



Теоретическая и прикладная ЭКОЛОГИЯ

№ 3, 2008

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

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Главный редактор

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

Зам. главного редактора

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

Зам. главного редактора

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

Зам. главного редактора

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

Ответственный секретарь

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

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

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

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

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

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

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

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

Подготовлен к печати в издательстве ООО «О-Краткое»
610020 г. Киров, ул. Советская, 51а
Тел./факс (8332) 36-61-44. E-mail: okrat@okrat.ru
Оригинал-макет – Татьяна Коршунова
Обложка – Денис Бельский
Фото на обложке – Татьяна Коршунова
Перевод – Ирина Кондакова
Выпускающий редактор – Мария Зелаева
Главный редактор издательства «О-Краткое» Евгений Дрогов

Подписано в печать 07.09.2008 Формат 60x84¹/₂. Печать офс.
Бумага офс. Усл.п.л. 12,5. Тираж 1150 экз. Заказ № 3748.

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

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ РЕДАКЦИОННЫХ СОВЕТОВ

Н.П. Лавёров

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

ПРЕЗИДИУМ РЕДАКЦИОННОГО СОВЕТА:

В.А. Грачёв

д.т.н., профессор, член-корреспондент РАН,
председатель комитета Госдумы РФ по экологии

В.И. Холстов

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

В.Н. Чупис

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

В.Г. Ильницкий

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

К.Б. Пуликовский

руководитель Федеральной службы по экологи-
ческому, технологическому и атомному надзору РФ

ЧЛЕНЫ РЕДАКЦИОННОГО СОВЕТА:

В.А. Алексеев

д.т.н., профессор Ижевского государственного
университета

В.А. Антонов

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

С.И. Барановский

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

Г.А. Баталова

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

Л.И. Домрачева

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

Г.П. Дудин

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

И.А. Жуйкова

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

Л.Л. Журавлёва

д.т.н., заместитель директора ФГУ Государственный
научно-исследовательский институт промышленной
экологии

Г.М. Зенова

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

В.И. Измалков

д.т.н., профессор Военной академии Генштаба 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 государ-
ственного 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
Цзилинского 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 Москов-
ского 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. Юнглод

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

О.В. Яковенко

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

По вопросам размещения рекламы и публикации статей обращаться:

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

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

119017, г. Москва, Старомонетный пер., 29

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

СОДЕРЖАНИЕ

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ЭКОЛОГИИ

М.М. Пахомов Смены эколого-климатических обстановок на пространстве Северной Евразии за последние 130 тысяч лет 4

МЕТОДОЛОГИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ. МОДЕЛИ И ПРОГНОЗЫ

М.М. Шац Основные принципы систематизации эколого-геокриологической информации 15

МОНИТОРИНГ АНТРОПОГЕННО НАРУШЕННЫХ ТЕРРИТОРИЙ

А.Д. Самбуу Мониторинг структуры доминирования травяных экосистем под влиянием Саяно-Шушенского водохранилища .. 22

Н.Е. Раткин, А.В. Шаблова Количественная оценка аэротехногенного загрязнения территории Мурманской области. Часть 2 27

ХИМИЯ ПРИРОДНЫХ СРЕД И ОБЪЕКТОВ

Е.А. Карпова Влияние аэротехногенной нагрузки на накопление тяжёлых металлов сельскохозяйственными культурами вблизи мегаполиса 35

ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ РИСК И ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

С.А. Куропан, С.А. Епринцев, Н.П. Мамчик, О.В. Клепиков Оценка риска для здоровья населения, связанного с техногенным загрязнением города Воронежа 42

О.Б. Жданова, Т.И. Калужских, С.П. Ашихмин, О.В. Масленникова, П.Г. Распутин, Л.Р. Мутушвили Гельминтозы собак Кировской области и биобезопасность окружающей среды 49

ЭКОЛОГИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

А.В. Аргучинцева, Н.В. Сирина, А.И. Щетников Прогноз распространения выбросов проектируемого предприятия по электролизному производству алюминия 54

К.А. Таскараева, А. У. Исаева, В.К. Бишимбаев Использование бактериальной суспензии *Thiobacillus ferrooxidans* для очистки сточных вод 60

ВОЗДЕЙСТВИЕ ФИЗИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ СРЕДЫ

А.С. Комарова, А.А. Лихачева, Л.В. Лысак, Д.Г. Звягинцев Влияние микроволн на некоторые почвенные бактерии 62

Г.М. Зенова, А.М. Лысенко, Н.А. Манучарова, А.И. Курапова, М.С. Дуброва Таксономическая и функциональная структура психротолерантных и термотолерантных комплексов почвенных актиномицетов 66

АГРОЭКОЛОГИЯ

А.А. Широких, И.Г. Широких, С.Ю. Огородникова, О.В. Мерзаева Выделение и оценка биорегуляторных свойств эндофитных бактерий 73

РЕМЕДИАЦИЯ И РЕКУЛЬТИВАЦИЯ

Н.А. Киреева, А.А. Шамаева, А.С. Григориади, Е.И. Новоселова Изучение возможности утилизации отходов деревопереработки для биологической очистки и детоксикации нефтешламов 81

ХРОНИКА

Второй съезд микологов России 86

I Всероссийская научно-практическая конференция с международным участием «Фундаментальные достижения в почвоведении, экологии, сельском хозяйстве на пути к инновациям» 89

XIV Международная конференция «Образование в интересах устойчивого развития» 89

Общественный форум-диалог «Выполнение Россией конвенции о запрещении химического оружия: состояние и перспективы к концу 2008 году» 94

«Флора Вятского края. Часть 2. Водоросли (видовой состав, специфика водных и почвенных биоценозов)» 96

«Воркута и академическая наука: взгляд через поколения» 97

CONTENTS

THEORETICAL PROBLEMS of ECOLOGY

M.M. Pakhomov Ecologo-climatic Conditions Changes on the Territory of North Eurasia for the last 130 Thousand Years ... 4

METHODOLOGY And METHODS of RESEARCH. MODELS And FORECASTS

M.M. Shats The Basic Principles of Ecologo-geo-cryologic Information Systematization 15

MONITORING OF ANTHROPOGENICALLY DAMAGED TERRITORIES

A.D. Sambuu Monitoring of the Dominants Structure of Grassland Ecosystems under the Influence of the Sayan-Shushensk water storage zone 22
N.E. Ratkin, A.V. Shablova Quantitative Evaluation of aero-technogenic Contamination of Murmansk Region. Part 2. 27

CHEMISTRY of NATURAL ENVIRONMENT And OBJECTS

E.A. Karpova The Influence of Aerotechnogenic Load on Agricultural Crops Heavy Metals Accumulation in the Megapolis Vicinity 35

ECOLOGICAL RISK And ECOLOGICAL SAFETY

S.A. Kurolap, S.A. Eprintsev, N.P. Mamchick, O.V. Klepikov Evaluation of the Risk Amount for the Population Health in Conditioned by Technogenic Pollutions in Voronezh 42
O.V. Zhdanov, T.I. Kaluzhskikh, S.P. Ashikhmin, O.V. Maslennikova, P.G. Rasputin, L.R. Mutoshvili Dogs Helminthism in Kirov Region and Bio-Safety of the Environment 49

INDUSTRY ECOLOGY

A.V. Arguchintseva, N.V. Sirina, A.I. Shchetnikov The Forecast of Emission Spread Caused by the Aluminum Electrolysis Production Plant 54
R.A. Taskarayeva, A.U. Isaeva, V.K. Bishimbayev Use of Bacterial Suspension *Thiobacillus ferrooxidans* for Sewage Purification 60

ENVIRONMENT PHYSICAL AGENTS IMPACT

A.S. Komarova, A.A. Likhachova, L.V. Lysack, D.G. Zvyagintsev Microwave Impact on Some Soil Bacteria 62
G.M. Zenova, A.M. Lysenko, N.A. Manucharova, A.I. Kurapova, M.S. Dubrova Taxonomic and Functional Structure of Psychro-tolerant and Thermo-tolerant Complexes of Soil Ray Fungi 66

AGRICULTURAL ECOLOGY

A.A. Shirokikh, I.G. Shirokikh, S.Yu. Ogorodnikova, O.V. Mersayeva Revelation and Estimation of Bioregulator Properties of Endophytic Bacteria 73

REMEDICATION AND RECUltIVATION

N.A. Kirejeva, A.A. Shamayeva, A.S. Grigoriadi, E.I. Novoselova The Investigation of the Possibilities of Woodworking Waste Utilization for the Purpose of Biological Purification and Oil-alim Detoxication 81

CHRONICLE

The Second Congress of Mycologists of Russia 86
I All-Russia-practical conference with international participation of «Fundamental Achievements in Soil Studies, Ecology, Agriculture on the Way to Innovations» 89
XIV International Conference «Education for Sustainable Development» 89
Social Forum-Dialogue «Russia's Realization of Convention of Chemical Weapon Prohibition: State and Perspectives by the End of 2008» 94

BIBLIOGRAPHY

Review on the Monograph by L.V. Kondakova and L.I. Domracheva «Flora of the Vyatka Region. Part 2. Algae (Species Composition, Specificity of Water and Soil Biocenoses) 96
Review on the book by M.V. Getsen «Vorkuta and Academic Science: Through Generations» 97

Смены эколого-климатических обстановок на пространстве Северной Евразии за последние 130 тысяч лет

М. М. Пахомов

Вятский государственный гуманитарный университет

Приводится характеристика ландшафтно-экологических условий Северной Евразии в пределах крупного климатического макроцикла, охватывающего оптимум последнего межледникового (130 тысяч лет назад), климатического минимума валдайского оледенения (18 – 20 тысяч лет назад) и послеледникового (голоценового) потепления (последние 10 тысяч лет). Показано, что крупные глубокоамплитудные климатические ритмы ледниковых и межледниковых эпох всегда усложнялись ритмами второго, третьего и т. д. порядков. Начавшееся 10 тысяч лет назад потепление достигло максимума в эпоху атлантического периода, т. е. 5 – 6 тысяч лет назад. В субатлантическое время (3 – 2,5 тысячи лет назад) обозначилась тенденция к похолоданию, которое в ритме первого порядка сохраняется и сейчас, но осложнено непродолжительными фазами потепления, имеющими природную причину.

The article deals with landscape-ecological conditions in the Northern Eurasia within a large climatic microcycle that includes the optimum of the last inter-glacier-period (130 thousand years ago), climatic minimum of the Valdai glacier (18-20 thousand years ago) and after-glacier (Holocene) warming (the last 10 thousand years). It is shown that large deep-amplitude climatic rhythms of glacier and inter-glacier epochs have always been complicated with the rhythms of the first, second, third, etc. orders. Warming that began 10 thousand years ago reached its maximum during the Atlantic period, i.e. 5 – 6 thousand years ago. In Sub-Atlantic period (3 – 2,5 thousand years ago) there appeared a tendency to coldness that is apparent now in the rhythm of the first order, and is complicated with short-term warming phases of natural origin.

Ключевые слова: палеогеография, межледниковье, оледенение, палеоэкология

Предварительные замечания

Учёные-климатологи всего мира придают большое значение изучению истории климата Земли. Это объясняется такими свойствами климата, как его непостоянство, неоднократными в геологическом прошлом климатическими колебаниями разной амплитуды и продолжительности. Знание истории климата позволяет понимать возможные его изменения в ближайшей или отдалённой перспективе. Климат определяет многие природные явления: интенсивность экзогенных процессов, появление и исчезновение континентальных ледниковых покровов, изменение уровня Мирового океана, увеличение и уменьшение площади суши или мировой акватории, динамику и трансформацию ландшафтных зон и многое другое. Именно поэтому история климата – одно из важнейших направлений в физической географии.

В современной научной, а особенно в массовой литературе активно обсуждается проблема глобального потепления климата. Что такое потепление существу-

ет, спора нет. Спор идёт о причинах потепления. Ещё 20 лет тому назад по этому поводу было высказано мнение о том, что «колебания климата были всегда, они носили региональный характер и были связаны главным образом с колебаниями циркуляционных периодов. Это важно подчеркнуть потому, что в ряде работ последних лет сенсационно преувеличивается роль теплового эффекта CO₂ при оценке современных изменений климата. В истории климата голоцена периоды потеплений и похолоданий имели место всегда, а антропогенного воздействия не существовало» [1].

Ещё более определённо об этом высказался В. В. Пятаков [2]. Он, в частности, пишет, что десятка два лет назад в геологических науках ещё не употреблялся термин «экология». Впервые прозвучавшие тогда слова «парниковый эффект», «глобальное потепление» вызывали некоторое недоумение. Сегодня эти словосочетания приобрели вес приговора или закона, не подлежащего обсуждению: «парниковый эффект обеспечивают газы в результате антропогенной деятель-

ности, как следствие – грядёт «глобальное потепление» и таяние ледниковых шапок на полюсах. В результате этого будет затоплена большая часть Европы и т. д. и т. п. И поэтому надо срочно закрывать фреоновые производства, переходить на покупку американских холодильников, срочно подписывать Киотский протокол и перепродавать свои квоты на загрязнение атмосферы.

В среде геологов-четвертичников странно было обсуждать эту тему с позиций техногенного влияния, поскольку давно установлено, что в истории нашей планеты не раз были оледенения (похолодания) и межледниковья (потепления). Эти продолжительные и глубокоамплитудные климатические ритмы усложнялись наложением на них колебаний климата второго, третьего порядков, не столь глубоких по амплитуде и более кратковременных.

Но противодействовать «парниковому эффекту» сейчас стало очень сложно, потому что «парниковый эффект» активно поддерживается средствами массовой информации. Часто такая информация явно тенденциозна. Средства массовой информации формируют общественное мнение. А общественное мнение учитывается властью, власть создаёт законы, регламенты и предписания. Таково значение понятий «парниковый эффект», «глобальное потепление» и их влияние на образ мыслей и действий.

В связи с этим обратимся к климатоиндикационным геологическим фактам, которые характеризуют эпоху последнего крупного климатического цикла (ритма), охватывающего время последних 130 тысяч лет, и проанализируем тенденцию развития, эволюцию климата на уровне крупных и второстепенных климатических ритмов. Это очень важно для того, чтобы оценить «парниковый эффект» далёкого геологического прошлого, освобождённого от антропогенного воздействия.

Ландшафтно-климатические обстановки на территории Северной Евразии в течение кайнозойского времени менялись неоднократно. Этому посвящено большое количество публикаций, подытоженных в фундаментальном исследовании [3], а также в монографии [4] и др. В настоящее время специалисты осо-

бое внимание уделяют изучению явлений, относящихся к так называемому позднеплейстоценовому климатическому макроциклу, охватывающему отрезок времени от 140 – 130 тысяч лет назад (л. н.) до современности. Именно на этот отрезок геологического времени приходится микулинская межледниковая эпоха с максимально тёплыми условиями, примерно 125 – 130 тыс. л. н. За этим тёплым отрезком времени в результате начавшегося около 90 тыс. л. н. похолодания последовала длительная (от 70 до 10 тыс. л. н.) валдайская ледниковая эпоха с неустойчивым холодным климатом. В это время значительная часть Европы от Британии до Северного Урала была покрыта мощным, до 3 км толщины, ледниковым покровом. Наиболее холодные условия этой эпохи установились 18 – 20 тыс. л. н. (рис. 1). Но и в условиях ледниковой эпохи, на фоне крайне сурового климата проявилось до девяти ритмов повышения температуры. Впоследствии, в результате новой волны потепления, произошла быстрая деградация и исчезновение валдайского ледникового покрова. Уже ко времени 10 тысяч л. н. ледниковый покров Европы растаял полностью. Мы живём, можно сказать, в современной межледниковой эпохе, т. к. учёные считают, что в очень отдалённом будущем на Земле неизбежно повторится новое оледенение [5, 6].

В настоящее время особенно детально изучается голоценовый период, охватывающий последние 10 – 12 тысяч лет, т. е. время возникновения земной цивилизации. Такой интерес со стороны учёных объясняется тем, что знание структуры климатических изменений в прошлом и общей тенденции развития климата позволяет строить возможные сценарии развития природы, смен типов ландшафтов, изменения границы и площади многолетней мерзлоты и т. д. Иначе говоря, такие исследования вплотную соприкасаются с практическими делами человечества.

Какой же представляется нам природа Северной Евразии в геологически отдалённой ретроспективе? В этом плане рассмотрим состояние её природы в трёх главных, уже упоминавшихся хронологических срезах, а именно – в эпоху максимального потепления микулинского

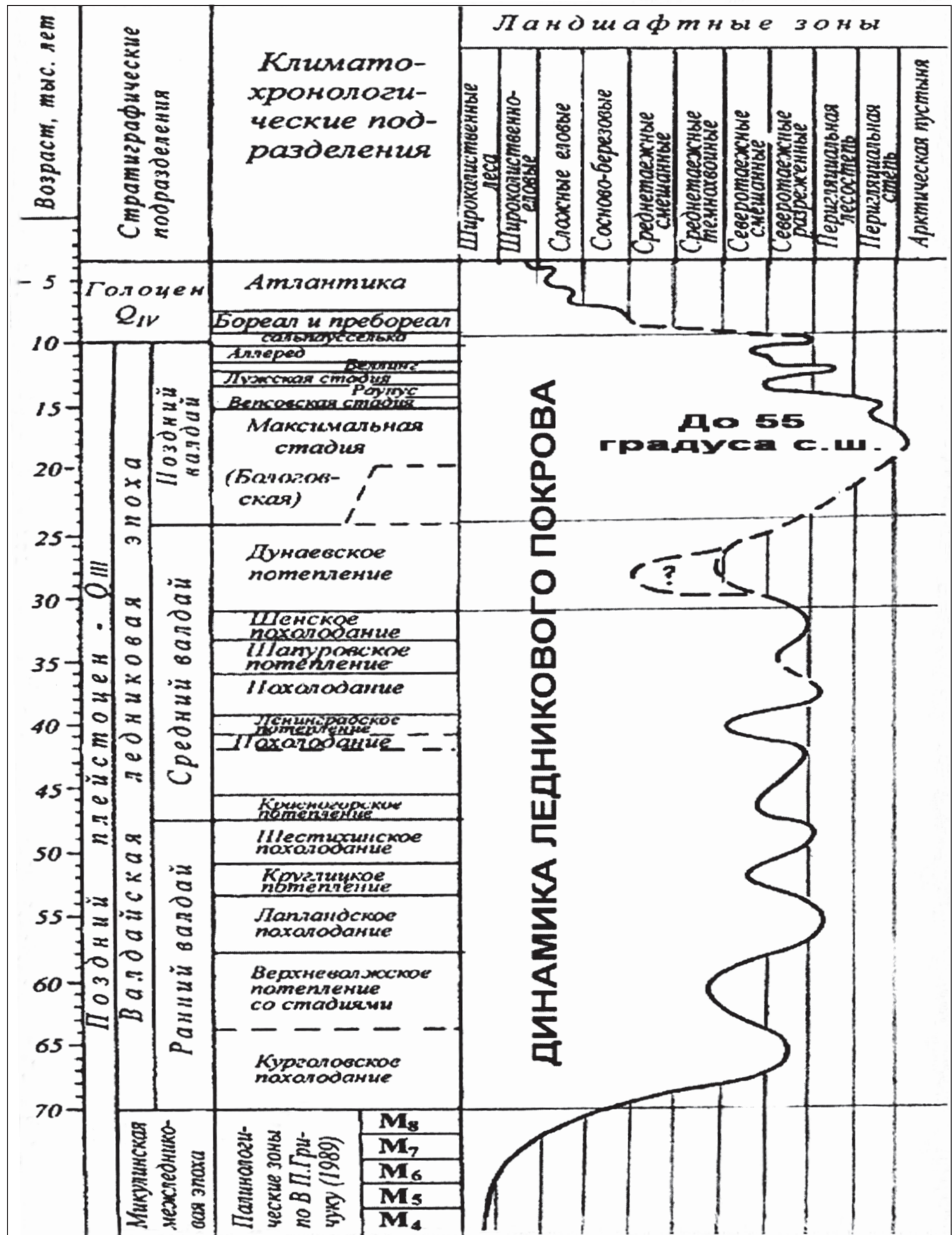


Рис.1. Хронология событий и динамика ландшафтов на Русской равнине в позднем плейстоцене [6, с дополнениями]

межледниковья 125 – 130 тыс. л. н., во время валдайского оледенения в период от 70 до 10 тыс. л. н. и в голоценовую эпоху, т. е. за последние 10 – 12 тыс. л. н.

