устойчивого будущего (2003);
- Наследие холодной войны: экологические проблемы и просвещение населения (2004);
- На пути к устойчивому будущему: проблемы экологического просвещения и образования (2005);
- Устойчивый мир: на пути к экологически безопасному гражданскому обществу (2006).

Тематика и содержание докладов Международных конференций акцентировали внимание общественности, педагогов, экологов и др. специалистов на вопросах гармонизации взаимодействия общества и природы, проблемах рационального природопользования, сохранения биоразнообразия, экологического просвещения населения, развития международного сотрудничества в этих областях. Актуальными были вопросы повышения качества жизни людей, и, прежде всего, сохранения и укрепления здоровья.

Начиная с 2004 г., Зелёный Крест проводил международные конференции, посвящённые вопросам становления гражданского общества, и, в первую очередь, местного сообщества; правовым, социально-медицинским и образовательным аспектам работы с населением; экологическим проблемам разоружения; устойчивому развитию территорий.

В заключение С.И. Барановский отметил, что информация и опыт, полученные участниками конференций, помогают на местах выработать стратегию сотрудничества общественности с властными структурами, с деловыми кругами, с теми, кто выступает и способствует созданию экологически безопасных условий проживания, предложить конструктивный подход к решению экологических проблем и практические шаги в этом направлении. Важным компонентом конференций является его международная часть, в задачу которой входит обмен идеями и распространение уникального опыта стран в области экологического просвещения, укрепления приоритета экологической этики в человеческом обществе, сохранения природного и культурного наследия, реализации принципов устойчивого развития.

С докладами на пленарных заседаниях выступили видные учёные, профессора Г.А. Ягодин (председатель Московской Ассоциации экологического образования), Н.М. Мамедов (Московский государственный институт делового администрирования), Д.Н. Кавтарадзе (Московский государственный университет), С.В. Алексеев (Ассоциация постдипломного педагогического образования, Санкт-Петербург), В.М. Назаренко (Российский Зелёный Крест, МПГУ), Т.Я. Ашихмина (Вятский государственный гуманитарный университет, г. Киров), Е.В. Никонорова (директор по научной и издательской деятельности Российской государственной библиотеки), доцент Л.В. Попова (Московский государственный университет).

На конференции работали две секции:

Секция 1. Пути создания системы ОУР с учётом сложившейся практики экологического образования.

Секция 2. Качество окружающей среды и здоровье населения: социальный, медицинский и образовательный аспекты.

Ключевыми вопросами на конференции стали:

- новое качество образования в условиях модернизации образовательной системы в России;
- базовые категории образования для устойчивого развития (ОУР) в оценке качества образовательных систем;
- показатели эффективности образования в интересах устойчивого развития;
- соотношение экологического образования и образования для устойчивого развития в современных условиях;
- экологическое образование как решение проблемы социальных заболеваний и социального неблагополучия детей из детских домов;
- эффективные методы воспитания экологической культуры, особенности организации школьного экологического мониторинга, экспедиционной и эколого-краеведческой работы;
- образовательные инициативы и эффективные модели эколого-просветительской работы для различных возрастных и социальных групп в регионах;
- новые технологии в решении экологических проблем (экологическое земледелие, водородная энергетика и др.).

Большую дискуссию вызвали такие вопросы, как здоровье детского населения страны, здоровьесберегающие технологии обучения, нормативно-правовое регулирование содержания образования в области экологии, здоровья и безопасности жизни, образовательный компонент социально-медицинских программ для населения.

Заинтересованно шло обсуждение за круглым столом темы **«Роль библиотечных информационных и коммуникационных технологий в развитии экологического образования в интересах устойчивого развития».**

В работе круглого стола приняли участие 16 организаций, в числе которых представители аппарата Правительства России, РАН, РАЕН, РЭА, Российской академии государственной службы при Президенте РФ, высших учебных заведений, библиотек федерального, регионального и университетского уровня.

На обсуждение были вынесены следующие вопросы:

- проблемы экологического образования в интересах устойчивого развития, актуальность и необходимость активной работы по экологическому образованию и просвещению, популяризации и разъяснению идей устойчивого развития в обществе, включая не только среднее, профессионально-техническое и вузовское образование, но и профессиональную переподготовку работников сферы управления, образования и библиотечной;
- роль СМИ как фактора формирования экологической культуры;
- роль библиотек и личного вклада преподавателей в качество профессионального экологического образования;
- опыт библиотек по информационному обеспечению научных исследований, научных и организационных мероприятий, в том числе опыт Парламентской библиотеки при подготовке информационных материалов к парламентским слушаниям;
- использование новых технологий в работе библиотек с экологической информацией, в том числе электронных каталогов;
- формы и методы обслуживания читателей по запросам экологической тематики и связанные с этим проблемы;
- особенности работы с интернет-ресурсами в практике деятельности библиотек, в том числе библиографической.

Корпорация «Грин-ПИКЪ» организовала во время проведения конференции выставку своей продукции (органические удобрения нового поколения) и консультацию по экологическому земледелию.

Участники конференции отметили, что Российский Зелёный Крест остается ведущей и единственной неправительственной экологической организацией, которая в течение 13 лет последовательно проводит ежегодные международные конференции по проблемам экологического образования и просвещения населения, объединяя единомышленников не только из России, но и стран ближнего и дальнего зарубежья. Для многих специалистов конференции РЭК – это единственная воз-

можность приобрести новые и укрепить прежние контакты, получить информацию «из первых рук», обменяться опытом, переосмыслить многие аспекты собственной профессиональной деятельности.

Участники конференции пришли к следующим заключениям:

- экологическое образование должно не просто проникнуть в структуру образования, а стать одним из важнейших её оснований;
- экологическое образование, оставаясь востребованным, обеспечивает не только естественнонаучный фундамент понимания экологических проблем и ключевых идей устойчивого развития, но и сохраняет приоритет в становлении экологической культуры в обществе;
- в осуществляемой сегодня модернизации образования должна быть переосмыслена и оценена роль естественнонаучного образования, способного внести в массовое сознание людей идею ответственности человека за качество окружающей среды и тем самым за здоровье людей и существование других форм жизни;
- за последнее десятилетие в России появилось множество дееспособных общественных экологических организаций, которые постепенно находят своё место в системе решения экологических проблем. Основная задача этих объединений – оказание помощи населению в выявлении и решении экологических проблем, связь с органами исполнительной власти и СМИ, взаимодействие между ветвями власти;
- вопросы экологии и здоровья остаются важнейшими для выработки стратегии и тактики действий по выживанию населения России в современных экологических и социально-экономических условиях. Практическая работа на местах ведётся в различных направлениях: эколого-образовательные программы для детей и подростков (лагеря, кружки, экспедиции, полевые практики и др.), психологическая реабилитация детей и родителей (в Центрах реабилитации, в лагерях, школах, детских садах), клубы здоровья для населения, профилактические кабинеты и многое другое;
- информацию следует рассматривать как важнейшую составляющую устойчивого развития, обеспечивающую ускорение общественных процессов. Потребность общества в библиографической информации очень велика и по мере формирования общества знаний будет возрастать;
- деятельность библиотек в условиях электронной среды претерпела значительные изменения. Библиотеки не только решают вопросы, связанные с комплектованием, хранением и обеспечением доступа к электронным ресурсам, но и

сами активно генерируют такие ресурсы, выкладывая информацию на своих сайтах, выпуская продукцию на дисках, создавая электронные версии печатной продукции. Об этом свидетельствуют материалы Всероссийского смотра-конкурса работы библиотек по экологическому просвещению населения, особенно его четвертого этапа (2005–2006 гг.) и идентичных библиотечных мероприятий в других странах, например, в Республике Беларусь и Украине;

– на современном этапе все шире становится участие библиотек в федеральных и региональных мероприятиях экологической тематики, кроме того, они сами часто выступают инициаторами и организаторами таких мероприятий.