Последовательность событий позднего плейстоцена

Микулинское межледниковье. Сравнивая современные широтно-ландшафтные условия Северной Евразии с ландшафтами микулинской межледниковой эпохи, можно отметить их общее сходство и значительные частные отличия.

Характер растительности микулинского времени свидетельствует о климате существенно более тёплом, чем в современную эпоху (рис. 2). Согласно [6] для центра Русской равнины отличия от современного климата касаются в основном зимнего сезона: зима была значительно мягче, чем сейчас. В настоящее время средние температуры воздуха для января близки к 10°С, а в оптимуме микулинского межледниковья они не опускались ниже 3°С, а возможно, были близки к 0°С. Среднегодовое количество осадков было выше современного примерно на 100 мм. Важ-

но подчеркнуть, что повышение уровня Мирового океана в это время привело к значительным ингрессиям арктических морей на севере Евразии. Были расширены акватории Чёрного и Каспийского морей, затоплены большие площади на севере Западной Сибири, Северо-Сибирской низменности, в низовьях Печёры, Северной Двины. Белое море через Карельский перешеек соединялось с Балтийским морем.

Обобщённая карта растительных зон (рис. 2) показывает, что тундра была распространена главным образом на севере Средней и Северо-Восточной Сибири. Тайга была сдвинута существенно к северу и выходила на побережья арктических морей. Обращает внимание, что зона хвойно-широколиственных лесов, ныне отсутствующая в Сибири, пересекала всю Северную Евразию – от Скандинавии до Дальнего Востока. Неморальные широколиственные леса были характерны для Восточно-Европейской равнины – вплоть до Урала. Лесостепь почти сливалась с зоной широколиственных лесов. Степи и пустыни занимали крайне южное положение.

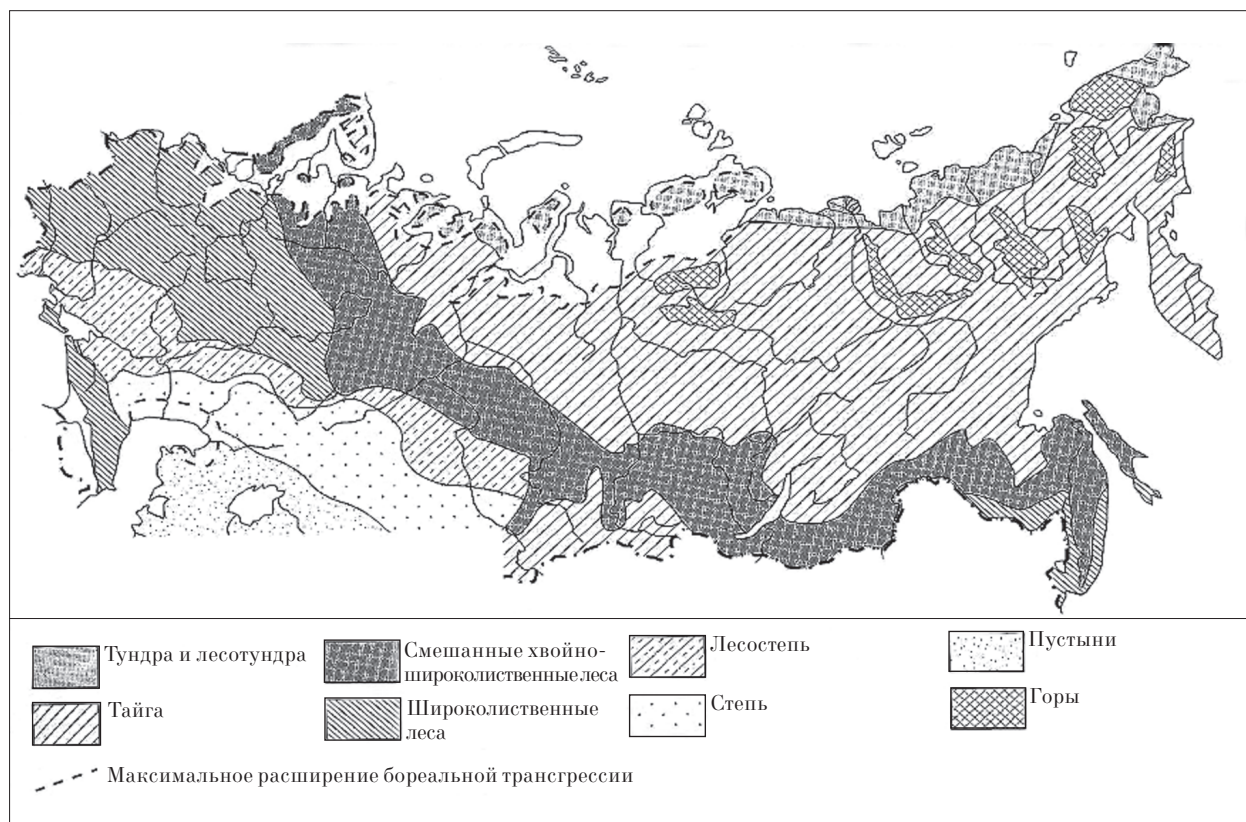


Рис. 2. Растительность Северной Евразии в климатическом оптимуме микулинского межледниковья [7]

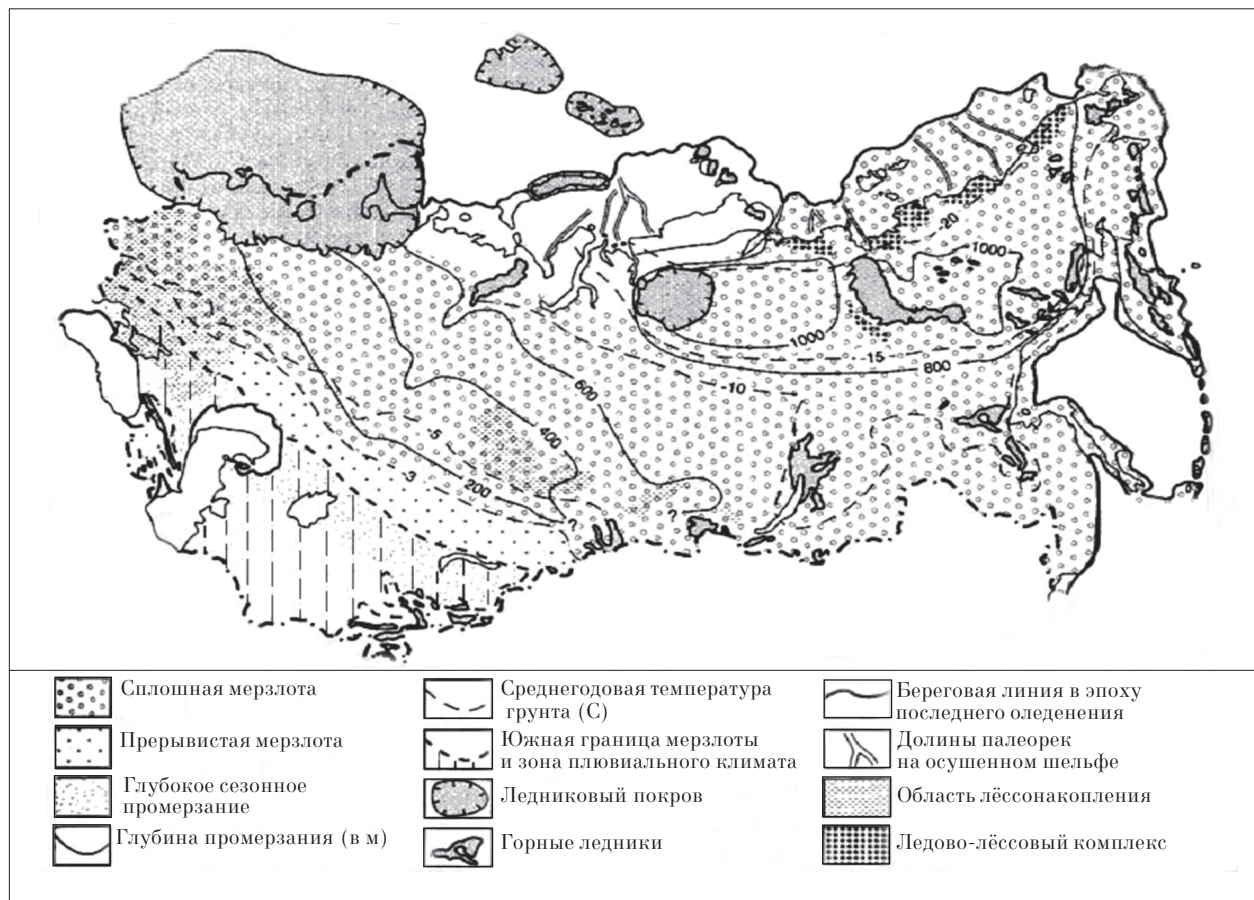


Рис. 3. Ледники и перигляциальные области в максимальную фазу позднелейстоценового оледенения (20 – 18 тысяч лет) [7, с дополнением]

После микулинского межледникового наступило *валдайское оледенение* с двумя климатическими стадиями похолодания: ранневалдайская (70 – 40 тысяч л. н.) и поздневалдайская (25 – 10 тысяч л.н.), которые были разделены относительно тёплым мегаинтерстадиалом в интервале 30 – 25 тыс. л. н. Поздневалдайское похолодание было наиболее суровым. Зимы становились особенно холодными. Это было обусловлено следующими обстоятельствами. Над Евросибирью (термин Г. Вальтера [8]) в зимнее время формировались три устойчивые области повышенного атмосферного давления (холодные антициклоны): над Арктикой (арктический максимум), над Северо-Восточной Азией и горами Южной Сибири (азиатско-монгольский максимум) и над европейским ледниковым покровом. Эти антициклонические области создавали условия, при которых холодные, сухие, бесснежные воздушные массы в течение большей части года перекрывали почти всё пространство Северной Евразии, делая климат крайне суровым. Годовая сумма атмосферных

осадков не превышала 200 – 300 мм. Поэтому в условиях криоксеротического климата на большей части Северной Евразии господствовала тундра, перигляциальные (приледниковые) тундростепи, лесотундровые формации и полупустыни. Многолетняя мерзлота отодвигалась до Причерноморья и юга Казахского мелкосопочника, т. е. на 1600 – 1800 км южнее её современной границы (рис. 3).

Шельфы арктических морей стали суше, т. к. уровень Мирового океана опустился ниже современного на 110 – 120 м, ибо значительная часть воды в виде ледниковых покровов Северной Америки, Евразии и других областей переместилась из океанов на континенты. Чукотка соединилась с Аляской континентальным мостом. Крупные реки Сибири – Обь, Енисей, Лена, Колыма и другие проделали себе новые русла в нижнем течении и протекали по осушенному шельфу. Глубина промерзания грунта в самых суровых областях Сибири достигала сотен – тысячи метров. В таких условиях лесная зона как широтно-зональная

структура существовать не могла, и она распалась. Но древесные формации в центре Русской равнины сохранялись даже в это суровое время, но – по долинам рек, оврагам и проч.

За многолетней мерзлотой, т. е. на пространстве аридной зоны (степь, пустыня), в эпоху 18 – 20 тыс. л. н. устанавливались особые (плювиальные) условия климата. Это было связано со смещением к югу траектории движения атлантических воздушных масс под действием арктиосибирских и европейского антициклонов. Иначе говоря, происходило перераспределение атлантической влаги. Если сейчас над лесной зоной Северной Евразии выпадает до 600 – 700 мм осадков, то в ледниковое время оно сокращалось до 200 – 300 мм. Если сейчас над южными степями и пустынями выпадает 200 – 300 мм осадков, то в ледниковое (плювиальное) время оно могло составлять 400 – 500 мм.

Таким образом, граница многолетней мерзлоты разделяла два разнокачествен-

ных по климату и растительности пояса. К северу от неё располагался обширный гиперзональный пояс микротермных тундростепных и лесотундровых растительных сообществ. К югу от границы многолетней мерзлоты в ледниковое время формировался пояс умеренно-влажных мезотермных сообществ разного флористического состава, но заметно более мезофильных, чем сейчас здесь же [9].

В период между 13 – 14 тысяч л. н. в связи с решительным потеплением климата началась быстрая деградация европейского ледникового покрова. Ледниковый покров, существовавший в течение 50 – 60 тысяч лет, растаял практически полностью за 7 – 8 тысяч лет. Граница многолетней мерзлоты быстро отодвигалась к северу. Наступил голоценовый (последледниковый) этап развития природной обстановки с климатическим оптимумом 5 – 6 тысяч л. н. Ледники растаяли и вернули воды в Мировой океан. Шельфы северных арктических морей вновь были затоплены. Климат в умеренной полосе

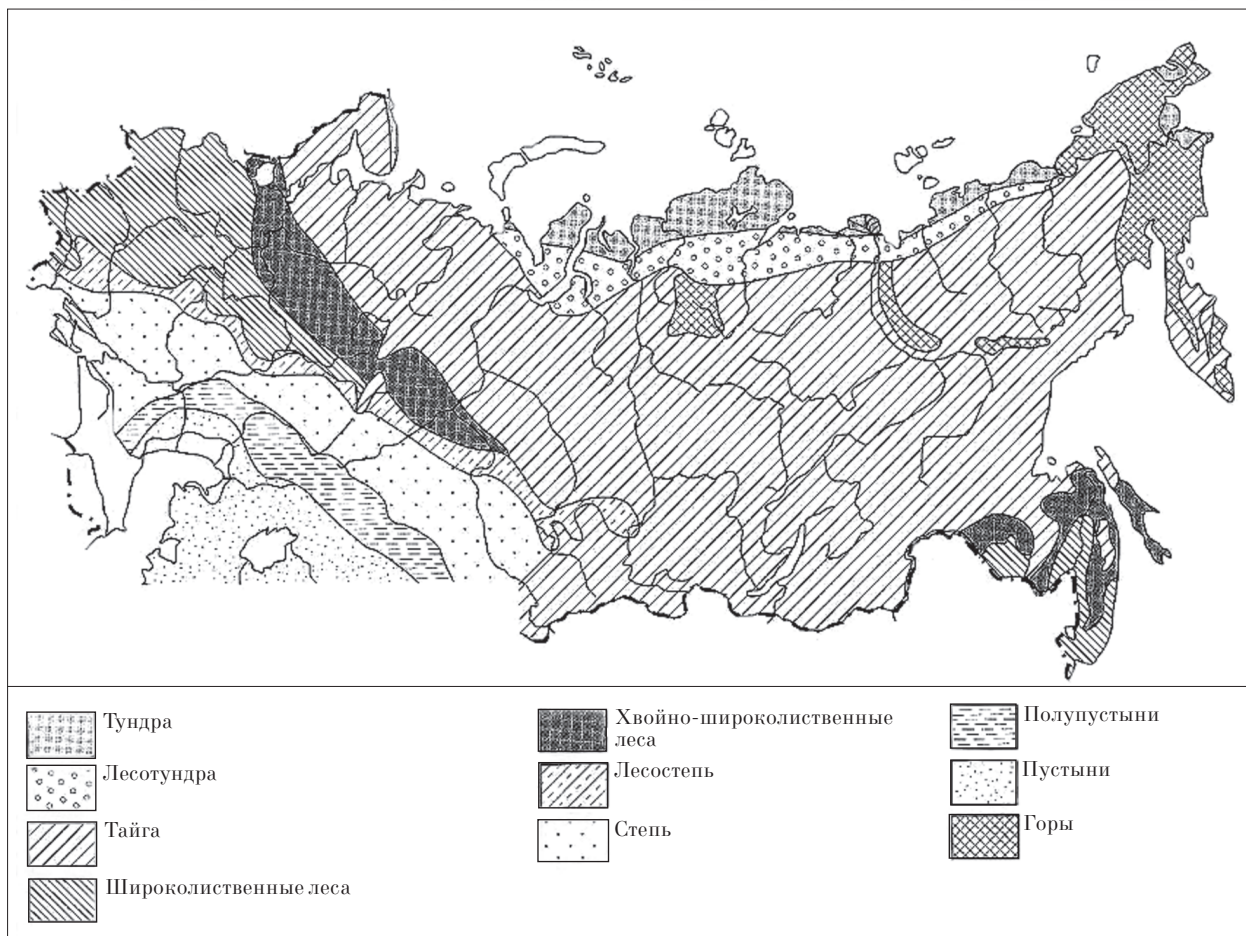


Рис. 4. Растительность в климатическом оптимуме голоцена (5 – 6 тыс. лет назад) [7, с дополнением]

Северной Евразии стал заметно теплее. Восстановилась широтная траектория движения атлантических воздушных масс. Увлажнение и потепление климата привело к восстановлению лесных ландшафтов. В климатическом оптимуме голоцена сильно расширилась зона тайги. Степь и тундра восстановили своё обычное географическое положение и вновь были разделены обширной лесной зоной. Степи, полупустыни и пустыни заняли весь аридный юг Северной Евразии (рис. 4).

Эти реконструкции общего течения климата в настоящее время существенно детализированы. В частности, согласно исследованиям [10] установлено, что за последние 10 тысяч лет климат неоднократно становился то более тёплым, то более холодным (рис. 5). Наиболее тёплое время за голоценовый отрезок времени приходится на так называемый атлантический (АТ) период (5 – 6 тыс. л. н.). Но с этого времени климат вновь приобрёл тенденцию к похолоданию.