Наряду с положительными примерами, участники конференции отметили ряд **проблем**.

В области образования:

– отсутствие государственной политики в области экологического образования и образования для устойчивого развития;

– отсутствие в педагогическом сообществе единого понятийного поля в области образования для устойчивого развития;

– отсутствие законодательной и нормативно-правовой базы ОУР;

– отсутствие единых индикаторов и критериев эффективности ОУР;

– отсутствие в стране института подготовки кадров в области экологии и ОУР для системы образования;

– недостаточная степень координации усилий специалистов, занимающихся вопросами ОУР на разных уровнях системы образования;

– снижение интереса к экологическому образованию из-за недостаточной финансовой или иной поддержки со стороны органов образования;

– существенное сокращение учебного времени на естественнонаучные дисциплины в новом базисном учебном плане;

– отказ от непрерывного экологического образования на федеральном уровне из-за практически полного переноса этого направления на региональный уровень;

– нецелевое использование на местах регионального и школьного компонентов образования – замещение изучения дисциплин экологического профиля «натаскиванием» на ЕГЭ (единый государственный экзамен).

В области охраны здоровья населения:

– несоответствие современной системы охраны здоровья ожиданиям населения;

– сохранение опасной тенденции резкого снижения уровня здоровья школьников (70% учащихся имеют отклонения в физическом и психическом здоровье);

– высокая (по сравнению с экономически развитыми странами) детская и материнская смертность, а также смертность в трудоспособном возрасте; как следствие этого, отставание более чем на 10 лет от экономически развитых стран по показателю средней ожидаемой продолжительности жизни;

– ухудшение состояния здоровья населения вследствие снижения уровня жизни и загрязнения окружающей среды, занятости на производствах с негативными для здоровья условиями труда;

– отсутствие системы просвещения населения в области сохранения здоровья и здорового образа жизни.

В области использования современных информационных технологий:

– отсутствие единообразия представления информации, относящейся к выходным данным части электронных документов и почти всех электронных ресурсов Сети;

– отсутствие краткости в библиографическом описании библиографических списков электронных документов, в том числе web-ресурсов.

Конференция сочла необходимым:

– обратиться к министру образования и министру природных ресурсов с просьбой сохранить или образовать вновь административные структуры, ответственные за экологическое образование и просвещение в нашей стране (возможно, в новой формулировке – образование для устойчивого развития), и назначить для этих целей конкретных исполнителей;

– сохранить принятый педагогическим сообществом курс на создание в стране системы образования в интересах устойчивого развития (в соответствии с Экологической доктриной РФ, 2002 г.), используя лучшую практику экологического образования;

– инициировать в регионах разработку и широкое обсуждение ключевых критериев, предъявляемых к качеству образования на разных ступенях образования (доузовского, вузовского и постдипломного), а также индикаторов, которые могут быть использованы при проведении комплексной оценки качества образовательных систем (социальные, экономические, педагогические показатели);

– создать рабочую группу из числа ведущих специалистов в области экологического образования для разработки системы оценки эффективности образования в интересах устойчивого развития;

– поддержать идею о внедрении в средние общеобразовательные школы города Москвы учебного курса «Экология Москвы и устойчивое развитие», создав прецедент для создания подобных курсов в регионах;

– рекомендовать органам управления образования субъектов РФ активизировать работу по созданию банка педагогических технологий для образования в интересах устойчивого развития, обобщению практического опыта учителей и преподавателей, организовать его широкое распространение. Особое внимание уделить социально-экологической практике, реализуемой через проектную деятельность и разнообразные экологические практикумы и экспедиции;