На основе информационно-статистического метода реконструкции климата по палеоботаническим данным В.А. Кли-

мановым была восстановлена более детальная последовательность смен климатических обстановок за последние 12 тысяч лет (рис. 6 – 7). Согласно этим данным [11] на протяжении послеледниковья и голоцена во многих районах Северной Евразии отмечаются следующие экстремумы потеплений: около 12700, 11700, 11400, 9900, 8900, 8500, 8300, 7800, 7500, 7100, 6700, 6000, 5000, 4700, 3900, 3500, 3300, 2800, 2300, 2000, 1800, 1600, 1300, 1000, 600, 300, 150 лет назад. Все эти потепления чередовались с понижениями температуры. Колебания климата третьего порядка носили региональный характер. В атлантическом периоде голоцена (5 – 6 тыс. л. н.), самом тёплом за последние 10000 лет, температура наиболее сильно повышалась в полярной области. На северо-востоке Европы температура июля была выше современной примерно на 4 °С, над Скандинавией – на 2-3 °С. Средние температуры января в северной части Европы были выше на 2 °С и более. Отклонение среднегодовой температуры наиболее существенным было в полярной области. Среднегодовые

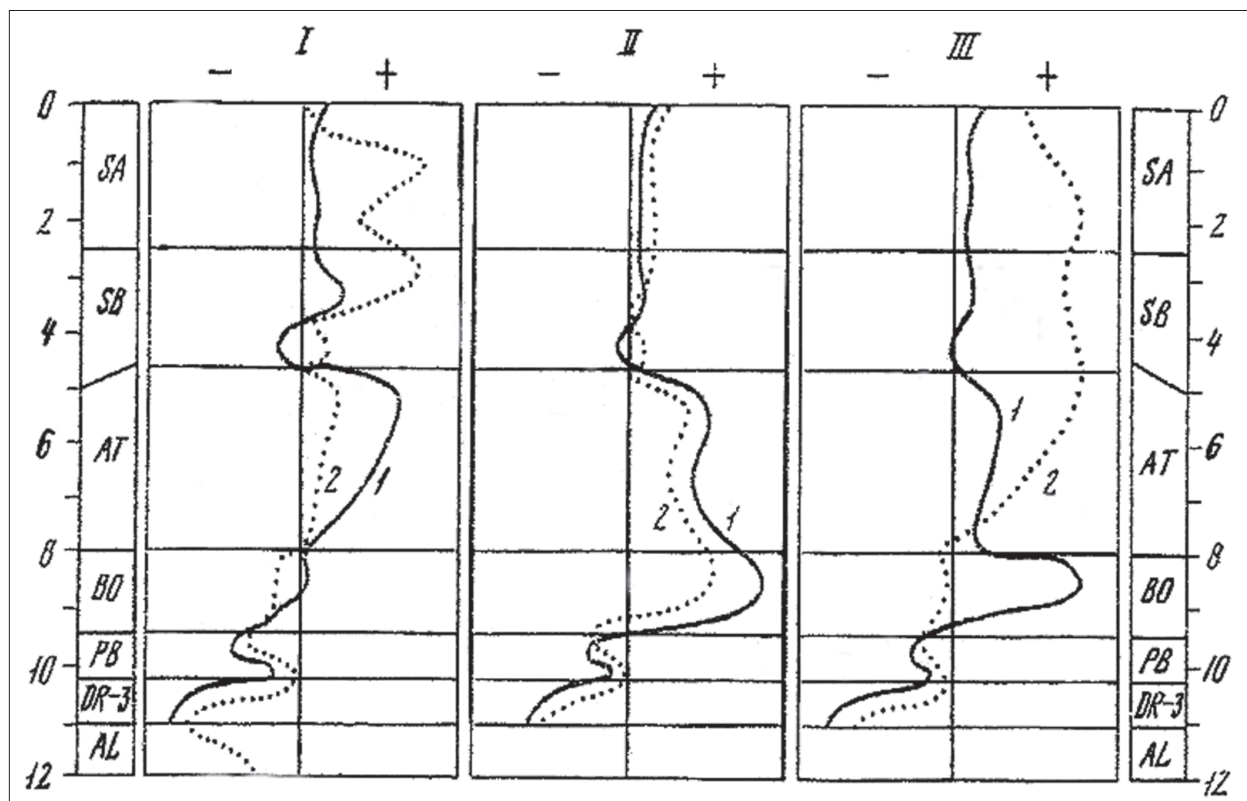


Рис. 5. Климатические колебания в голоцене (по Н.А.Хотинскому [10])
 I – Атлантический тип (Русская равнина); II – Континентальный тип (Сибирь);
 III – Океанический тип (Камчатка, Сахалин)
 1 – температура; 2 – увлажнённость. Вертикальные цифры – возраст (тысяч лет).

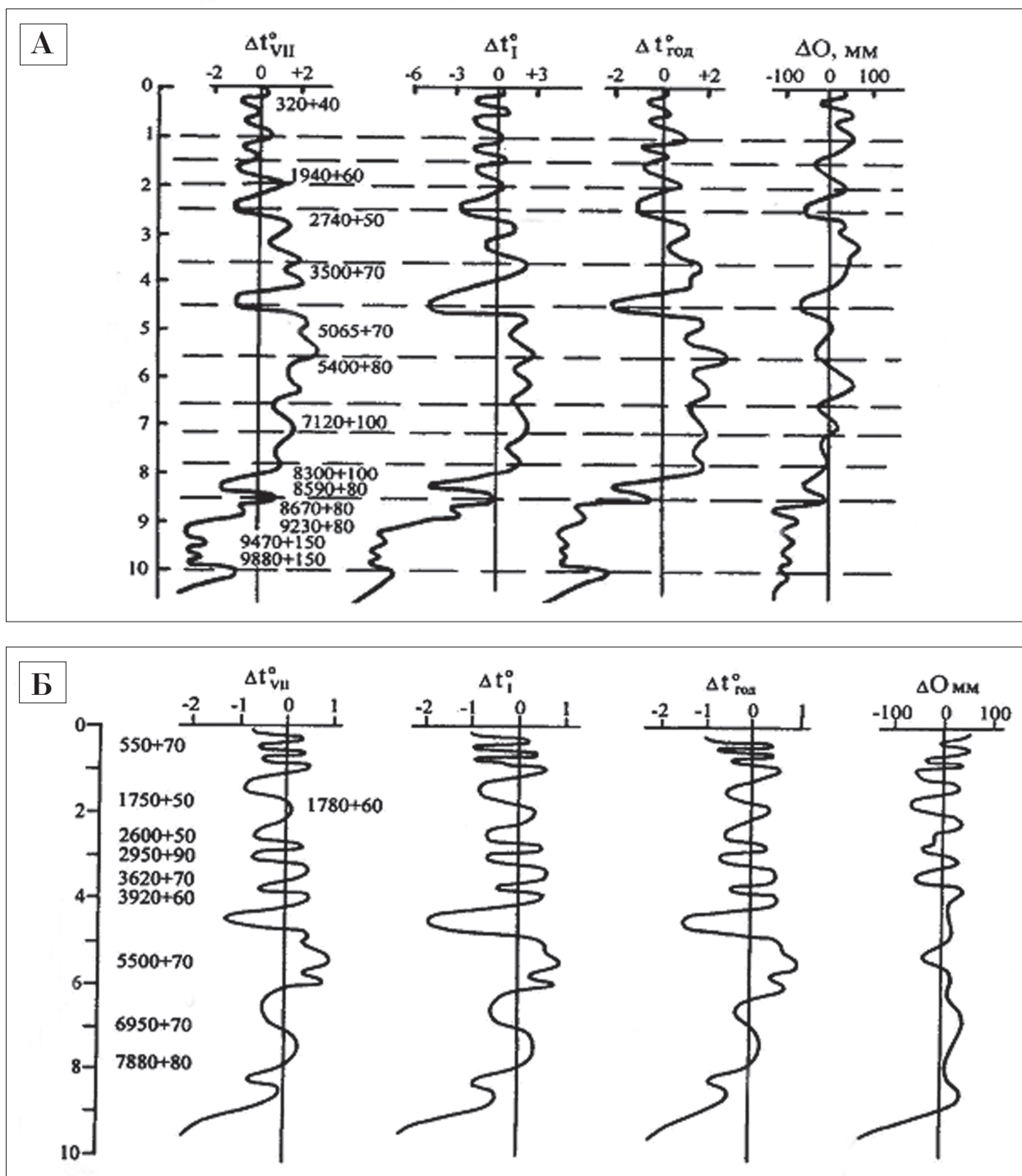


Рис. 6. Динамика климатических условий в разных регионах Русской равнины в голоцене – в отклонениях от современных значений. А – территория Карелии, Б – территория Молдавии [11]

температуры на севере Европы были выше современных более чем на 3°C.

Примерно 3-4 тыс. л. н., в эпоху так называемого субатлантического периода, потепление сменилось похолоданием. Тренд к похолоданию продолжается и в настоящее время. Доказательством этого стало восстановление и расширение в субатлантическое время на Европейском се-

вере зоны тундры за счёт обратного сдвига к югу границы многолетней мерзлоты и северной границы зональных хвойных лесов.

Как видно из этих графиков, общая тенденция развития климата усложнялась многочисленными ритмами небольшой продолжительности, порядка первых сотен лет.

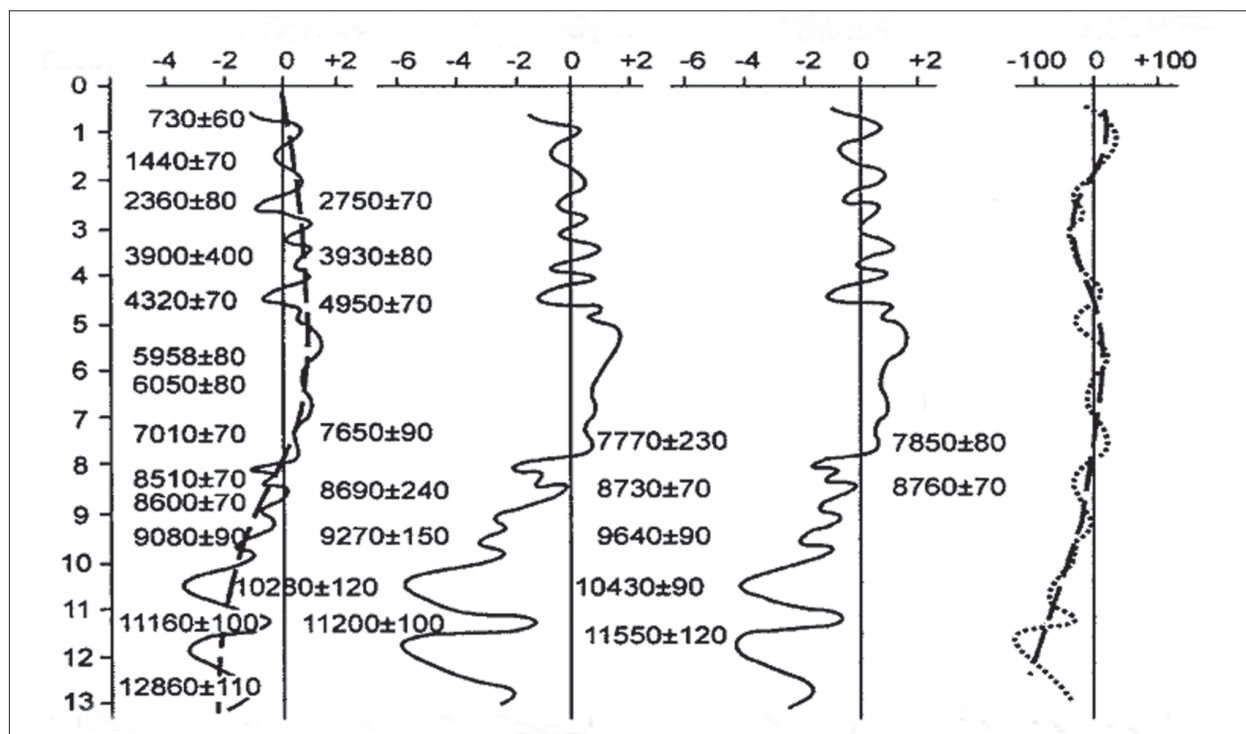


Рис. 7. Отклонение климатических характеристик в голоцене от современных значений в центре Белоруссии [11]

Теперь важно проследить, что же происходило с *уровнем Мирового океана* на фоне климатических колебаний последних 130 тысяч лет? Наиболее правдивую информацию об этом дают следы морской деятельности (реликтовые береговые линии, отложения морских террас) приконтинентальных морей. При этом самыми показательными могут оказаться данные для тектонически относительно стабильных берегов. Л.Р. Серебряный [13] приводит многочисленные данные о положении береговой линии океанов в различные климатические фазы. Он отмечает, что самая крупная регрессия Мирового океана в позднем плейстоцене приходится на период 19 тыс. л. н. и составляет -123 м. Это время максимума похолодания последней ледниковой эпохи.

Для послеледникового времени хорошим примером, иллюстрирующим положение уровня океана, могут служить относительно устойчивые берега Дальнего Востока. Так, установлено [14], что высота морских террас в среднем голоцене (5 – 6 тыс. л. н.) здесь составляла 4-5 м. В позднем голоцене (период начала понижения температуры, 4 – 1,5 тыс. л. н.) морские отложения приурочены к террасе высотой 2-3 м. Морские осадки с возрастом 1,5 – 0,2 тыс. л. н. сохранились на

отмерших косах и пересыпях с высотой порядка 1 – 0,5 м. Таким образом, становится очевидным, что даже в наиболее тёплое время голоцена уровень Мирового океана был выше современного на 4 – 6 м, а затем из-за похолодания в субатлантическое время понижался до современных отметок.

Данные о понижении уровня Мирового океана от атлантического периода к современности служат иллюстрацией продолжающегося большого цикла общего похолодания. Отмечаемое ныне потепление климата – это естественный, относительно кратковременный (в пределах 50 – 100 – 150 лет) ритм, за которым сохранится общая тенденция к геологически длительному похолоданию.

Отличительной особенностью климата *последнего тысячелетия* было наличие сравнительно тёплого периода, так называемого малого климатического оптимума в VIII – XIII веках, благоприятного для сельского хозяйства, и наступление вслед за ним очередного похолодания в XIII – XIV веках, которое с некоторыми флуктуациями продолжалось до середины XIX века. В период малого ледникового периода, когда температурные показатели были ниже современных на 2°C и более, граница леса в горах Центральной

Европы опустилась на 200 м, продолжительность вегетационного периода сократилась на три недели. Цены на зерно в Европе повысились (рис. 8). Участились процессы блокирования западно-восточного переноса атлантического тепла и влаги меридиональной циркуляцией. Все эти примеры говорят о том, что волны тепла и холода были обусловлены сменой типов циркуляционных процессов, которые, в свою очередь, зависят от количества тепла, посылаемого на поверхность Земли Солнцем.

Вполне определённо обо всех изложенных фактах высказались известные отечественные палеогеографы и палеоклиматологи. В частности, Н.А. Хотинский [10] отмечает, что «ледниковая ситуация в Европе окончательно перестала существовать около 8-9 тысяч лет назад. ... Русская равнина развивается в условиях, характерных для заключительных этапов межледниковых эпох, закономерно сменяющихся начальными стадиями ледникового времени. Отмеченный в настоящее время грандиозный рост антропогенного фактора порождает представление о всё возрастающей независимости человека от природы. Однако следует указать на одновременный рост обусловленных самим человеком

экологических и эдафических кризисов, а также на мощные, *не подвластные человеку ритмы общей направленности развития природы Земли, механизм действия которых определяется на биосферно-космических уровнях*. Изучение голоцена и плейстоцена позволяет говорить о том, что человеку в будущем, как и в прошлом, придётся столкнуться с изменениями природной среды гораздо более мощными, чем это известно для исторического времени». Что имел в виду в последней фразе Н.А. Хотинский? Ответ мы находим в одной из работ А.А. Величко [3]: «Современная ландшафтно-климатическая обстановка в рамках макроцикла приходится на вторую половину межледникового интервала, характеризующуюся тенденцией к похолоданию, связанному с приближением новой ледниковой эпохи».

Многочисленные новейшие научные факты показывают непостоянство климата в историческое время, независимые от человека колебания то в сторону потепления, то в сторону похолодания. Всё это заставляет осторожно подходить к утверждению об антропогенной причине современного потепления и связывать его только с парниковым эффектом. Уместно в заключение напомнить слова

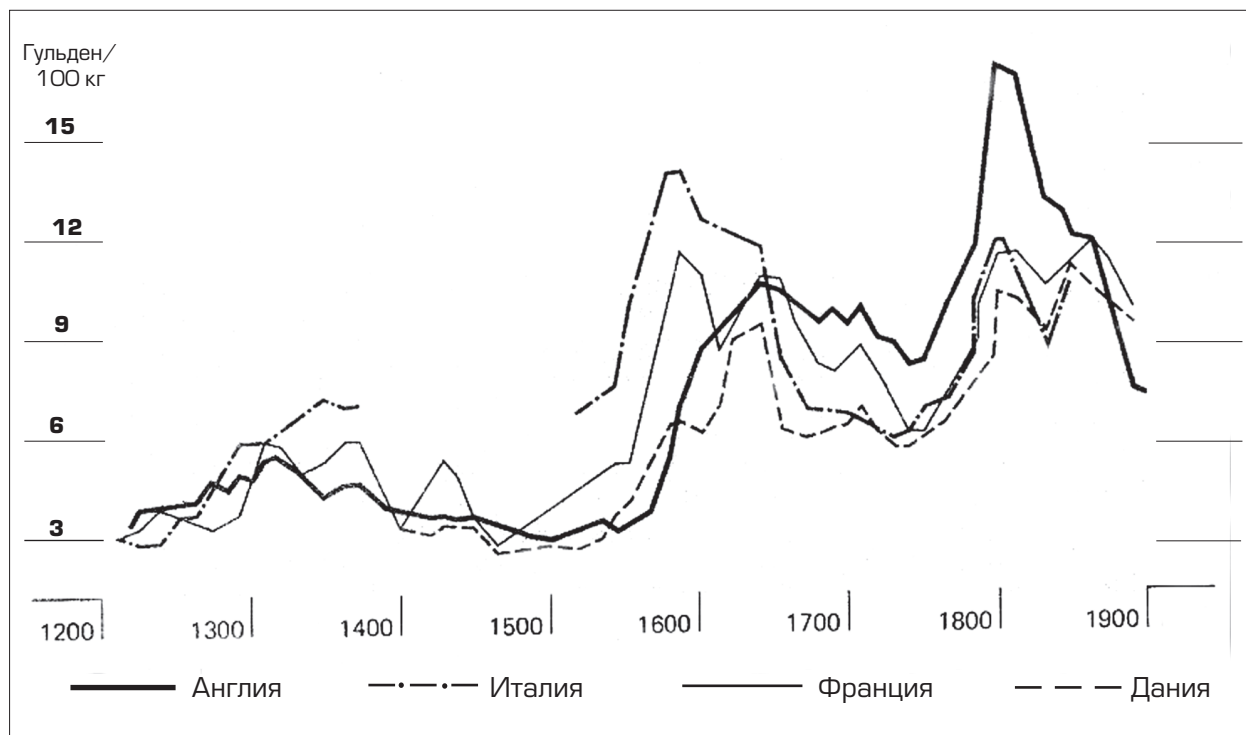


Рис. 8. Цены на зерно в Англии, Франции, Италии и Дании с 1200-го по 1900 г. (25-летние скользящие средние) [1]

академика В.М. Котлякова [5] о том, что «мы живём в преддверии новой ледниковой эпохи. Ещё наблюдается глобальное потепление, но в масштабе тысячелетий наша эпоха характеризуется похолоданием».

Литература

1. Борисенков Е.П., Пасецкий В.М. Тысячелетняя летопись необычайных явлений природы. М.: Мысль, 1988. 523 с.
2. Пятаков В.В. Экология – политика – экономика // Экология антропогена и современности: природа и человек. СПб: Гуманистика, 2004. С. 357-360.
3. Изменение климата и ландшафтов за последние 65 миллионов лет. М.: ГЕОС, 1999. 260 с.
4. Динамика ландшафтных компонентов и внутренних морских бассейнов Северной Евразии за последние 130 тысяч лет. М.: ГЕОС, 2002. 231 с.
5. Котляков В.М. Географические открытия второй половины XX века в Антарктиде и их глобальное значение // Состояние и развитие горных систем: Матер. науч. конф. по монтологии. СПб. 2002. С. 41-47.
6. Величко А.А. Динамика ландшафтных компонентов и внутренних морских бассейнов Северной Евразии за последние 130 тысяч лет. М.: ГЕОС, 2002. 231 с.
7. Velichko A., Spasscaya I. Climatic Change and Development of Landscape // The physical geographe of Northern Eurasia. Oxford University. 2002. P. 36-69.
8. Вальтер Г. Растительность Земного шара. Т. 1 – 3. М., 1969 – 1975.
9. Пахомов М.М. Ледниково-межледниковые циклы в аридных районах Северной Евразии / Изв. РАН. Сер. геогр. № 3. 2006.
10. Хотинский Н.А. Голоцен Северной Евразии. М.: Наука, 1977. 198 с.
11. Климанов В.А. Позднеледниковье и голоцен // Изменение климата и ландшафтов за последние 65 миллионов лет. М.: ГЕОС, 1999. С. 76-83.
12. Климанов В.А. Изменение климата Северной Евразии в позднеледниковье и в голоцене и его естественное развитие // Пути эволюционной географии (итоги и перспективы). М., 2002. С. 240-252.
13. Серебряный Л.Р. Динамика покровного оледенения и гляциоэвстазия в позднечетвертичное время. М.: Наука, 1978. 269 с.
14. Свиточ А.А. Морской плейстоцен побережий России. М.: ГЕОС, 2003. 361 с.

Основные принципы систематизации эколого-геокриологической информации

М.М. Шац

Институт мерзлотоведения СО РАН

В работе показаны разнообразные аспекты природопользования в криолитозоне. Применительно к основному для Якутии типу природно-техногенных комплексов – месторождениям полезных ископаемых рассмотрены аспекты, связанные с систематизацией эколого-геокриологической информации, предложены структура и рубрикация семи основных тематических разделов тематических баз данных.

Different aspects of nature management in permafrost zone are shown in the work. The aspects of ecologo-geo-cryologic information systematization are considered in appliance to the typical nature-technogenic complexes of Yakutia. The structure and rubricating of the seven main thematic parts of thematic databases are offered.

Ключевые слова: криолитозона, Якутия, природно-техногенные комплексы, база данных

Использование богатейших природных ресурсов Севера обуславливает возникновение ряда специфических геоэкологических проблем.

Как было показано ранее [1 – 4], при разноплановом и широкомасштабном освоении северных территорий обязательна оптимизация природопользования, заключающаяся в целенаправленном сочетании определённых видов хозяйственной деятельности и компенсационных мероприятий, обеспечивающих поддержание био- и геологических составляющих природной среды в близком к относительно стабильному экологическому состоянию.

При любых вариантах природопользования необходимо уже на начальном этапе освоения оценить фоновое (естественное или близкое к нему) состояние природной среды, сопоставить его с планируемыми вмешательствами и прогнозировать ожидаемую динамику, предусматривая соответствующие меры для уменьшения, а в отдельных случаях и исключения негативного последствия.

В последние годы получили широкое развитие исследования, основанные на использовании при анализе полученных результатов возможностей современных компьютерных технологий. В частности, для систематизации и наглядного отображения данных мониторинга эколого-геокриологических условий в связи с динамикой окружающей среды под влиянием природно-техногенных комплексов (ПТК) успешно применяются ГИС-технологии. Данный подход позволяет практически в реальном режиме

времени интегрировать и наглядно представлять самую разнообразную, в т. ч. «многослойную», информацию о состоянии окружающей среды и её динамике на различных стадиях освоения.

При этом наиболее удобной для последующего использования специалистами различных отраслей формой представления материалов являются базы данных проблемно ориентированной информации. В данной работе основное внимание уделено принципам сбора, систематизации и анализа информации этого направления, а специфические вопросы ГИС-технологий автор оставляет специалистам этой отрасли. В настоящее время в относительно законченном для современного периода виде представлены базы эколого-геокриологических данных для Западно-Якутской алмазной провинции и Южной Якутии [4, 5].

Многолетний опыт геоэкологических исследований позволяет отметить необходимость привлечения при исследовании преобразования окружающей среды в районах с различной спецификой воздействий (в зонах урбанизации, на территориях горнодобывающей деятельности: добычи алмазов, олова, золота, угля; извлечения, транспортировки и переработки углеводородов и т. д.) комплексных методов и подходов.

Очевидно, что в результате всей отмеченной деятельности формируются своеобразные ПТК, под которыми предлагается понимать сочетание определённых техногенных систем, одной или нескольких, отраслевой принадлежности, функционирующих в конкретных природных условиях и отличающихся

специфическими геоэкологическими последствиями своей деятельности.

Из широкого комплекса техногенных факторов для Якутии ведущими являются горнодобывающая и селитебная отрасли. В данной статье освещена специфика систематизации эколого-геокриологической информации применительно к горнодобывающей отрасли.

Проблемы рационального природопользования и воспроизводства природных ресурсов Якутии остаются актуальными на протяжении более семидесяти лет.

Первые попытки их решения можно отнести к началу комплексных исследований географической среды республики на рубеже двадцатых-тридцатых годов прошлого века.

В начале шестидесятых годов в Якутске начинается формирование Якутского филиала АН СССР и создаётся Институт мерзлотоведения СО АН СССР. В то время в структуре филиала наиболее крупными были институты, исследования которых ориентировались скорее на изъятие природных ресурсов, чем на их рациональное использование, а тем более – воспроизводство. Это Институты геологии, физико-технических проблем Севера, а несколько позднее – горного дела Севера СО АН СССР. Тем не менее уже тогда в Институте биологии СО АН СССР выполнялся значительный объём работ, впоследствии ставших основой экологической проблематики.

В это же время в институте мерзлотоведения СО АН СССР ряд исследователей (П.И. Мельников, Н.А. Граве, Н.П. Анисимова, В.Т. Балобаев, Ф.Э. Арэ и многие другие) в своих работах затрагивали эколого-геокриологическую проблематику в части изменения мерзлотных условий под воздействием человека. Подробный обзор работ данного направления этого периода сделан Дж. Брауном и Н.А. Граве [6].

Рассматривая исследования экологической направленности этого периода, следует отметить их фрагментарность, разобщённость по отдельным частным отраслям знаний. Однако именно в это время начали формироваться системные представления о необходимости интегрального подхода к экологической тематике. На фоне общей недооценки очевидных негативных тенденций в динамике природной среды республики, как и Севера в целом, это явилось несомненным успехом.

В восьмидесятые годы пришло понимание необходимости более комплексного и специализированного подхода к проблеме природопользования на Севере. Разноплановое и неконтролируемое вмешательство в естественное развитие природных сред в пределах обширных территорий, особенно в районах активной горнодобывающей и селитебной деятельности, гидротехнического строительства и т. д., приводило к их отчётливому преобразованию, а в центрах освоения – и к полному уничтожению естественной ландшафтной структуры.

В восьмидесятые годы в Институте мерзлотоведения СО АН СССР по инициативе П.И. Мельникова и Н.А. Граве проводится работа по систематизации эколого-геокриологической информации.

Общая методология её получения в результате проведения геокриологического мониторинга в криолитозоне освещена в статье П.И. Мельникова с соавторами [2]. Показано, что поскольку геокриологический фактор выступает на Севере ведущим компонентом природной среды, то при любых геоэкологических построениях он должен быть принят за основной – ведущий.

Выдвинута концепция о необходимости сопровождения любых видов природопользования разномасштабным картографическим мониторингом состояния природной среды. В качестве её интегрального показателя предложен мерзлотный ландшафт, являющийся, по сути, экологическим фоном, на котором и осуществляется вся многообразная хозяйственная деятельность. Отмечено, что при составлении специализированных геоэкологических карт, наряду с традиционными элементами нагрузки, необходимо отображать и своеобразие взаимодействия различных факторов, особенно техногенных. До этого времени данному аспекту внимания почти не уделялось.

Позднее под руководством сотрудника Института А.Н. Фёдорова проведено системное обобщение геоэкологической информации в виде сначала кадастра мерзлотных ландшафтов, а затем и ряда крупных картографических обобщений. Именно эти работы явились первой попыткой систематизации проблемно-ориентированной эколого-геокриологической информации для интенсивно осваиваемой многими отраслями народного хозяйства территории Якутии.

Работы геоэкологической направленности продолжают в Институте мерзлотове-

дения СО РАН по нескольким тематическим направлениям. В первую очередь это мерзлотно-ландшафтная тематика, развивающая и детализирующая упомянутые выше наработки.

Весьма интересные материалы по геоэкологическим последствиям деятельности горнодобывающей отрасли также были получены в районах разработки крупных месторождений алмазов, угля, углеводородов, олова [3, 4].

В последние годы разнообразные работы природоохранной и природопользовательской тематики фундаментального и прикладного характера успешно проводятся в институтах ЯНЦ СО РАН.

Одному из развиваемых в последние годы направлений – систематизации эколого-геокриологической информации и подготовке тематических баз данных природно-техногенных комплексов Якутии и посвящена данная статья.

Анализ современных геоэкологической обстановки и специфики пространственного распределения народно-хозяйственных объектов республики позволяет выявить в её пределах ряд крупных экономико-территориальных комплексов, относящихся к горнодобывающей отрасли.

- западная и северо-западная алмазные провинции;
- юго-западная и западная углеводородные провинции;
- южная, центральная и северо-восточная угольные провинции;
- южная и северо-восточная провинции драгоценных и цветных металлов.

Для каждого из них специфика негативных последствий освоения, их масштабы и степень преобразования природных сред зависят от ряда обстоятельств.

В частности, принципиальное значение имеют вид добываемого полезного ископаемого, способ и стадия добычи. Особенно широко масштабны нарушения поверхностных условий при открытом способе, связанном с созданием карьеров, разрезов и т. п., достигающих иногда многих десятков квадратных километров, сопутствующих отвалов и т. д. Обычно при этом нагрузки на поверхностные геосистемы превышают предельно допустимый уровень, и они полностью преобразуются. В частности, особому воздействию подвергаются микро- и мезорельеф, почвенно-растительный покров, поверхностные и грунтовые воды.

Менее масштабны и губительны для поверхностных геосистем последствия подземного способа добычи. При этом в значительной степени воздействию подвержены более глубокие горизонты горных пород. Это приводит к значительному изменению температур и свойств горных пород, режима и состава подземных вод. В то же время, но в меньшей степени воздействию подвергаются упомянутые поверхностные компоненты окружающей среды.

Весьма важен вид добываемого полезного ископаемого. От состава полезного компонента и вмещающих его пород в значительной степени зависят способ добычи, а значит, и размеры неизбежно возникающих геохимических аномалий, степень их геоэкологической опасности и т. д.

Существенное значение имеет и стадия освоения. При этом степень и масштабы техногенного пресса отчётливо возрастают от стадии съёмки до собственно разработки месторождения.

Так, для стадии съёмки характерны локальные воздействия на площадках полевых лагерей с частичным уничтожением растительного покрова. Подобные площадки относятся к категории слабо нарушенных и занимают обычно около 1 – 2% всей территории освоения. Впоследствии масштабы и степень преобразования природных сред возрастают и на стадии разработки участки с крайне высокой, а часто и катастрофической степенью нарушенности природных сред занимают значительные площади, порой составляющие более 50% всей территории месторождения.

При систематизации объектов горнодобывающей отрасли в базу данных необходимо, наряду с технологическими и горно-геологическими материалами, включать информацию мерзлотно-ландшафтного характера. Учёт естественного фона, отдельных составляющих ландшафтной структуры, их естественного состояния и техногенной динамики – обязательное условие комплексного информативного обеспечения, позволяющего приступить к разработке рекомендаций по прогнозированию и уменьшению негативных последствий деятельности объектов горнодобывающей отрасли.

Весьма значительное влияние на состояние природных сред оказывают отдельные объекты инфраструктуры сопутствующих центрам горнодобывающей отрасли населённых пунктов – энергетические, транспортные

и т. д. Наибольшему воздействию при этом подвергается атмосфера и поверхностные геосистемы.

Однако для конкретных чрезвычайно контрастных и весьма суровых природных условий Якутии наиболее экологёмкой является горнодобывающая отрасль.

При геоэкологической характеристике горно-промышленных ПТК предлагается обобщить и систематизировать следующую тематически структурированную информацию.

1. Наименование месторождения.

2. Местоположение и природные условия, включая административный таксон и природную структуру (долина водотока, орографический элемент, климат, почвенно-растительный покров, мерзлотные условия и т. д.).

3. Вид полезного ископаемого. В геоэкологическом отношении имеет довольно серьёзное значение. При этом степень последствий зависит как от свойств самого полезного ископаемого, так и от состава вмещающих его пород. Особенно экологически опасными являются месторождения нефти. Их разработка даже в безаварийном режиме приводит к значительным трансформациям геосистем, а при разливах могут загрязняться огромные площади. Несколько меньшую опасность представляют месторождения золота. Правда, в процессе его извлечения иногда используются весьма токсичные вещества. В частности, это относится к методу кучного выщелачивания, в последние годы используемого на месторождениях Южной Якутии.

4. Способ обработки при оценке геоэкологических последствий добычи, как отмечалось ранее, имеет принципиальное значение.

5. Стадия и технология обработки месторождения также имеют важное значение для оценки геоэкологической обстановки его района. На стадии съёмки происходят незначительные локальные, описанные ранее, в основном механические, нарушения поверхностных геосистем. Более существенные негативные последствия могут принести лишь техногенные пожары. При переходе к следующим стадиям разведки, строительства и собственно эксплуатации горнодобывающих объектов степень техногенного пресса и площади поражённых территорий многократно возрастают.

Принципиальное значение для тяжести эколого-геокриологических последствий имеет и технология обработки месторожде-

ния. Привлечение специальных природосберегающих технологий позволяет существенно уменьшить степень негативных последствий освоения и тем самым существенно сократить затраты на проведение природоохранных и компенсационных мероприятий.

6. Степень последствий воздействий на природные среды при отработке месторождений является одним из наиболее комплексных показателей их геоэкологического состояния. Данная оценка требует значительного объёма исходной информации как по объекту воздействия, так и по подвергающейся освоению территории.

Степень последствий разнообразных воздействий при отработке месторождений рационально разделить по следующим градациям:

- *низкая степень* последствий предполагает незначительные нарушения поверхности площади, позволяющие осваивать её при минимальной подготовке;
- *умеренная степень* предполагает ограниченные по площади и по степени нарушения и загрязнения природных сред, не приводящие к необратимым негативным последствиям;
- к *высокой степени* следует отнести последствия, которые в результате существенных нарушений привели площади освоения в состояние, когда восстановление возможно при условии проведения специальных дорогостоящих мероприятий;
- к *катастрофической степени* отнесены площади, которые в результате комплекса воздействий (механических, химических и т. д.) в сочетании с активизированными экзогенными процессами (термоэрозия, термокарст, склоновые и т. д.) приведены в состояние, исключающее восстановление их естественного состояния.

7. Категория объекта по степени тяжести последствий его деятельности является результирующим показателем геоэкологического состояния территории. С одной стороны, отнесение каждого объекта к определённой категории отражает специфику его взаимодействия с природными средами, с другой – сочетание объектов в пределах определённых территорий обуславливает их геоэкологическое состояние.

Ранжирование объектов осуществляется по результатам анализа всей исходной, ос-

вещённой в предыдущих разделах информации. Предлагается выделить четыре категории объектов:

- мало опасные;
- умеренно опасные;
- опасные;
- особо опасные.

Объекты, причисленные к категории *мало опасных*, обычно включают месторождения, находящиеся в самой ранней стадии освоения (поиски, разведка). Они, хотя и наносят окружающей среде небольшой вред, но, как и все остальные, требуют серьёзного внимания.

Умеренно опасные объекты, а обычно это месторождения полезных ископаемых на начальных стадиях отработки, характеризуются сравнительно невысоким уровнем воздействия на геосистемы, приводящим к формированию пространственно ограниченных поражённых и заражённых участков.

Необходимо также учитывать вероятность концентрации значительного числа подобных объектов в пределах ограниченных неблагоприятных в геоэкологическом плане территорий и т. д.

Особо следует учитывать возможность нарушения технологических условий эксплуатации объектов двух первых категорий, возникновения аварийных ситуаций с последующей резкой активизацией негативных процессов в виде разовых и систематических выбросов, разливов и т. д. В обоих подобных случаях категория объекта по степени геоэкологической опасности неизбежно возрастает.

К категории *опасных* относятся объекты, наносящие природе очень серьёзный ущерб. В основном в эту категорию включают месторождения, разрабатываемые открытым способом с выемкой и местным складированием значительных объёмов горной массы, с извлечением токсичных основных и сопутствующих полезных компонентов (нефть и т. п.) и т. д.

К категории *особо опасных* отнесены объекты, создание и функционирование которых связаны с исключительно интенсивным воздействием на геосистемы, сопровождающимся масштабным уничтожением почвенно-растительного покрова, преобразованием микро- и мезорельефа, нарушением режима поверхностных и подземных вод, теплофизических и физико-механических свойств значительных толщ горных пород, загрязнением большинства компонентов геосистем и т. д. К данной категории могут быть отнесены открытые разработки крупных мес-

торождений полезных ископаемых с выемкой огромных объёмов горных масс, содержащих токсичные или радиоактивные элементы с сопутствующими горно-обогатительными комбинатами, очень крупные комплексы по добыче нефти и т. д.

Объекты двух этих категорий требуют особого внимания, необходим всесторонний учёт их негативного влияния на геосистемы и организация систематического мониторинга за последствиями отработки.

В настоящее время месторождения, относящиеся к категории особо опасных, на территории республики отсутствуют.

Предположительно в эту категорию могут перейти достаточно крупные месторождения нефти (Талаканское), угля (Нерюнгринское), алмазов (Удачинское) при серьёзных технологических авариях. Возможно, к категории особо опасных будут относиться планируемые к отработке месторождения урана в Южной Якутии.

Стоит также отметить месторождения золота Нежданинское и Кечус, во вмещающих породах, эндогенных ореолах и рудах которых содержатся высокие концентрации токсичных элементов – Hg, As, Sb и др. При их отработке, в случае значительных технологических аварий или катастроф, можно предполагать последствия, анализ которых позволяет отнести эти месторождения к категории потенциально особо опасных.

При характеристике горнодобывающей деятельности внимания требуют не только объекты, связанные собственно с добычей полезных ископаемых, но и с транспортировкой некоторых из них. Особенно показательны в этом плане трубопроводы, предназначенные для перемещения углеводородов – нефти и природного газа.

Как отмечалось, наряду с ПТК, связанными с горнодобывающей и селитебной отраслями, определённую, а порой и значительную роль в формировании геоэкологической обстановки отдельных частей Якутии играют объекты, относящиеся к энергетической, транспортной, лесотехнической деятельности и т. д.

Поэтому информация о них тоже должна быть включена в систему тематических баз данных. При этом рубрикация в основном зависит от ведомственной специфики объектов. Работы этого направления только начаты, поэтому в данной статье приведены самые общие, но и в таком виде, по нашему мнению, полезные соображения.

В частности, среди энергетических ПТК, по способу получаемой электрической энергии, можно выделить: тепловые, гидро-электростанции. В перспективе в республике предполагается задействовать энергетические источники иных типов – атомные, ветровые и т. д.

В дальнейшем при развитии направления рациональна последующая дифференциация объектов. Так, среди тепловых могут быть выделены электростанции, работающие на природном газе, угле, нефти, мазуте и т. д.

В настоящее время в распределении энергетических ПТК республики по типу используемого топлива следует отметить подавляющее преобладание тепловых станций. При этом уникальны для Севера, и не только российского, тепловые станции в Якутске, Нерюнгри и т. д.

Не имеющий в мировой практике строительства на многолетнемерзлых породах каскад Вилюйских ГЭС обеспечивает потребности Западной и Северо-Западной Якутии.

В обозримом будущем на р. Тимптон в Южной Якутии предполагается создание нескольких ГЭС, способных обеспечить энергией не только ближайшие российские регионы, но и нуждающиеся в ней зарубежные страны, в первую очередь – КНР.