– предложить Российскому Зелёному Кресту взять на себя функцию ресурсного центра экологического образования и образования для устойчивого развития. В течение 2007–2008 гг. провести инвентаризацию приоритетных направлений национально-регионального компонента школьного экологического образования с целью создания в будущем эколого-региональной образовательной карты России. Использовать сайт РЭК для размещения на нём объединенных образовательных ресурсов;

– предложить заинтересованным лицам и организациям в регионах использовать опыт РЭК в области экологического образования, улучшения состояния здоровья и социального благополучия детей, подростков и молодых родителей, вынужденных проживать на загрязнённых и потенциально опасных территориях (программа СоцМед);

– организовать в регионах общественный и профессиональный контроль состояния здоровья детей, улучшение медицинского обслуживания детей; способствовать развитию образовательных программ по здоровому образу жизни, семейному здоровью, оказанию детям и семьям психологической поддержки. Объединить усилия родителей, врачей, учителей, психологов, юристов по социальной и правовой защите детей и семьи в целом;

– предусмотреть в развитии местного самоуправления в регионах механизмы взаимодействия различных ведомств при решении экологических и социально-экономических проблем с опорой на экологическое просвещение и социальные инициативы населения;

– объединить электронные ресурсы библиотек по экологии, экологическому образованию и устойчивому развитию в сводный электронный ресурс;

– создать на базе Российской государственной библиотеки, как самого крупного фондодержателя, Информационно-методический центр экологической информации в интересах устойчивого развития с целью координации работ по созданию такого ресурса на всероссийском уровне и методического сопровождения;

– организовать на базе Российской государственной библиотеки рабочую группу для разра-

ботки принципов организации сводного электронного ресурса и межведомственной координации.

К началу каждой конференции Зелёный Крест выпускает сборник тезисов и докладов, который, по сути, играет роль организационно-методического руководства для организаторов экологического образования.

Подобные конференции вносят неоценимый вклад в развитие экологического образования и просвещения населения. Прежде всего, они позволяют участникам понять, какие специальные мероприятия по его поддержке необходимо разрабатывать (например, международные и национальные целевые программы), каковы должны быть общие подходы и стратегии в деятельности правительств и различных организаций, какова роль каждого участника этого процесса во внутренней и внешней политике.

Международные конференции по экологическому образованию позволяют регулярно обобщать и распространять уникальный опыт стран-участниц среди педагогов и администраторов системы образования и просвещения, шире привлекать научные и деловые круги, государственные и неправительственные структуры, общественные и политические движения к обсуждению экологических проблем, выработке и реализации компетентных решений по всем вопросам жизнедеятельности, осуществлять совместные образовательные и иные проекты в области охраны окружающей природной среды и устойчивого развития с учетом национальных интересов.

В ходе конференций устанавливаются важные контакты, возникают новые идеи, обсуждаются конкретные предложения. Общение участников конференций – носителей разных культур, способствует «наведению» мостов между полярными взглядами, достижению понимания по вопросам терминологии, созданию культуры толерантности и демократичности, развитию законодательной базы, выработке новой системы ценностей.

Международные конференции по экологическому образованию – это уникальная возможность собрать и объединить различных специалистов, лучших представителей местных сообществ, для конструктивного глобального диалога, установления партнерских отношений, организации совместных научных исследований и экологических практик, создания центров и групп исследования проблем устойчивого развития как в общецивилизационном плане, так и применительно к отдельно взятой стране и, в частности, к России.

Актуальность и востребованность темы настоящей конференции обусловлена потребностями общества в новых механизмах распространения идей ус-

тойчивого развития, принятого мировым сообществом, через университеты образования. И в этом контексте задачей просвещения в интересах устойчивого развития является ориентация общества на развитие «гражданской демократии».

Основной целью конференции является рассмотрение возможной стратегии по реализации образования в интересах устойчивого развития «снизу-вверх» через систему формального и неформального просвещения всех слоев населения, которое позволит ускорить «вхождение» граждан в проблематику устойчивого развития.