Транспортные ПТК могут быть подразделены в зависимости от способа передвижения на воздушные, наземные и водные. В свою очередь каждый из этих комплексов можно дифференцировать на:

- воздушные (самолётные и вертолётные);
- наземные (автомобильные, железнодорожные и т. д.);
- водные (теплоходные, паромные, скоростные и т. д.).

По назначению все виды транспорта можно разделить на пассажирские и грузовые. В дальнейшем детализация данного направления может быть продолжена, а также для всех видов транспортных ПТК следует подготовить характеристику геоэкологических последствий деятельности каждого из них.

В принципе транспортная деятельность в пространственном отношении наиболее рассредоточена. Особенно наглядно это выглядит применительно к огромным размерам республики и её разреженной транспортной сети. В то же время в республике сформировались несколько крупных транспортных узлов, в пределах которых сосредоточен ряд отраслевых ПТК.

В первую очередь это – Якутск, в пределах которого функционируют:

- авиационный ПТК (аэропорты Якутск и Магадан);
- автомобильный ПТК (автовокзал, сеть АТП и дорог и т. д.);
- речной ПТК (пассажирский и грузовой участки речного порта, паромные переправы и т. д.).

В ближайшем будущем к ним добавятся ПТК, связанные с железнодорожным транспортом и сейчас развитые только в Южной Якутии.

Кроме Якутска, крупными транспортными узлами являются Нерюнгри (авиационные, железнодорожные, автомобильные пассажирские, грузовые и технологические ПТК), Алдан, Ленск, Мирный и т. д.

Один из крупнейших российских транспортных узлов по переходу с речных на морские суда – порт Тикси. Последние годы в связи с резким сокращением перевозок по Северному морскому пути он задействован мало. Однако с 2004 г. значительный интерес к активизации перевозок по этой важнейшей транспортной магистрали проявляют японские бизнесмены. Можно ожидать, что скоро и этот важнейший для экономики республики транспортный ПТК будет задействован более активно.

Ещё одной в недавнем прошлом важнейшей для экономики республики отраслью является лесотехническая. Во второй половине прошлого века заготовка, транспортировка и переработка высокосортной древесины во многих районах Южной и Юго-Западной Якутии (Ленск, Витим, Олёкминск и др.) приносили значительный доход экономике республики. Однако в девяностые годы прошлого и в начале нашего века отрасль значительно сократила объёмы производства. Но и в настоящее время геоэкологические последствия вырубки обширных лесных территорий, особенно проводимых бессистемно, без соблюдения соответствующих требований и технологий могут быть весьма губительны и подлежат обязательному учёту.

Приведённые данные свидетельствуют о целесообразности обобщения геоэкологической информации по ПТК различной ведомственной принадлежности, её систематизации в виде тематических баз данных и последующего анализа с применением современных компьютерных технологий.

По мере расширения объёма систематизируемой информации для каждого из обозначенных направлений должны быть разработаны более совершенные рациональная структура и тематическое содержание баз данных, отображающих материалы по геоэкологическим последствиям деятельности различных ПТК республики.

Литература

1. Геоэкологические опасности. Природные опасности России. М.: Издательская фирма «Крук», 2000. 316 с.
2. Мельников П.И., Граве Н.А., Шац М.М., Шумилов Ю.В. Проблемы мониторинга криолитозоны //

Известия АН. Серия географическая. М. 1987. № 5. С. 103-108.

3. Шац М.М. Дистанционные эколого-геоэкологические исследования. Якутск. 1997. 78 с.

4. Шац М.М., Соловьев В.С. Дистанционный мониторинг геоэкологической обстановки Севера. Учебное пособие. Якутск: Изд. Института мерзлотоведения СО РАН, 2002. 63 с.

5. Шац М.М., Галкин А.Ф. База данных № 0220409730 «Опасные и потенциально опасные геотехнические объекты алмазной провинции РС(Я)». Электронная база данных. Государственный регистр баз данных РФ. Свидетельство № 9045 от 03.06.2004. 94,4 Мв. 6 печ. л.

6. Браун Дж., Граве Н.А. Нарушение поверхности и её защита при освоении Севера. Новосибирск: Наука, 1981. 88 с.

УДК 551.45+631.42

Мониторинг структуры доминирования травяных экосистем под влиянием Саяно-Шушенского водохранилища

А.Д. Самбуу

Тувинский институт комплексного освоения природных ресурсов СО РАН

В статье рассмотрены изменения в структуре доминирования видов растений в надземной и подземной сфере, начавшейся в травяных экосистемах зоны затопления под влиянием Саяно-Шушенского водохранилища.

Затопление и переувлажнение, связанные с вводом в эксплуатацию Саяно-Шушенской ГЭС, трансформируют растительность, вызывая затопление некоторых степных, луговых и лугово-болотных экосистем и замещение степных экосистем луговыми, луговых – заболоченными участками, что приводит к выраженной мезофитизации растительности.

Monitoring results showing changes in vegetation dominants structure in the above ground and below-ground sphere of the grassland ecosystems under the influence the Sayan-Shushensc water storage zone are presented.

Under the influence of the Sayan-Shushensc water storage zone natural vegetation of the grassland ecosystems got changed, there appeared changes in the species structure, some parts of the steppe, meadow and marsh ecosystems were flooded, some steppe ecosystems were replaced with meadow and meadow-marsh ecosystems.

Ключевые слова: доминанты, экосистемы, затопление, изменение структуры

В конце XIX века на р. Енисей создан каскад водохранилищ ГЭС, состоящий из Красноярского и Саяно-Шушенского водохранилищ и их нижних бьефов. В результате как в самой речной системе, так и в прилегающих территориях произошли значительные изменения природных условий. Изменения в растительном покрове зоны действия Саяно-Шушенского водохранилища прежде всего связаны с коренными изменениями ландшафтной структуры, с затоплением базисной части длинного комплекса Енисея (пойм, островов, террас и нижней части склонов до высоты 540 м над уровнем моря) и образованием значительной зоны сработки с оползнями и обвалами.

Накопление воды в водохранилище в течение всего летнего периода приводит к затоплению берегов как в Саянской трубе, так и в Улуг-Хемской котловине Тувы. Осенью происходит сработка накопленной воды. Всё это приводит к формированию в долине полосы временного затопления. В статье рассмотрены изменения в структуре доминирования видов растений в надземной и подземной сфере, начавшейся в травяных экосистемах зоны затопления под влиянием Саяно-Шушенского водохранилища.

Объекты и методы исследования

Саяно-Шушенское водохранилище представляет собой водоём годичного регулирования поступающего стока с ежегодной сработ-

кой уровня к 10 – 15 мая до отметки 506 м или УМО – 500 м (рис. 1).

Водоохранилище состоит из каньонообразной и озёровидной частей. На территории Тувы расположены хвостовая озёровидная часть водохранилища и небольшой отрезок каньонообразной части.

Основные параметры водохранилища в пределах республики Тыва [1]:

- максимальная отметка наполнения водохранилища (или НПУ) – 540 м;
- отметка сработки (или УМО) – 500 м;
- общая протяжённость – 79 км;
- длина каньонообразной части – 27 км;
- длина озёровидной части – 52 км;
- средняя и максимальная ширина каньона – 1 км и 1,8 км;
- озёровидной части – 7 км и 12 км;
- длина береговой линии озёровидной части – 312 км;
- средняя глубина в каньоне – 40 м;
- в озёровидной части – 20 м;
- площадь мелководий (до 1 м глубиной) – 7,5 км²;
- площадь акватории озёровидной части – 262 км².

С начала работы водохранилища (1979 г.) выделяется два периода: период заполнения водохранилища (1979 – 1990 гг.) и период эксплуатации, начавшийся с 1990 г., когда было отмечено максимальное заполнение чаши водоёма до 540 м, и по настоящее время.



Рис. 1. Карта-схема исследуемых участков Саяно-Шушенского водохранилища: А – Шагонарская долина, Б – Чаа-Хольская долина

Объектами исследования были участки Шагонарской и Чаа-Хольской долин, расположенные в зоне затопления Саяно-Шушенского водохранилища (рис. 2). Зону влияния водохранилища можно разделить на три участка.

Первый участок находится полностью под водой – прирусловая, центральная части поймы и нижняя часть 1-й надпойменной террасы.

Второй участок – верхняя часть 1-й надпойменной террасы и 2-я надпойменная терраса затопляются сезонно, постепенно покрываясь водой с середины мая по сентябрь и освобождаются от воды в октябре.

Третий участок – подтопляемая коренная надпойменная терраса.

Сотрудниками Центрального сибирского ботанического сада СО РАН под руководством А.В. Куминовой в 1977 году до затопления была составлена геоботаническая карта данной территории. Для изучаемых участков были характерны сочетания сухостепной, степной, луговой и лугово-болотной растительности [2]. На начальном этапе заполнения водохранилища исследования были продолжены в 1989 – 1991 гг. сотрудниками Института почвоведения и агрохимии СО РАН под руководством А.А. Титляновой. Новый цикл наблюдений при постоянном режиме функционирования водохранилища был осуществлён нами в 2001–2007 гг.

Для изучения растительности использовали общепринятые методики. Геоботанические описания экосистем проводили на каждом участке на пяти площадках размером 100 м². Для определения фитомассы на каждом участке закладывалось случайным образом 8 экспериментальных площадок. На всех площадках надземную фитомассу срезали на уровне почвы и с почвы собирали подстилку. Ветошь отбирали отдельно от зелёной фитомассы и последнюю разбирали по видам.

Для определения подземной фитомассы в середине каждой площадки отбирали почвенные монолиты поверхностью 10 см², длиной 10 см, объёмом 10 дм³. Глубина отбора монолитов – 0 – 10 и 10 – 20 см. Подземную

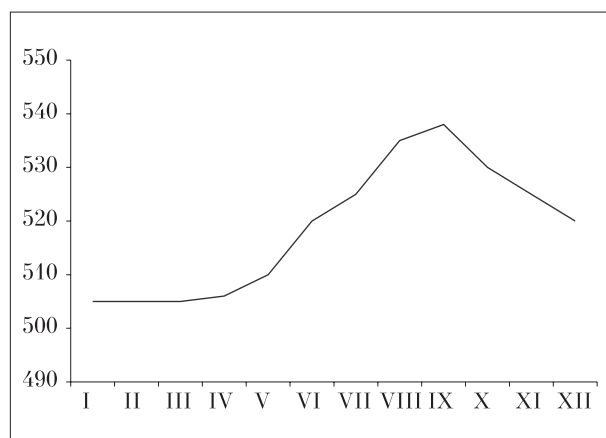


Рис. 2. Режим наполнения Саяно-Шушенского водохранилища на 2004 г.

фитомассу отмывали от почвы методом декантации с применением сита с отверстием 0,3 мм, растительный материал собирался на сите. При отмывке монолитов из слоя почвы 0 – 10 см живые корни и корневища отдельных видов тщательно выбирали из общей массы. Всю надземную и подземную фитомассу высушивали 24 часа при 80°C и взвешивали. Запасы всех компонентов выражали в граммах на квадратный метр для определённого слоя почвы.

Подземную фитомассу (отделённые крупные корни и корневища и мелкие корни) просеивали на почвенных ситах для определения фракции крупных (длиной более 2 см) и мелких (менее 2 см) корней. Узлы кущения отрезали от корней крупной фракции, затем корни визуально разделяли на живые и мёртвые, используя определённые признаки. Живые корни более эластичны и не ломаются при скручивании или лёгком растяжении. Активно растущие корни светлее, имеют тургор и покрыты корневыми волосками. Корни имеют оттенки разных цветов, и в зависимости от возраста, роста и развития интенсивность цвета меняется. Мёртвые корни – тёмные, не ветвистые, сухие и ломкие. Прошлогодние, а также омертвевшие много лет назад корни и корневища отличаются безжизненностью и не связаны с живыми частями растений, а если связаны, то легко отделяются от живых корней.

Для разборки подземного растительного материала по видам нами предварительно был составлен альбом растений с надземными и подземными органами на разных стадиях их развития.

Результаты и их обсуждение

В результате «работы» водохранилища возникли экосистемы с переменным режимом затопления (часть 1-й и 2-я надпойменная терраса) и переменным режимом увлажнения (надпойменная коренная терраса). Влияние данных режимов особенно велико в связи с климатом Тувы, который отличается резкой континентальностью, коротким, но жарким летом, продолжительной и малоснежной зимой, малым количеством осадков и длительными засухами.

В связи с воздействием водохранилища на исследуемых участках изменились не только структура и видовой состав растительности, но и структура доминирования.

Говоря о доминировании, мы могли сравнивать 1977 и 1990, 2007 гг. условно. В 1977 г.

доминанты выделялись по доле проективного покрытия. Наше понимание доминантов совпадает с определением Дж. Грайма [5], который называл доминантами виды, постоянно присутствующие в сообществе, дающие основной вклад в общую фитомассу, захватывающие ресурсы и влияющие на другие виды, благодаря изменению воздушных, почвенных и биотических условий. Мы считаем доминантами виды, вклад которых в зелёную фитомассу (G) и/или в живые подземные органы (B) превышает 10% от общей фитомассы. В число содоминантов входят виды с соответствующим вкладом от 10 до 1%, в число минорных – виды с вкладом <1% [3]. Целью данной работы было изучение доминантов в надземной и подземной сферах сообщества (табл. 1).

Для установления видовой принадлежности подземных органов растений использовали составленные нами альбомы. Корни и корневища разных видов вполне различимы. Так, например, корни *Stipa krylovii* имеют цвет от белого до грязно-желтоватого, особыми приметам корней *Stipa krylovii* являются чехлы из опробковевшей серой ткани, покрывающей крупные корни первого порядка. Корни другого вида ковылей – *Stipa orientalis* отличаются цветом, который меняется от белого матового до светло-коричневого. Чехлы, покрывающие крупные корни, сформированы опробковевшей желтоватой тканью. Корневищное растение *Carex duriuscula* имеет светло-коричневое корневище и много корней второго и третьего порядка. Эти тонкие корешки отличаются жёсткостью, сильной ветвистостью и рыжим цветом. Корневища другой осоки – *Carex enervis* коричневого цвета, с обилием корней второго и третьего порядка. Корешки характеризуются тонкостью, мягкостью и эластичностью. Корневища *Potentilla acaulis* деревянистые, хрупкие; цвет корневищ *Potentilla anserina* меняется от коричневого до чёрного, прикреплённые корешки – тонкие, почти одинаковой длины 15 – 25 см. *Agrostis gigantea* обладает многочисленными корневищами тёмно-коричневого цвета, от которых отходят молодые белые подземные побеги. Корневища *Elytrigia repens* отличаются коричневым цветом, они длинные, ползучие, шнуровидные, с многочисленными белыми побегами. Описание корневых систем части видов сделано ранее А.А. Титляновой и др. [4].

В надземной фитомассе первого участка в 1977 г. доминировало 10 видов, на первой

Таблица 1

Долевое участие доминантов в сложении общей надземной (G) и подземной (В) фитомассы на исследуемых участках, %

№	Доминанты	Участок 1				Участок 2				Участок 3			
		G		В		G		В		G		В	
		1977 г.	1990 г.	2007 г.	2007 г.	1977 г.	1990 г.	2007 г.	2007 г.	1977 г.	1990 г.	2007 г.	2007 г.
1	<i>Agrostis gigantea</i>	+	15	12	20	+	15	20	20				
2	<i>Alopecurus arundinaceus</i>		10	10	18	+						10	12
3	<i>Achnatherum splendens</i>	+				+						10	20
4	<i>Artemisia frigida</i>					+							
5	<i>Bl?smus sp.</i>						10						
6	<i>Bromopsis inermis</i>	+	10		11	+		12	10			10	10
7	<i>Carex gracilis</i>	+											
8	<i>C. cespitosa</i>			18	10								
9	<i>C. enervis</i>	+		10		+					10	12	10
10	<i>Calamagrostis epigeios</i>							15	12				
11	<i>Cleistogenes squarrosa</i>												
12	<i>Cannabis ruderalis</i>		10	10	5	+	10	10	5			10	10
13	<i>Chenopodium album</i>						15				15		
14	<i>Eleocharis palustris</i>		10	15	12								
15	<i>Elytrigia repens</i>	+	12	12	13	+	12	12	10			10	10
16	<i>Equisetum palustre</i>		10									10	10
17	<i>Elymus mutabilis</i>												
18	<i>Glycyrrhiza uralensis</i>	+				+						10	
19	<i>Halerpestes ruthenica</i>					+							
20	<i>Leymus paboanus</i>	+				+							
21	<i>L. secalinus</i>	+				+							
22	<i>Potentilla bifurca</i>					+	10	7	10			5	10
23	<i>P. anserina</i>	+						15	10				
24	<i>P. acutis</i>					+							
25	<i>Polygonum aviculare</i>		10				10				10		
26	<i>Stipa krylovii</i>					+	10	6	10			6	10

стадии затопления (1990 г.) – 8. Как уже говорилось выше, расхождение в количестве видов-доминантов возможно за счёт разного подхода к определению доминирования. Вклад семи доминантов из восьми в надземную фитомассу одинаков – 10-12%, и только долевое участие *Agrostis gigantea* составляет 15%.

В 2007 г. в надземной фитомассе доминируют семь видов. *Bromopsis inermis*, *Equisetum palustre*, *Polygonum aviculare* выпали из числа доминантов, появилось два новых доминанта – *Carex cespitosa* и *C. enervis*. Долевое участие доминантов стало более пёстрым. В подземной фитомассе доминируют шесть видов. Кроме *Agrostis gigantea* и *Alopecurus arundinaceus*, все остальные виды в подземной фитомассе имеют близкое долевое участие. *Bromopsis inermis* доминирует в подземной сфере, несмотря на то, что его нет в числе доминантов надземного яруса.

На втором участке в 1977 г. было самое большое количество доминантов (14). Видовой состав в 1990 г. включал восемь доминантов, где относительный вклад каждого вида в зелёную фитомассу почти одинаков. Важно отметить, что из восьми доминантов пять видов доминировали и в 1977 г. В состав доминантов, в частности, вошли сорные виды *Blytus sp.*, *Polygonum aviculare*, *Chenopodium album*. На 28-й год сукцессии в растительности участка происходит дальнейшая смена доминантов. Из числа старых доминантов сохранили свое долевое участие *Agrostis gigantea* и *Elytrigia repens*. Ранее (1990) доминировавшие в надземной сфере *Stipa krylovii* и *Potentilla bifurca* остались в числе доминантов, но только в подземном ярусе. Четыре вида с *Potentilla anserina* являются доминантами в обоих ярусах сообществ.

На третьем участке до затопления было 10 доминантов, после 1990 г. – 9. Из числа доминантов выпадают степные *Artemisia frigida*, *Cleistogenes squarrosa*, *Stipa krylovii* и луговые виды *Elymus mutabilis*, *Leymus paboanus*, *L. secalinus*, их замещают сорные *Cannabis ruderalis*, *Chenopodium album*, *Polygonum aviculare*, луговой *Glycyrrhiza uralensis* и болотный *Equisetum palustre* виды.

После 28 лет сукцессии растительности в обеих сферах сообществ преобладают с почти одинаковым долевым участием (кроме *Achnatherum splendens*) старые доминанты: *Alopecurus arundinaceus*, *Achnatherum splendens*, *Carex enervis* и *Elytrigia repens*. Появляются новые доминанты – *Bromopsis inermis* с равным долевым участием в зелёной и под-

земной фитомассе и два степных вида *Stipa krylovii*, *Potentilla bifurca*, доминирующих в подземной сфере. Сорные виды выпадают из числа доминантов.

Заключение

Сукцессионные процессы в травяных экосистемах и стрессорирующие факторы, такие как затопление и переувлажнение, связанные с вводом в эксплуатацию Саяно-Шушенской ГЭС, трансформируют растительность, вызывая затопление некоторых степных, луговых и лугово-болотных экосистем и замещение степных экосистем луговыми, луговых – заболоченными участками, что приводит к выраженной мезофитизации растительности.

Число видов, доминирующих в надземной фитомассе травяных экосистем исследуемых участков, меняется от 6 до 14, в подземной – от 6 до 7. Наибольшее количество доминантов надземной сферы (4) во все годы изучения участков характерно для сообществ коренной надпойменной террасы, по 2 доминанта – до (1977 г.) и после (1991 г.) затопления. Для начальной стадии сукцессии для всех участков отмечено доминирование как степных, луговых, так и рудеральных и однолетних сорных видов, а для 28-го года сукцессии – уменьшение количества доминантов с 8-9 до 6-7.

Elytrigia repens – постоянный доминант на всех стадиях сукцессии во все годы исследования – вносит почти равный относительный вклад в надземную и подземную (в 2007 г.) фитомассу. Этот вид имеет широкую экологическую амплитуду, в силу чего в пойме *Elytrigia repens* занимает довольно неоднородные местообитания, и входит во многие разнообразные по составу и структуре сообщества. *Agrostis gigantea* доминирует на первом и втором участках до (1977 г.) и после (1991 г.) затопления с почти равным долевым участием в зелёной (12 – 20%) и подземной (20%) фитомассе.

Некоторые виды доминируют только в сообществах в надземном (*Cannabis ruderalis*) или в подземном (*Bromopsis inermis*) ярусе во все годы исследования. При высоких 47 – 85 см маловетвистых стеблях с крупнозубчатыми листьями *Cannabis ruderalis* имеет слабые, хилые корни и поэтому доминирует только в надземной сфере. А *Bromopsis inermis* – наоборот, с мощными длинными корневищами и многочисленными побегами занимает доминирующее положение в подземной сфере.

Степные виды *Stipa krylovii* и *Potentilla acaulis* сохраняют свое господство в подземном ярусе, что является показателем устойчивости степных экосистем к внешним воздействиям, даже таким, как избыточное увлажнение.

Антропогенная трансформация растительности включает в себя несколько различных процессов, в том числе дифференциацию местных видов растений в зависимости от неодинаковой реакции разных видов на антропогенное воздействие. Анализ видов доминантов до и после затопления водохранилищем травяных экосистем Улуг-Хемской котловины позволяет вскрыть природные источники, т. е. местные виды растений таят в себе ресурсы для восстановления растительности, так как они уже самой природой испытаны на выживаемость в нарушенных и созданных Саяно-Шушенским водохранилищем условиях.

Литература

1. Отчёт Ленинградгидропроект. Л. 1991. С. 15 – 37.
2. Мальцева Т.В. Растительность долины р. Улуг-Хем // Растительные сообщества Тувы. Новосибирск: Наука, 1982. С. 29-44.
3. Титлянова А.А., Косых Н.П., Миронычева-Токарева Н.П., Романова И.П. Подземные органы растений в травяных экосистемах. Новосибирск: Наука. Сибирская издательская фирма РАН, 1996. 128 с.
4. Титлянова А.А., Косых Н.П., Романова И.П. Структура доминирования в травяных экосистемах // Проблемы ботаники Южной Сибири и Монголии. Материалы 1-й Международной научно-практической конференции. Барнаул, 2002. С. 212-217.
5. Grime J.P. Plant Strategies and Vegetation Processes. Chichester, UK: John. Wiley and Sons, 1979. P. 222.

УДК 502.55 (203) (470.21)

Количественная оценка аэротехногенного загрязнения территории Мурманской области Часть 2

Н.Е. Раткин, А.В. Шаблова

Институт проблем промышленной экологии Севера КНЦ РАН

Изучены факторы, определяющие пространственно-временной характер атмосферного выпадения сульфатов, никеля и меди на сложно-пересечённую поверхность модельного водосбора озера Чунозеро. Дана оценка уровня локальных атмосферных выпадений загрязняющих веществ на единицу площади типичных ландшафтов от внешних и внутренних источников загрязнения во времени и пространстве. Дана количественная оценка атмосферного выпадения сульфатов, никеля и меди на территории с региональным фоновым уровнем загрязнения во времени.

The factors are considered in the article that influence the space-time character of atmospheric fall-out of sulfates, nickel and copper on complex-crossed surface of the model basin of Chunozero Lake. It presents evaluation of the influence of internal and external contamination sources in time and space on the level of local atmospheric pollutants fall-out per unit of the typical landscapes area. Quantitative evaluation of atmospheric fall-out of sulfates, nickel and copper on the territory with regional background pollution level in course of time is given.

Ключевые слова: аэротехногенное загрязнение, сульфаты, никель, медь, количественная оценка

Введение

Выпадение вещества на подстилающую поверхность определяется двумя процессами – вымыванием осадками и сухим поступлением вещества на подстилающую поверхность в отсутствие осадков [1]. Уровень локального загрязнения подстилающей по-

верхности складывается из «сухого» осаждения вещества под действием сил гравитации и поглощения вещества подстилающей поверхностью и «мокрого» осаждения атмосферными осадками. В локальной зоне загрязняющие вещества присутствуют в атмосфере в виде полидисперсных частиц, имеющих разнообразную форму, размеры

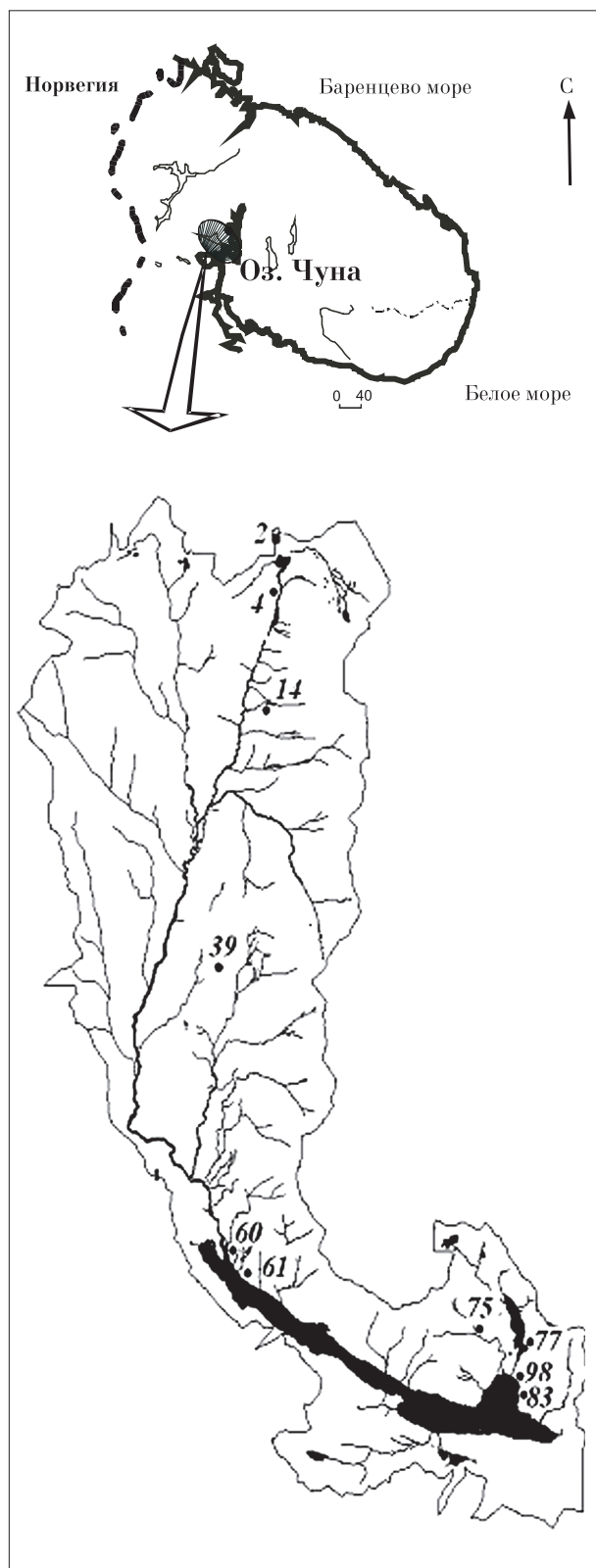


Рис. 1. Карта-схема расположения точек опробования снежного покрова и жидких осадков на водосборе озера Чуозеро

и вес. Поэтому их содержание на территории этой зоны зависит от расстояния от источника выбросов и уменьшается с увеличением расстояния по степенному закону.

Мокрое осаждение, т. е. процесс вымывания загрязняющих веществ атмосферными осадками, осуществляется с помощью двух механизмов [2, 3]:

- 1) внутриоблачного вымывания, основанного на конденсации водяного пара на аэрозольных частичках;
- 2) подоблачного вымывания, основанного на захвате аэрозольных частиц падающими каплями дождя и снежинками.

Эффективность очистки атмосферы при выпадающих осадках, помимо дисперсного состава выбросов и физико-химических свойств загрязнителей, во многом зависит от вымывающей способности снежинки и дождевой капли, которая, по оценкам многих исследователей, неодинаковая.

В случае регионального фоновое загрязнение определяющую роль играет «мокрое» осаждение [4]. Здесь, после значительной «разгрузки» факела в зоне локального загрязнения, загрязнители присутствуют в виде монодисперсных частиц, имеющих небольшие размеры и вес. Данные частицы находятся в атмосфере во взвешенном состоянии и не способны осаждаться на подстилающую поверхность под действием сил гравитации. Поэтому их вывод из атмосферы на земную поверхность в значительной степени определяется вымывающей способностью жидких и твёрдых осадков. Это накладывает свой отпечаток на характер выпадения, по сравнению с импактной зоной, загрязняющих веществ на территории с региональным фоновым уровнем загрязнения.

В связи с этим становятся актуальными исследования, направленные на выявление факторов и уровней выпадений из атмосферы, приоритетных для Мурманской области, сульфатов, никеля и меди на подстилающую поверхность как локальной, так и региональной фоновой зоны.

Материалы и методы

В работе использованы результаты гидрохимического опробования снежного покрова и жидких осадков, выполненные в 2001 году на территории водосборного бассейна озера Чуозеро, находящегося под воздействием горно-металлургического комбината «Североникель» (рис. 1).

В качестве материалов для написания работы использованы данные о выбросах диоксида серы, никеля и меди в атмосферу Мурманской области металлургическим предприятием «Североникель» за 1980 – 2001 годы, данные о суммарных объёмах выбросов этих веществ в атмосферный воздух всеми источниками загрязнения в области за 1980 – 2002 гг., метеорологическая информация метеостанции «Мончегорск» о сезонном распределении направлений ветра и атмосферных осадков за 1980 – 2001 годы, а также многолетние данные по метеоусловиям Мурманской области [5].

В работе использовались топографические карты (М:1:200000) и карты растительности (М:1:50000) Мурманской области.

Индикатором загрязнения выступал снежный покров и жидкие осадки. Суммарное содержание в снежном покрове и жидких осадках сульфатов, никеля и меди определялось к моменту максимального снегонакопления и началу зимы. По характеру поступления на подстилающую поверхность и происхождению суммарное содержание сульфатов, никеля и меди в снеге и жидких осадках складывалось из сухих и влажных выпадений от внутренних и внешних источников загрязнения. В сумму содержания сульфатов входили также сульфаты морского происхождения.

Концентрацию ионов SO_4^{2-} определяли турбидиметрическим методом [6] с окончанием на ФЭК-56-М. Концентрации Ni и Cu определяли атомно-абсорбционным методом на спектрофотометре ААС-2 отдельно в фильтрате и в осадке.

Достоверность полученных результатов достигалась с помощью применения методов математической статистики (нуль-гипотеза, коэффициенты вариации и корреляции).

Результаты и обсуждение

Пространственно-временная оценка локальных выпадений на модельном водосборе озера Чунозеро произведена на основе расчёта как концентрации вещества в снежном покрове и жидких осадках, так и запаса влаги в снежном покрове с применением уравнений, полученных ранее [7, 8].

Произведено сопоставление расчётных концентраций с измеренными концентрациями в типичных формах рельефа на водосборе озера в 2001 году (табл. 1).

Удовлетворительные результаты верификации позволили при помощи ГИС расширить

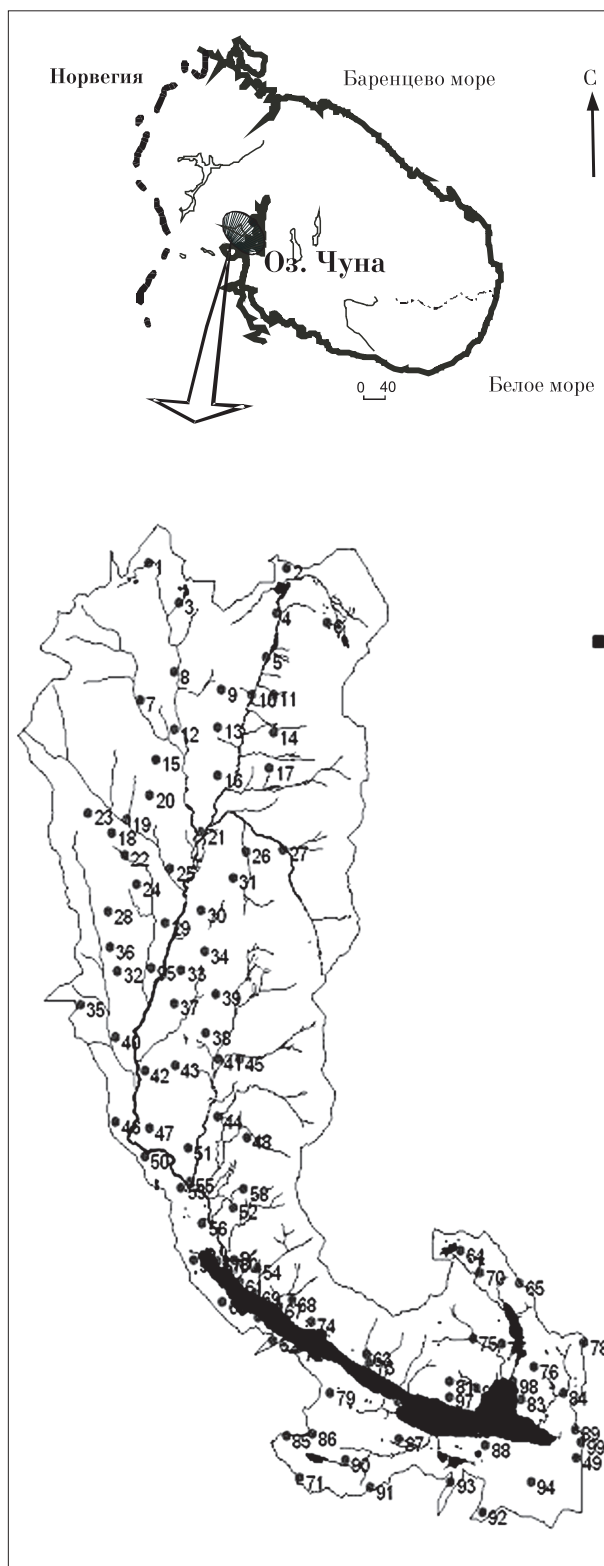


Рис. 2. Карта-схема расположения точек мониторинга, разработанная с использованием ГИС

Таблица 1

Сопоставление измеренных (q изм.) и расчётных (q расч.) концентраций на водосборе озера Чунозеро

№ точки	X, км	SO ₄ ²⁻ , мг/л		Ni, мкг/л		Cu, мкг/л	
		q изм.	q расч.	q изм.	q расч.	q изм.	q расч.
В снежном покрове (ноябрь – март)							
2	24,8	0,87	0,73	16,2	12,8	14,7	10,2
4	24,9	0,91	0,73	9,7	12,7	7,1	10,2
14	24,7	0,87	0,73	17,0	12,9	8,6	10,3
39	30,4	0,89	0,75	34,4	23,4	23,9	18,8
60	36,4	0,74	0,76	8,8	12,1	7,3	9,7
61	36,9	0,99	0,76	11,5	11,8	12,2	9,4
75	31,8	0,72	0,96	30,9	22,0	20,2	17,6
Среднее		0,86	0,77	18,4	15,4	13,4	12,3
В жидких осадках (апрель – октябрь)							
77	31,3	2,18	1,53	35,5	25,0	38,2	26,7
83	33,3	2,39	2,00	57,5	67,8	58,5	72,4
98	32,7	4,15	3,00	56,6	70,1	59,2	74,7
Среднее		2,91	2,18	49,9	54,3	52,0	57,9

сеть типичных точек мониторинга на водосборе озера до 99 (рис. 2) и произвести оценку динамики сезонного выпадения вещества на площадь водосбора за 1980 – 2001 годы на основе расчётного метода.

При расчёте величины выпадения учитывалось, что среднемноголетний эмпирический коэффициент (K) равен 0,86 [8]. Таким образом, к моменту максимального снегонакопления 14% влаги снежный покров теряет в результате испарения со своей поверхности. В этой связи и за тёплый период года 14% влаги как минимум также будет потеряно. Принимая это во внимание, для расчёта накопления вещества в жидких осадках на водосборе озера использовался поправочный коэффициент 0,86 к сумме жидких осадков за тёплый период года.