Соучредителями конференции выступили Международный Зелёный Крест, Швейцарский Зелёный Крест, Российский Экологический Кон-

гресс, Российская государственная библиотека, Библиотечная Ассамблея Евразии, партия «Справедливая Россия», ОАО «Грин-ПИКЪ».

Информационная поддержка была представлена журналами «ЭКОС», «Свет» («Природа и человек») и газетами: «Дыхание Земли» (г. Ульяновск), «Луч» (приложение к газете «Пермские новости»), «Природно-ресурсные ведомости» (Москва).

В.М. Назаренко

Российский Зелёный Крест,
Московский педагогический
государственный университет

I Международное совещание по сохранению лесных генетических ресурсов в Сибири

30 июля - 4 августа 2007 года в г. Барнауле по инициативе Института леса им. В.Н. Сукачёва Сибирского отделения РАН и его Западно-Сибирского филиала, Техасского Аграрно-инженерного университета (США), при финансовой поддержке Управления лесами Алтайского края, ООО «Алтай-форест», КГУ «Озёрский лесхоз», КГУ «Кулундинский лесхоз», Министерства природных ресурсов республики Алтай состоялось 1-е международное совещание по сохранению лесных генетических ресурсов в Сибири, посвящённое памяти выдающихся лесных генетиков и селекционеров Ю.П. Алтухова, С.А. Мамаева, G. Namkoong, Т.П. Некрасовой, Л.Ф. Правдина, Л.Ф. Семерикова, Н.В. Старовой.

В совещании приняли участие 87 учёных из России, США, Италии, Болгарии, Словакии, Беларуси. Было заслушано 42 пленарных и 29 секционных докладов по следующим направлениям: 1) изучение и сохранение лесных генетических ресурсов традиционными методами; 2) изучение и сохранение лесных генетических ресурсов с использованием молекулярно-генетических и биотехнологических методов; 3) генетические основы лесной селекции; 4) изучение объектов единого генетико-селекционного комплекса, лесная селекция; 5) памяти выдающихся лесных генетиков и селекционеров.

Известно, что острой проблемой современности является сохранение биологического разнообразия лесов, в том числе их генетического потенциала. Сплошнолесосечные рубки, гибель насаждений в результате

пожаров, болезней, ветровала, загрязнения окружающей среды, а также применение индивидуального отбора в селекции приводят к сокращению эффективной численности особей в популяциях лесных древесных растений. Поэтому наблюдается постоянное снижение генетического разнообразия лесов. Поколения леса, возникшие естественным или искусственным путем от материнских насаждений с обедненным генофондом, будут генетически менее разнообразными, а следовательно, менее продуктивными, менее устойчивыми к неблагоприятным экологическим факторам. Известно, что успешность решения проблемы сохранения лесных генетических ресурсов во многом определяется уровнем научной разработанности проблемы популяционной структуры видов древесных растений.

В связи с этим актуальность совещания обусловлена недостаточной изученностью генетической популяционной структуры лесообразующих видов в северо-азиатской части их ареалов, биосферной ролью сибирских лесов в глобальной регуляции климата, большим значением объектов единого генетико-селекционного комплекса (ЕГСК) в сохранении и изучении генетического потенциала популяций хвойных растений, а также необходимостью синтеза традиционных и новейших молекулярно-генетических подходов для интенсификации процесса генетико-селекционного улучшения лесов.

С докладами на пленарных заседаниях по проблеме изучения и сохранения лесных генетических ресурсов традиционными методами выступили: академик РАН И.Ю. Коропачинский (Центральный сибирский ботанический сад СО РАН, Новосибирск),

профессор И. Турок (Биоверсити Интернэшл, Европейский офис, Рим, Италия), А.И. Ирошников (НИИ лесной генетики и селекции, Воронеж), А.И. Видякин (Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, Киров), А.Х. Александров (Институт леса Болгарской Академии наук, София, Болгария), Е.П. Кашкаров (Алтайский государственный университет), С.Г. Князева (Институт леса СО РАН, Красноярск), Х.И. Цаков (Институт леса Болгарской Академии наук, София, Болгария), П.П. Попов (Институт проблем освоения Севера СО РАН, Тюмень).