Результаты проведённых исследований на модельном водосборе озера Чунозеро показали, что динамика выпадения вещества во времени обусловлена влиянием трёх факторов: изменением годового объёма выброса вещества в атмосферу, изменением повторяемости направлений ветра на природный

объект, определяющих объём выброса вещества в данном направлении, и вариациями (за отдельные годы существенными) выпадающих атмосферных осадков. Влияние второго и третьего факторов проявляется в том, что нередко отмечается отсутствие тесной корреляции между динамикой годового выброса вещества в атмосферу и динамикой накопления сульфатов и ТМ в снежном покрове и жидких осадках к моменту снеготаяния и началу зимы. Часто наблюдается обратная зависимость накопления вещества от его выброса в атмосферный воздух. Снижение выброса не всегда способствует снижению выпадения вещества на подстилающую поверхность водосбора и наоборот – увеличение выброса не всегда приводит к увеличению выпадения. Например, при сокращении выброса, но одновременном значительном увеличении количества осадков и повторяемости направлений ветра на природный объект выпадение вещества на подстилающую поверхность не уменьшается, а растёт, следовательно, увеличивается аэротехногенная нагрузка на природный объект. И наоборот – сокращение количества

Таблица 2

Среднемноголетняя статистически достоверная интегральная величина выпадения вещества на площадь водосбора озера Чунозеро, % от валового выброса комбината «Североникель» в атмосферу

Вещество	В среднем на 1 км ² водосбора (n=23, CV=3%)		
	За холодный период (Х.п.)	За тёплый период (Т.п.)	За год
Сульфаты	0,00018	0,0016	0,0018
Никель	0,00015	0,00095	0,0011
Медь	0,00017	0,0015	0,0017
В среднем на всей площади водосбора, равной 570, 8 км ² (n=23, CV=3%)			
Сульфаты	0,1	0,9	1,0
Никель	0,09	0,54	0,63
Медь	0,1	0,86	0,96

Таблица 3

Средняя интегральная величина выпадения вещества на поверхность типичных водосборов со средним расстоянием от источника выбросов ($X_{ср.}$), расположенных в юго-западном секторе локальной зоны, % от интегрального выброса вещества в атмосферу типичным источником загрязнения на 1 км^2

$X_{ср.}$, км	Сульфаты, % на 1 км^2			Никель, % на 1 км^2			Медь, % на 1 км^2		
	Х. п.	Т. п.	Год	Х. п.	Т. п.	Год	Х. п.	Т. п.	Год
5	0,00055	0,0049	0,0055	0,00217	0,0147	0,0169	0,00263	0,0232	0,0258
10	0,00037	0,0033	0,0036	0,00079	0,0054	0,0062	0,00096	0,0085	0,0095
15	0,00029	0,0026	0,0029	0,00044	0,0030	0,0034	0,00053	0,0047	0,0053
20	0,00024	0,0022	0,0024	0,00029	0,0020	0,0023	0,00035	0,0031	0,0035
25	0,00021	0,0019	0,0021	0,00021	0,0014	0,0016	0,00026	0,0022	0,0025
30	0,00019	0,0017	0,0019	0,00016	0,0011	0,0013	0,00020	0,0017	0,0019
35	0,00018	0,0016	0,0017	0,00013	0,0009	0,0010	0,00016	0,0014	0,0015
40	0,00016	0,0014	0,0016	–	–	–	–	–	–
45	0,00015	0,0013	0,0015	–	–	–	–	–	–
50	0,00014	0,0012	0,0013	–	–	–	–	–	–
55	0,00013	0,0011	0,0012	–	–	–	–	–	–
60	0,00012	0,0011	0,0012	–	–	–	–	–	–
Ср.	0,00025	0,0023	0,0025	0,0015	0,0101	0,0116	0,0018	0,0159	0,0177

выпавших осадков и повторяемости направлений ветра даже при увеличении выброса приводит к снижению аэротехногенной нагрузки на водосбор. Таким образом, накопление вещества в снежном покрове и жидких осадках является переменной величиной, зависимой во времени в результате влияния на его величину вышерассмотренных факторов, которые определяют значительные отклонения вариантов накопления от его среднеарифметического значения за многолетний период. В этой связи для достоверной количественной оценки выпадения вещества на подстилающую поверхность использовались интегральные значения как величины выпадения, так и объёма выброса. Это позволило достоверно оценить величину выпадения вещества на водосборную площадь озера Чун-озеро в зависимости от его выброса в атмосферу комбинатом «Североникель» (табл. 2).

Данные таблицы 2 характеризуют среднее выпадение вещества на площадь водосбора озера, расположенного в юго-западном секторе от источника загрязнения (см. рис. 1), со средним расстоянием от него, равном 33 км. При прочих одинаковых условиях загрязнения (дисперсный состав и объём выброса, свя-

занный с продолжительностью направлений ветра в сторону данного сектора, количество осадков) величина выпадения вещества на площадь других объектов, расположенных в юго-западном секторе, будет зависеть от их среднего расстояния от источника загрязнения. Величина удельной среднесуточной концентрации вещества в пределах локальной

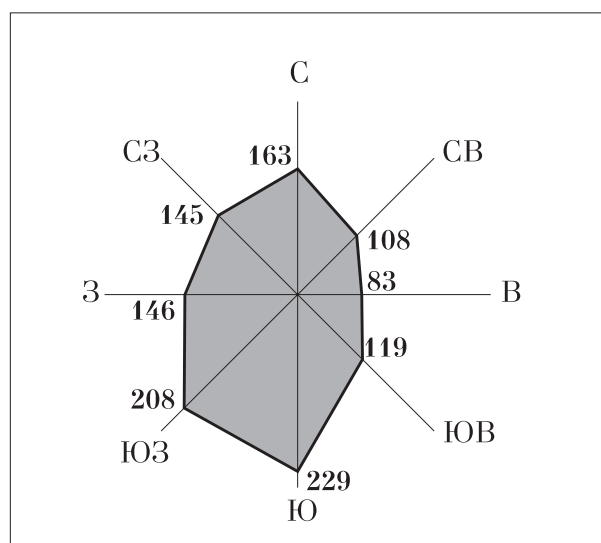


Рис. 3. Среднеуголовая годовая роза ветров в Мурманской области

Таблица 4

Кратность превышения повторяемости направлений ветров, дующих на объекты, расположенные в различных секторах от источника загрязнения, над повторяемостью направлений ветров, дующих на объекты юго-западного сектора за холодный (х. п.) и тёплый (т. п.) периоды года, раз

Северо-западный сектор		Северо-восточный сектор		Юго-восточный сектор	
Х. п.	Т. п.	Х. п.	Т. п.	Х. п.	Т. п.
1,88	0,96	2,91	1,21	1,65	1,19

Таблица 5

Средняя интегральная величина выпадения вещества на поверхность типичных водосборов со средним расстоянием от источника выбросов (X_{ср.}), расположенных в северо-западном секторе локальной зоны, % от интегрального выброса вещества в атмосферу типичным источником загрязнения на 1 км²

X _{ср.} , км	Сульфаты, % на 1 км ²			Никель, % на 1 км ²			Медь, % на 1 км ²		
	Х. п.	Т. п.	Год	Х. п.	Т. п.	Год	Х. п.	Т. п.	Год
5	0,0010	0,0047	0,0057	0,0040	0,0141	0,0181	0,0049	0,0222	0,0271
10	0,00068	0,0031	0,0038	0,0015	0,0051	0,0066	0,0018	0,0081	0,0099
15	0,00054	0,0025	0,0030	0,0008	0,0028	0,0036	0,0010	0,0045	0,0055
20	0,00045	0,0021	0,0025	0,0005	0,0018	0,0024	0,0006	0,0029	0,0036
25	0,00040	0,0018	0,0022	0,0004	0,0013	0,0017	0,0005	0,0021	0,0026
30	0,00036	0,0016	0,0020	0,0003	0,0010	0,0013	0,0004	0,0016	0,0020
35	0,00033	0,0015	0,0018	0,0002	0,0008	0,0010	0,0003	0,0013	0,0016
40	0,00030	0,0014	0,0017	–	–	–	–	–	–
45	0,00028	0,0013	0,0016	–	–	–	–	–	–
50	0,00026	0,0012	0,0015	–	–	–	–	–	–
55	0,00025	0,0011	0,0014	–	–	–	–	–	–
60	0,00024	0,0011	0,0013	–	–	–	–	–	–
Ср.	0,00047	0,0022	0,0027	0,0028	0,0096	0,0124	0,0033	0,0153	0,0186

Таблица 6

Средняя интегральная величина выпадения вещества на поверхность типичных водосборов со средним расстоянием от источника выбросов (X_{ср.}), расположенных в северо-восточном секторе локальной зоны, % от интегрального выброса вещества в атмосферу типичным источником загрязнения на 1 км²

X _{ср.} , км	Сульфаты, % на 1 км ²			Никель, % на 1 км ²			Медь, % на 1 км ²		
	Х. п.	Т. п.	Год	Х. п.	Т. п.	Год	Х. п.	Т. п.	Год
5	0,00160	0,0056	0,0072	0,0063	0,0168	0,0230	0,0076	0,0265	0,0341
10	0,00106	0,0037	0,0048	0,0023	0,0061	0,0084	0,0028	0,0097	0,0125
15	0,00084	0,0029	0,0038	0,0013	0,0034	0,0047	0,0015	0,0054	0,0069
20	0,00071	0,0025	0,0032	0,0008	0,0022	0,0031	0,0010	0,0035	0,0046
25	0,00062	0,0022	0,0028	0,0006	0,0016	0,0022	0,0007	0,0026	0,0033
30	0,00056	0,0020	0,0025	0,0005	0,0012	0,0017	0,0006	0,0020	0,0025
35	0,00051	0,0018	0,0023	0,0004	0,0010	0,0014	0,0005	0,0016	0,0020
40	0,00047	0,0016	0,0021	–	–	–	–	–	–
45	0,00044	0,0015	0,0020	–	–	–	–	–	–
50	0,00041	0,0014	0,0019	–	–	–	–	–	–
55	0,00039	0,0014	0,0018	–	–	–	–	–	–
60	0,00037	0,0013	0,0017	–	–	–	–	–	–
Ср.	0,00074	0,0026	0,0033	0,0043	0,0115	0,0158	0,0052	0,0181	0,0233

Таблица 7

Средняя интегральная величина выпадения вещества на поверхность типичных водосборов со средним расстоянием от источника выбросов (X_{ср.}), расположенных в юго-восточном секторе локальной зоны, % от интегрального выброса вещества в атмосферу типичным источником загрязнения на 1 км²

X _{ср.} , км	Сульфаты, % на 1 км ²			Никель, % на 1 км ²			Медь, % на 1 км ²		
	Х. п.	Т. п.	Год	Х. п.	Т. п.	Год	Х. п.	Т. п.	Год
5	0,00093	0,0055	0,0064	0,0036	0,0165	0,0201	0,0044	0,0260	0,0304
10	0,00062	0,0037	0,0043	0,0013	0,0060	0,0074	0,0016	0,0095	0,0111
15	0,00048	0,0029	0,0034	0,0007	0,0033	0,0041	0,0009	0,0053	0,0062
20	0,00041	0,0024	0,0028	0,0005	0,0022	0,0027	0,0006	0,0035	0,0041
25	0,00036	0,0021	0,0025	0,0004	0,0016	0,0019	0,0004	0,0025	0,0029
30	0,00032	0,0019	0,0022	0,0003	0,0012	0,0015	0,0003	0,0019	0,0023
35	0,00029	0,0018	0,0020	0,0002	0,0010	0,0012	0,0003	0,0015	0,0018
40	0,00027	0,0016	0,0019	–	–	–	–	–	–
45	0,00025	0,0015	0,0018	–	–	–	–	–	–
50	0,00024	0,0014	0,0017	–	–	–	–	–	–
55	0,00023	0,0013	0,0016	–	–	–	–	–	–
60	0,00021	0,0013	0,0015	–	–	–	–	–	–
Ср.	0,00043	0,0025	0,0029	0,0025	0,0113	0,0138	0,0030	0,0178	0,0208

зоны определяется на любых расстояниях от источника загрязнения с помощью функции пространственного распределения [9]. Это позволяет произвести оценку выпадения вещества на площадь объектов, расположенных в других секторах, на основе кратности превышения среднесуточной концентрации над среднесуточной концентрацией загрязняющих веществ на территории модельного объекта, расположенного в юго-западном секторе (табл. 3).

Оценка уровня воздушного загрязнения типичных ландшафтов, расположенных по другим сторонам света от источника выбросов, произведена с учётом розы ветров (рис. 3), на основе вычисления превышения повторяемости направлений ветра, дующих на объекты, расположенные в других секторах, над повторяемостью направлений ветра, дующих на объекты юго-западного сектора (табл. 4 – 7).

В данном случае при прочих равных условиях (дисперсный состав выброса, количество осадков, одинаковое расстояние природного объекта от источника выбросов), различия в уровне загрязнения природных объектов будут определяться различиями в объёме выброса вещества и неодинаковой повторяемостью направлений ветра в сторону различных секторов локальной зоны. Таким образом, уровень загрязнения природных объектов, расположенных на различных расстояниях и направлениях от источника выбросов, будет прямо пропорционален данным, показанным в таблицах 3 и 4 (см. также табл. 5 – 7).

В региональной фоновой зоне при неизменяющейся концентрации вещества [8] как в снежном покрове, так и в жидких осадках и среднемноголетней сумме осадков в Мурманской области, которая за холодный период года составляет 130,2 мм, а за тёплый – 338 мм [5], среднемноголетняя величина накопления сульфатов в снежном покрове будет равна 78 кг/км², а в жидких осадках за тёплый период года – 480 кг/км² и в сумме за год – 558 кг/км². Накопление никеля в снежном покрове составит 0,21, в жидких осадках – 0,68 и в сумме за год – 0,89 кг/км²; меди соответственно 0,19, 0,83 и 1,02 кг/км².

Среднемноголетний коэффициент вариации атмосферных осадков на территории исследований составляет 17%, что обуславливает хотя и не столь значительные, но заметные отклонения вариантов накопления вещества

в снежном покрове и жидких осадках от его среднеарифметического накопления за многолетний период. Однако вариации осадков, особенно в аномальные годы, существенны [5]. Это определяет значительные различия накопления вещества в снежном покрове и жидких осадках фоновой зоны во времени.

Совокупное влияние фактора атмосферных осадков и фактора видового состава древесной растительности определяет заметные различия в величине выпадения вещества на земную поверхность не только во времени, но и в пространстве. Наибольшему загрязнению в течение года подвергаются ландшафты, покрытые лиственным лесом. В безлесных ландшафтах загрязнение самое низкое, а ландшафты, покрытые хвойным лесом, по уровню воздушного загрязнения сульфатами и ТМ занимают промежуточное место. В таблице 8 приведена расчётная среднемноголетняя интегральная величина выпадения сульфатов, никеля и меди на поверхность типичных водосборов региональной фоновой зоны Мурманской области для холодного и тёплого периодов.

Заключение

Проведённые исследования показали, что формирование уровня аэротехногенной нагрузки, её пространственного распределения в условиях техногенного воздействия происходит в результате влияния комплекса природных и техногенных факторов.

К природным факторам, главным образом определяющим характер загрязнения подстилающей поверхности, следует отнести климатический и орографический факторы, а также фактор видового состава древесной растительности.

Среди климатических факторов значительная роль в промышленном загрязнении территории принадлежит атмосферным осадкам, распределению направлений ветра по сторонам света и его скорости.

Определяющим фактором аэродинамики метелевого потока в условиях низко- и среднегорного рельефа является видовой состав древесной растительности. Наибольшей способностью задерживать переносимый во время метелей снег обладает лиственный лес. Это определяет более высокую аэротехногенную нагрузку на ландшафты с лиственным лесом, чем с хвойным, и особенно чем на безлесные ландшафты.

Таблица 8

Среднемноголетняя интегральная величина выпадения вещества на поверхность типичных водосборов региональной фоновой зоны, % от интегрального суммарного годового выброса вещества в атмосферу в Мурманской области на 1 км²

Период	Вещество		
	SO ₄ ²⁻	Ni	Cu
Холодный (ноябрь – март)	0,000012	0,000006	0,000008
Теплый (апрель – октябрь)	0,000076	0,000018	0,000036
Год	0,000088	0,000024	0,000044
(n = 23, CV = 4%)			

Вариации выпадающих атмосферных осадков определяют вариации накопления вещества в снежном покрове и жидких осадках во времени. При сокращении выброса и значительном увеличении количества осадков вымывающая роль последних проявляется в том, что поступление загрязняющих веществ из атмосферы на подстилающую поверхность не уменьшается, а растёт. Следовательно, растёт аэротехногенная нагрузка на экосистемы, это характерно как для локальной, так и регионально-фоновой зоны.

Роль орографического фактора проявляется в различии выпадения вещества на подстилающую поверхность равнин, склонов и вершин, расположенных в локальной зоне источника загрязнения. Самому высокому воздушному загрязнению подвержены вершины и особенно те, которые покрыты лиственным лесом, расположены по направлению преобладающих ветров со стороны источника загрязнения и ближе к нему.

Выпадение вещества на единицу площади региональной фоновой зоны во времени изменяется в зависимости от вариаций выпадающих осадков. В пространстве содержание вещества на единице площади фоновой зоны также изменяется в зависимости от распределения видового состава древесной растительности по территории зоны, определяющей характер перераспределения вещества вместе со снегом во время метелей.

Литература

1. Кислотные дожди // Израэль Ю.А., Назаров И.М., Прессмон А.Я. и др. Л.: Гидрометеоздат, 1983. 206 с.
2. Метеорология и атомная энергия. Л.: Гидрометеоздат, 1971. 648 с.
3. Barrie L.A., Schemenauer R.S., Wet deposition of heavy metals // Control and fate of atmospheric trace metals. Dordrecht etc.: Kluwer, 1988. P. 203-231.
4. Василенко В.Н., Назаров И.М., Фридман Ш.Д. Мониторинг загрязнения снежного покрова. Л.: Гидрометиздат, 1985. 181 с.
5. Научно-прикладной справочник по климату СССР. Серия 3, многолетние данные Ч. 1 – 6. Вып. 2. Мурманская область. Л.: Гидрометеоздат, 1988. 316 с.
6. Руководство по контролю загрязнения атмосферы. Л.: Гидрометеоздат, 1979. 448 с.
7. Раткин Н.Е. Оценка воздушной миграции выбросов сульфатов, никеля и меди на территории Мурманской области. Часть 1 // Проблемы региональной экологии. 2005. № 3. С. 23-32.
8. Раткин Н.Е. Закономерности и уровни аэротехногенного загрязнения ландшафтов Мурманской области и Севера Скандинавии // Автореф. дисс. ... д. геогр. наук. Москва, 2006. 52 с.
9. Раткин Н.Е., Асминг В.Э., Кошкин В.В. Влияние природных локальных факторов на загрязнение снежного покрова (на примере Печенгского района) // Вестник МГТУ. 1998. № 3. С.151-160.

Влияние аэротехногенной нагрузки на накопление тяжёлых металлов сельскохозяйственными культурами вблизи мегаполиса

Е.А. Карпова

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова

Изучался вклад аэротехногенной нагрузки в накопление тяжёлых металлов (ТМ) сельскохозяйственными растениями вокруг мегаполиса (г. Москва). Поток ТМ – Cd, Pb, Ni – на территорию четырёх опытных станций был в пределах фонового для агроландшафтов Центральной Европы и ЕТР. Выпадения хрома на территории учебно-опытного центра МГУ Чашниково значительно превышали уровень, характерный для Центральной Европы и обнаруженный на других опытных станциях. В почвах определяли подвижные и кислоторастворимые формы ТМ. В растениях с индикаторным типом накопления (овёс, викоовсяная смесь, клевер) содержание Cd, Cr, Pb зависело от суммарного уровня атмосферных выпадений и от содержания кадмия и свинца в подвижной и кислоторастворимой формах в почве. В зерне злаков (отражательный тип накопления) концентрация ТМ значительно ниже, чем в растениях (органах)-индикаторах. Атмосферные выпадения оказывали влияние на концентрацию Cd и Cr в зерне. Отмечена также зависимость между количеством кадмия в зерне и в кислотной вытяжке из почвы.

The influence of aerotechnogenic load on heavy metals (HM) accumulation in agricultures in the vicinity of Moscow megapolis is considered. The emission of HM such as Cd, Pb, Ni on the territory of the four experimental stations took place within the background framework for agro-landscapes of Central Europe and European Russia. Chromium fall-outs on the territory of the training-experimental centre Chashnikovo of the MSU exceeded the level characteristic for Central Europe and registered in other experimental stations. In soil mobile and acid-soluble forms of HM were determined. In plants with indicator type accumulation (oats, vetch-oats mixture, clover) the amount of Cd, Cr, Pb depends on the amount of atmospheric precipitates as well as on the amount of cadmium and lead in mobile and acid-soluble forms in soil. In the seeds of gramineous plants (catoptric type of accumulation) concentration of HM is considerably lower than in indicator plants (organs). Atmospheric precipitates influenced the concentration of Cd and Cr in grain. There also was found out some dependence of the amount of cadmium either in grain or in soil extract.

Ключевые слова: аэротехногенная нагрузка, тяжёлые металлы, сельскохозяйственные растения, почва, ПДК, подвижные и кислоторастворимые формы

Введение

Полноценная жизнь человечества невозможна без благоприятной экологической среды и безопасной качественной пищи. В перечне веществ, представляющих наибольшую опасность для человека и животных, одно из первых мест занимают тяжёлые металлы (ТМ). Их содержание нормируется в почве, атмосферном воздухе, питьевой воде, продуктах питания. Именно с продуктами питания в организм человека попадает основная доля ТМ (по оценкам разных исследователей, около 70 – 80% от всех поступлений).