Эти доклады были посвящены проблемам охраны видов дендрофлоры Сибири, лесных генетических ресурсов в международном контексте сохранения генофонда основных лесообразующих видов России, феноетики, популяционно-хорологической структуры видов, внутривидовой систематики. основополагающий вывод этих выступлений заключается в том, что для успешного решения проблемы сохранения лесных генетических ресурсов необходимо дальнейшее изучение внутривидовой изменчивости и популяционно-хорологической структуры главных лесообразующих пород Европы и Азии. Подчеркивается, что традиционный метод сравнительно-морфологического анализа для таких исследований достаточно прост, доступен каждому исследователю и в то же время вполне информативен.

По проблеме изучения и сохранения лесных генетических ресурсов с использованием молекулярно-генетических и биотехнологических методов на пленарном заседании выступили: К.В. Крутовский (Техасский агро-инженерный университет, г. Колледж Стейшн, США), Д.В. Политов (Институт общей генетики им. Н.И. Вавилова РАН, Москва), А.Я. Ларионова (Институт леса им. В.Н. Сукачёва СО РАН, Красноярск), С.Н. Горюшков (Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, Томск), Л.Пауле (Технический университет, лесной факультет, Зволен, Словакия), В.Л. Семерилов (Институт экологии растений и животных УрО РАН, Екатеринбург), С.Н. Санников (Ботанический сад УрО РАН, Екатеринбург) и другие.

В докладах этих авторов обсуждаются методические аспекты и результаты исследований популяций основных лесообразующих пород с использованием молекулярно-генетических маркеров, включая аллозимы, хлоропластную, митохондриальную и ядерную ДНК. Отмечается, что данные методы исследований очень информативны при изучении популяционно-хорологической структуры, внутривидовой изменчивости и систематики основных лесообразующих видов. Например, В.Л. Семерилов на основании использования данных методов исследований впервые ге-

нетически подтвердил существование западной расы сибирской лиственницы – лиственницы Сукачёва (*L. sukaczewii*), а также интрогрессивной гибридизации между лиственницами Дальнего Востока и Восточной Сибири. Он установил, что подобно многим ветроопыляемым видам растений, имеющим большие размеры популяций и протяженные ареалы, лиственницы характеризуются значительной внутривидовой изменчивостью и невысокой долей межпопуляционного внутривидового разнообразия по ядерным генетическим маркерам. По цитоплазматическим же маркерам внутривидовая изменчивость может быть снижена, а доля межпопуляционного разнообразия увеличена, по сравнению с ядерными маркерами.

Общий вывод, который можно сделать по этой группе докладов заключается в том, что молекулярно-генетические методы исследований очень перспективны при изучении внутривидовой изменчивости, в таксономии и систематике. Результаты этих исследований имеют важное значение для разработки программ по сохранению генетического разнообразия лесообразующих видов.

По проблеме генетических основ лесной селекции пленарные доклады сделали: В.А. Драгавцев (Агрофизический институт РАСХН, Санкт-Петербург), Л.И. Милютин (Институт леса им. В.Н. Сукачёва СО РАН, Красноярск), Ю.Н. Исаков (ФГУП «НИИ лесной генетики и селекции», Воронеж), В.В. Тараканов (Западно-Сибирский филиал ИЛ СО РАН, Новосибирск), В.М. Ефимов (Институт систематики и экологии животных СО РАН, Новосибирск) и другие. В докладах этих авторов нашли отражение вопросы идентификации генотипов древесных растений по их фенотипам, использования генетических параметров в селекции сосны обыкновенной, генетической стратегии адаптации и перспективы отбора сосны на интенсивность роста в оптимальных условиях среды, идентификации высоко наследуемых признаков-компонент в популяции сосны обыкновенной.

По вопросам изучения объектов единого генетико-селекционного комплекса и лесной селекции с пленарными докладами выступили Е.В. Титов (Воронежская государственная лесотехническая академия, Воронеж), Т.П. Орехова (Биолого-почвенный институт ДВО РАН, Владивосток), Н.А. Кузьмина (Институт леса им. В.Н. Сукачёва СО РАН, Красноярск), Н.В. Рощупкина (филиал ФГУ «Рослесозащита», «ЦЗЛ Алтайского края»), Ю.Н. Ильичев (Западно-Сибирский филиал ИЛ СО РАН), Л.К. Трубина (Сибирская государственная геодезическая академия).

Данные доклады были посвящены проблемам создания кедровых садов на генетико-селекцион-

ной основе, семеноведения и селекции лесообразующих хвойных пород Приморского края, селекции сосны обыкновенной в географических культурах таежной зоны Средней Сибири, создания объектов единого генетико-селекционного комплекса (ЕГСК) Алтайского края, использования генетически улучшенного посадочного материала при облесении вырубок в горельниках Приобских боров, а также перспективам применения цифровых фотogramметрических технологий для изучения объектов ЕГСК хвойных лесообразующих видов.

Участникам совещания показали объекты постоянной лесосеменной базы и ЕГСК сосны в Озёрском и Ларичихинском лесхозах Алтайского края: лесосеменную плантацию, архивы клонов, коллекционно-маточные участки, испытательные культуры плюсовых деревьев, постоянные лесосеменные участки, питомник сосны обыкновенной и лиственницы сибирской, теплицы. При создании лесных культур сосны Алтайское управление лесного хозяйства использует только улучшенные семена, получаемые с лесосеменных плантаций первого порядка.

В резолюции Совещания отмечается, что усилиями Российских и зарубежных ученых в Сибири проведена большая работа по изучению и сохранению лесных генетических ресурсов. Продолжены исследования пространственной популяционной структуры, генетической дифференциации и интрогрессивной гибридизации хвойных лесообразующих видов (*Pinus*, *Larix*, *Picea*, *Abies*). Обобщена информация по географической изменчивости и наследуемости адаптивных и хозяйственно-ценных признаков *P. sylvestris* L., *P. sibirica* Du Tour, *Larix* sp. Разработаны новые подходы к сохранению генофонда при лесовосстановлении. Обсуждены перспективы применения молекулярно-генетических и биотехнологических методов для целей сохранения и рационального использования генофонда лесообразователей бореальной зоны. Наряду с этим, выявлен ряд негативных явлений, которые приводят к эрозии генофонда популяций основных лесообразующих видов и препятствуют решению задачи сохранения лесных генетических ресурсов в Азиатской части России, блокируя выполнение резолюций международных конвенций по биоразнообразию и сокращению выбросов CO₂ в атмосферу. К ним относятся: массовая утрата ценных природных и экспериментальных объектов; уничтожение ценной части генофонда популяций основных лесообразующих видов в ходе рубок ухода, повсеместно превратившихся в приисковые рубки; прекращение работ по созданию объектов ЕГСК и выделению лесных генетических резерватов; необоснованно низкий уровень финансирования

большинства селекционно-семеноводческих центров, научных и научно-производственных организаций; прекращение координации работ по генетике, селекции, семеноводству и интродукции древесных растений.

Участниками совещания принято решение обратиться в Правительство России, органы управления лесным хозяйством и Государственную Думу со следующими предложениями: обеспечить широкое обсуждение и разработку новой редакции национальной программы по изучению, сохранению и рациональному использованию лесных генетических ресурсов России с учетом последних международных документов и научных достижений в области сохранения биоразнообразия, утвердить ее на уровне Правительства РФ; специальным постановлением Правительства РФ выделить финансирование, необходимое для выполнения этой программы; создать независимый экспертный совет из ведущих российских и зарубежных ученых для контроля за выполнением проекта и распределением финансирования на грантовой конкурентной основе; обеспечить правовую защиту интеллектуальной собственности на объекты ЕГСК институтов и авторов, осуществлявших разработку и научное сопровождение программ по сохранению генофонда и селекции основных лесообразующих видов; ускорить утверждение разработанного ещё в 1990-х годах «Положения о выделении и сохранении генофонда основных лесообразующих видов России», незамедлительно придать статус особо охраняемых территорий лесным генетическим резерватам, плюсовым насаждениям, географическим культурам, а также всем остальным объектам ЕГСК основных лесообразующих видов. Продолжить работы по выделению лесных генетических резерватов; в связи с поручением Правительства РФ о выполнении фундаментальных программ РАН «Биоразнообразие и динамика генофондов» и «Биоресурсы России: Фундаментальные основы рационального использования» немедленно восстановить статус единственного отраслевого института по лесной генетике в РФ – государственного учреждения «НИИЛГиС», в том числе рассмотреть вопрос о целесообразности его дополнительного подчинения РАН с целью повышения эффективности исследований в рамках Национальной программы по генетическим ресурсам растений РФ; специальным постановлением восстановить Совет по лесной генетике, селекции, семеноводству и интродукции, и повысить его роль, включив в его состав как видных российских, так и зарубежных ученых; создать его региональные подразделения в азиатской части России. Поручить Совету контроль за выполнением решений данной резолюции;

возродить институт кураторства по лесной селекции и семеноводству с целью научного сопровождения программ по сохранению и рациональному использованию лесных генетических ресурсов России; обеспечить регулярное проведение целевых методических семинаров и конференций, в том числе молодых ученых, по вопросам лесной генетики и селекции; создать единый федеральный банк данных по объектам ЕГСК России; с целью интеграции методов сохранения и рационального использования лесных генетических ресурсов разработать новые правила рубок главного пользования, рубок ухода, в том числе рубок «ухода за плодоношением», ужесточив ответственность за несоблюдение мер по сохранению генофонда; организовать широкомасштабные исследования популяционной структуры лесообразующих видов в России, создающие основу для сохранения генофондов, лесосеменного районирования, генетической паспортизации и сертификации объектов ЕГСК; с учётом роли архивно-маточных и лесосеменных плантаций в сохранении ценного генофонда популяций основных лесообразующих видов и мировой практики незамедлительно приступить к генетической паспортизации клонов и семей плюс-деревьев на этих объектах; в связи с процессом передачи лесов в длительную аренду обратить внимание на необходимость государственной поддержки региональных предприятий лесного хозяйства, на территории которых созданы значительные объемы объектов ЕГСК. В частности, участники совещания считают целесообразным придать статус селекционно-семеноводческого центра Краевому государственному учреждению «Озёрский лесхоз»,

которое лидирует в Сибири в области селекционного семеноводства сосны обыкновенной и широко вовлечено в научные исследования.

Кроме перечисленных обращений участники совещания отмечают необходимость следующих действий международного сообщества лесных генетиков и селекционеров:

1. Создать инициативную группу для организации Международного центра популяционно-генетических и селекционных исследований лесов Сибири, Урала и Дальнего Востока, а также создать под его эгидой неправительственный фонд поддержки перспективных направлений и групп исследователей в области сохранения и рационального использования лесных генетических резерватов этого обширного региона.

2. Для улучшения обмена информацией рекомендовать Российским лесным генетикам и селекционерам более активно размещать информацию о своих исследованиях на сайте Global Forest Information Service (GFIS) IUFRO.

Настоящая Резолюция единогласно принята всеми участниками совещания и отправлена: президенту РФ В.В. Путину, в Правительство и Государственную Думу РФ, в Международный экологический фонд и другие международные природоохранные организации, в средства массовой информации РФ и других государств, заинтересованных в сохранении лесных генетических ресурсов.

А.И. Видякин

Институт биологии Коми НЦ УрО РАН