Получение пищевого сырья находится в сфере сельскохозяйственного производства. Агроэкосистема и её основа – агроценоз – формируют определённую (необходимую) биопroduкцию, которая характеризуется не только количественными показателями, т. е. продуктивностью, но и показателями качества, в том числе и безопасности.

Характер накопления ТМ сельскохозяйственными культурами в агроэкосистеме зависит от множества факторов: свойств почвы и каждого из металлов; состояния металлов в почве; соотношения металлов и элементов питания; аэротехногенной нагрузки, форм и доз применяемых удобрений, погодных условий вегетационного периода, а также от биологических особенностей (вида) растения.

Целью работы было изучение роли аэротехногенной нагрузки в накоплении ТМ сельскохозяйственными растениями. Объектом данного исследования служили агроэкосистемы, расположенные в Московской области вблизи г. Москвы (на расстоянии 1,5 – 20 км от кольцевой автодороги) и испытывающие разную техногенную нагрузку.

Методика исследования

На территории трёх агрохимических опытных станций: Долгопрудной (ДАОС), Люберецкой (ЛОП), Раменской (РАОС)

и учебно-опытного почвенно-экологического центра МГУ «Чашниково» отбирали пробы почв, растений и снега. Для того чтобы исключить влияние агрохимических средств на накопление ТМ сельскохозяйственными культурами, образцы почв и растений отбирали на контрольных (без внесения удобрений) вариантах полевых опытов. Пробы снега [1] были отобраны в феврале 2002 и марте 2003 гг. на всех опытных полях. В жидкой и твёрдой фазе осадков определяли ТМ. В твёрдой фазе – после разложения смесью концентрированных $\text{HCl} + \text{HNO}_3$. Все результаты – средние за 2 года.

Пробы почв и растений были отобраны в 1989, 1990, 1995, 2001 – 2004 гг. Подвижные и кислоторастворимые соединения ТМ в почвах определяли в вытяжках ацетато-аммонийного буферного (ААБ) раствора с рН 4,8 и 1М р-ра HCl соответственно. Соотношение почва:раствор в обоих случаях – 1:10. Растения анализировали после сухого озоления при 450°C и растворения в 10%-ном растворе $\text{HCl} + \text{HNO}_3$.

Во всех растворах ТМ определяли атомно-абсорбционным методом в пламенном и электротермическом варианте, а также атомно-эмиссионным методом с индуктивно-связанной аргоновой плазмой.

Достоверность результатов проверялась с помощью вариационно-статистической обработки с использованием Windows-приложения Excel.

Дополнительно в массив данных для корреляционных расчётов были включены сведения о содержании ТМ в почвах и растениях

контрольных вариантов опытов ДАОС и Чашниково из работ [2 – 5].

Результаты и их обсуждение

Одним из источников поступления ТМ в агроэкосистемы (и в почвы, и на поверхность растений) являются атмосферные осадки. От интенсивности и состава выпадений в большой мере зависит уровень загрязнения почв и качество сельскохозяйственной продукции агроценозов, особенно находящихся вблизи промышленных городов. Структура потока ТМ на поверхность агроэкосистем приведена в табл. 1.

Суммарное количество ТМ, выпадающих на исследуемые территории в зимнее время года, представлено в табл. 2. По данным [6] в тёплое время года (с апреля по октябрь) на территории Московской области выпадает вдвое больше осадков, чем в холодное время (с ноября по март). На этом основании были рассчитаны ориентировочные потоки тяжёлых металлов и неметаллов за год (табл. 2).

Исследуемые агроэкосистемы значительно различались по атмосферному потоку металлов. Сопоставление полученных данных со сведениями о величинах выпадений в фоновых и сельскохозяйственных районах нашей страны и соседних стран (табл. 3) показало, что уровень выпадений Cd для всех территорий был в пределах фонового для Европейской территории России (ЕТР). Но если для ЛОП, ДАОС и РАОС – на нижней границе фоновых значений, то для Чашниково – близ-

Таблица 1

Структура потока ТМ на исследуемые территории в зимнее время, mg/m^2
(1 – в растворимой форме, 2 – с твёрдыми частицами)

Элемент	ЛОП		РАОС		ДАОС		Чашниково	
	1	2	1	2	1	2	1	2
Cd	0,0089	$\leq 0,001$	0,015	0,0034	$\leq 0,0016$	$\leq 0,01$	0,027	0,136
Cr	0,17	0,21	0,17	0,46	0,12	0,49	0,25	4,20
Ni	0,21	0,1	0,088	0,18	0,078	0,61	0,27	6,02
Pb	0,20	2,29	0,052	0,43	0,031	0,45	0,038	4,08

Таблица 2

Выпадения химических элементов на почвы исследуемых территорий, mg/m^2

Элемент	ЛОП		РАОС		ДАОС		Чашниково	
	За зимний период	За год	За зимний период	За год	За зимний период	За год	За зимний период	За год
Cd	0,0099	0,030	0,018	0,054	$\leq 0,01$	$\leq 0,03$	0,163	0,49
Cr	0,38	1,14	0,63	1,89	0,61	1,83	4,45	13,35
Ni	0,31	0,93	0,27	0,81	0,69	2,07	6,29	18,87
Pb	2,49	7,47	0,48	1,44	0,48	1,44	4,12	12,36

Таблица 3

Потоки тяжёлых металлов на подстилающую поверхность в фоновых и сельскохозяйственных районах разных стран, мг/м² в год [7 – 11]

Элемент	Фоновые районы			Сельскохозяйственные районы			
	ЕТР	Средняя Азия	Ледник Абрамова	Чехия	Польша	Швеция	Австрия
Cd	0,036 – 0,8	0,18 – 0,8	–	0,086	0,25	0,03 – 0,08	0,15 – 0,3
Pb	0,53 – 8,0	1,4 – 10	–	2,88	12,5	–	2 – 3,5
Ni	4,3	4,5	1,09	–	–	–	1,5 – 8,5
Cr	–	–	–	–	–	–	1–2

Таблица 4

Содержание подвижных и кислоторастворимых форм ТМ в исследуемых почвах (1– ААБ с рН 4,8; 2 – 1М р-р HCl), мг/кг

ТМ	РАОС		ДАОС		Чашниково		ЛОП	
	1	2	1	2	1	2	1	2
Cd	0,14	0,10	0,10	0,08	0,31	0,13	0,07	0,01
Ni	1,45	0,35	4,2	1,0	1,6	0,30	0,6	0,2
Cr	0,63	0,10	4,9	0,3	2,8	0,12	2,2	1,2
Pb	2,84	0,60	8,3	0,8	6,6	1,78	10,3	1,3

кий к верхнему, что было выше потока металла на сельскохозяйственные районы Центральной Европы.

Для Ni и Pb уровень выпадений на опытные поля в Чашниково был на уровне или превышал поток металлов для Центральной Европы, на территории ЛОП, РАОС и ДАОС он был в пределах фоновых значений для ЕТР. По выпадениям Cr почти все исследуемые агроэкосистемы были на уровне агроландшафтов Центральной Европы, и только на территории Чашниково аэротехногенный поток был значительно выше. Таким образом, даже в условиях одного региона различия в уровне выпадения ТМ на агроэкосистемы могут достигать порядка и более.

Основным источником поступления ТМ в растения служат почвы. Количество подвижных и кислоторастворимых соединений ТМ в исследуемых почвах приведено в таблице 4.

Растения проявляют различную способность поглощать тяжёлые металлы как из почвы, так и из воздушной среды.

Тип аккумуляции элементов растениями связан в первую очередь с генетическим фактором, обуславливающим состав и соотношение химических элементов в тканях растений, а содержание химического элемента в растении согласно [12] – это, прежде всего, результат действия генетического и экологического факторов.

Для злаковых культур, особенно их репродуктивных органов, характерен так называемый отражательный тип аккумуляции

большинства металлов. Физиологические барьеры растений защищают (до определённого предела) свои репродуктивные органы от избыточного проникновения ТМ (в основном это имеет отношение к корневому поглощению ТМ растениями). Именно поэтому все исследованные зерновые культуры, выращенные без применения удобрений, на дерново-подзолистых почвах разного гранулометрического состава с различным, но находящимся в пределах ПДК (ОДК) содержанием ТМ (как валовым, так и подвижных соединений) и неодинаковой аэротехногенной нагрузкой, имеют относительно низкую (значительно ниже ПДК и временный максимально-допустимый уровень (ВМДУ) концентрацию металлов (рис. 1).

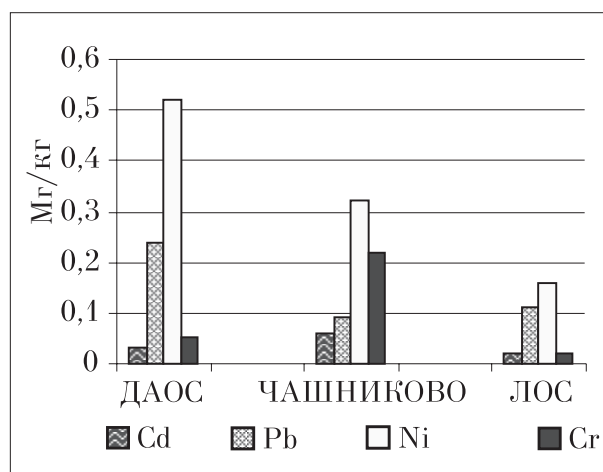


Рис.1. Содержание ТМ в зерне злаков, выращенных на контрольных вариантах опытов (усреднённые данные)

Таблица 5
ПДК и ВМДУ ТМ в сельскохозяйственных растениях, мг/кг сырой массы [15 – 16]

Культура	Cd	Pb	Ni	Cr
Зерно злаков				
ПДК	0,1	0,5	–	–
ВМДУ	0,3	5,0	1,0	0,5
Зеленые корма				
ВМДУ	0,3	5,0	3,0	0,5

ПДК и ВМДУ ТМ в растениях приведены в табл. 5.

Корреляционный анализ показал наличие тесной связи между содержаниями Cd и Cr в зерне злаков и атмосферными выпадениями этих металлов в составе твёрдой фазы ($r = 0,97$ и $0,99$ соответственно при $\alpha = 0,1$), что может свидетельствовать о механическом загрязнении поверхности растений аэротехногенными частицами, обогащёнными Cd и Cr. Для Cd также отмечена тесная статистически значимая связь между концентрацией в зерне и количеством кислоторастворимых соединений металла в почве ($r = 0,98$). Вероятнее всего, эти два показателя взаимосвязаны. Запас потенциально доступных для растений соединений Cd в почве (кислоторастворимые формы) формируется с участием атмосферных поступлений металла. Влияние других исследованных показателей (поток металлов в составе жидкой фазы осадков; содержание подвижных соединений в почве)

было значительно меньше. Тесных статистически значимых зависимостей обнаружено не было. Содержание Pb и Ni в зерне злаков не зависело от уровня атмосферных выпадений металлов и количества их подвижных и кислоторастворимых соединений в почвах.

Содержание ТМ в вегетативных органах многих культур может служить индикатором состояния окружающей среды (и почвы, и атмосферного загрязнения). В данном случае влияние атмосферного загрязнения не сводится к чисто механическому задерживанию твёрдых частиц на поверхности растений. Большое значение, особенно в условиях значительного техногенного воздействия на агроэкосистемы, приобретает поступление тяжёлых металлов в растения через листовую поверхность (фолиарное поглощение). Считается, что фолиарное поглощение состоит из двух фаз – неметаболического проникновения через кутикулу, которое в целом рассматривается как основной путь поступления химических элементов при некорневом поглощении, и метаболических процессов, вызывающих накопление металлов, противоположное действию градиента концентрации [13]. В некоторых случаях поступление металла, например Pb, из атмосферы может быть главным источником, давая до 90% его общего содержания во всех частях зрелого растения [14].

С.Е. Головатым [17] на основании данных опытов с возрастающими дозами ТМ были составлены ряды сельскохозяйственных расте-

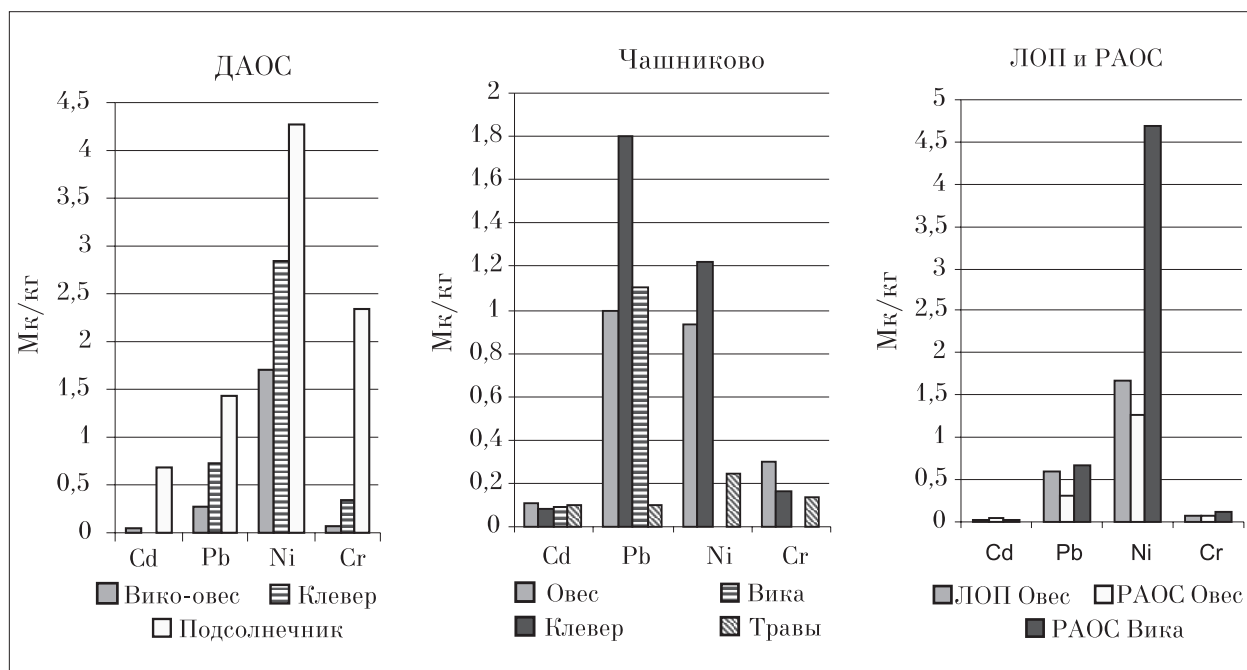


Рис. 2. Содержание ТМ в кормовых культурах, выращенных на почвах контрольных вариантов изучаемых опытов (усредненные данные)

ний, ранжированных по степени накопления металлов, с целью выявления растений-индикаторов. Почти во всех случаях наибольшей интенсивностью накопления металлов отличались кормовые культуры. Для Pb фитоиндикаторами могут служить растения вики и овса, для Cd – овёс и клевер, для Cr – клевер.

Концентрации ТМ в кормовых культурах исследуемых опытов показаны на рисунке 2. Исходя из приведённых данных, а также рядов растений, составленных [17], можно полагать, что для большинства ТМ фитоиндикаторами интегральной оценки экологического состояния исследуемых агроценозов в зависимости от природных факторов и аэротехногенной нагрузки будут являться овёс (викоовсяная смесь) и клевер.

Максимальные концентрации Cd присутствовали в культурах, выращенных на легкосуглинистой почве «Чашниково» – 0,08 – 0,11 мг/кг. Содержание металла в названных растениях из других опытов составляло от 0,009 до 0,06 мг/кг и практически не различалось между собой.

По концентрации Cr распределение культур в зависимости от особенностей участков (почвы и аэротехногенное воздействие) их выращивания было аналогичным. Больше количество металла присутствовало в растениях, выращенных на легкосуглинистых почвах «Чашниково» – от 0,3 (овёс) до 0,16 мг/кг (вика). Содержание Cr в вегетативной массе овса, выращенного на почвах других опытов, было близким и составляло от 0,05 до 0,09 мг/кг.

По уровню накопления Pb различались культуры, выращенные на почвах разных опытных участков. Наибольшей концентрацией металла отличались также культуры из «Чашниково» (в отличие от зерновых). Количество Pb в растениях овса, вики и клевера составляло от 1,0 (овёс) до 1,8 мг/кг (вика). В растениях овса, выращенных на супесчаной почве ЛОП, содержание Pb было меньше – 0,59 мг/кг. Минимальными концентрациями металла характеризовались культуры, произраставшие на тяжелосуглинистой почве ДАОС и легкосуглинистой почве РАОС – от 0,26 (викоовсяная смесь в среднем) до 0,73 мг/кг (клевер) и от 0,32 (овёс) до 0,63 мг/кг (вика) соответственно.

По содержанию Ni культуры, выращенные на почвах исследуемых опытных участков, также значительно различались. Наибольшая концентрация металла обнаружена в растениях из опыта РАОС – от 1,28 (овёс)

до 4,70 мг/кг (вика). В данном случае содержание Ni в вике приближалось к ВМДУ (в пересчёте на сухую массу). В вегетативной массе овса, выращенного на супесчаной почве ЛОП и тяжелосуглинистой почве ДАОС, количество Ni было близким – 1,67 и 1,63 мг/кг, соответственно. Минимальными концентрациями металла характеризовались растения из опыта «Чашниково» – от 0,93 (овес) до 1,22 (вика) мг/кг.

По данным интегральной (фитоиндикаторной) оценки состояния исследуемых агроэкосистем по содержанию ТМ, были получены следующие ряды в убывающем порядке.

«Чашниково» > ДАОС ~ ЛОП ~ РАОС по Cd и Cr;

«Чашниково» > ЛОП > РАОС ~ ДАОС по Pb; РАОС > ЛОП ~ ДАОС > «Чашниково» по Ni.

На рисунке 3 показано содержание ТМ в растениях-индикаторах, почвах, а также уровни суммарного потока и растворимых выпадений металлов с атмосферными осадками для исследуемых опытов.

Концентрация Cd в растениях практически линейно зависела от аэротехногенных выпадений и содержания кислоторастворимых соединений металла в почвах. Коэффициент корреляции между содержанием металла в растениях и его суммарным атмосферным потоком, определяемым в основном твёрдофазной составляющей, достигал 0,996 при $\alpha = 0,01$. Между концентрациями Cd в растениях и потоком в составе жидкой фазы осадков значимая связь отсутствовала. Также не отмечалась достоверная связь и с количеством подвижных соединений металла в почвах, извлекаемых ацетатно-аммонийным буферным раствором с pH 4,8. Коэффициент корреляции (r) между концентрацией Cd в растениях и содержанием его кислоторастворимых соединений в почвах составлял 0,995 при $\alpha = 0,01$.

Что касается Pb, то его содержание в растениях практически линейно зависело от уровня суммарной аэротехногенной нагрузки ($r=0,99$, $\alpha = 0,01$), а также от количества металла, извлекаемого ацетатно-аммонийным буферным раствором из почвы ($r=0,96$, $\alpha = 0,01$), причём с концентрацией его в растениях в суммарной аэротехногенной нагрузке коррелировала её твёрдофазная составляющая. Между потоком Pb в жидкой фазе и его содержаниями в растениях связь отсутствовала.

Содержание Cr и Ni в растениях не зависело от количества металлов в почвах, извлекаемых как ацетатно-аммонийным буферным раствором, так и 1М раствором HCl (для Cr

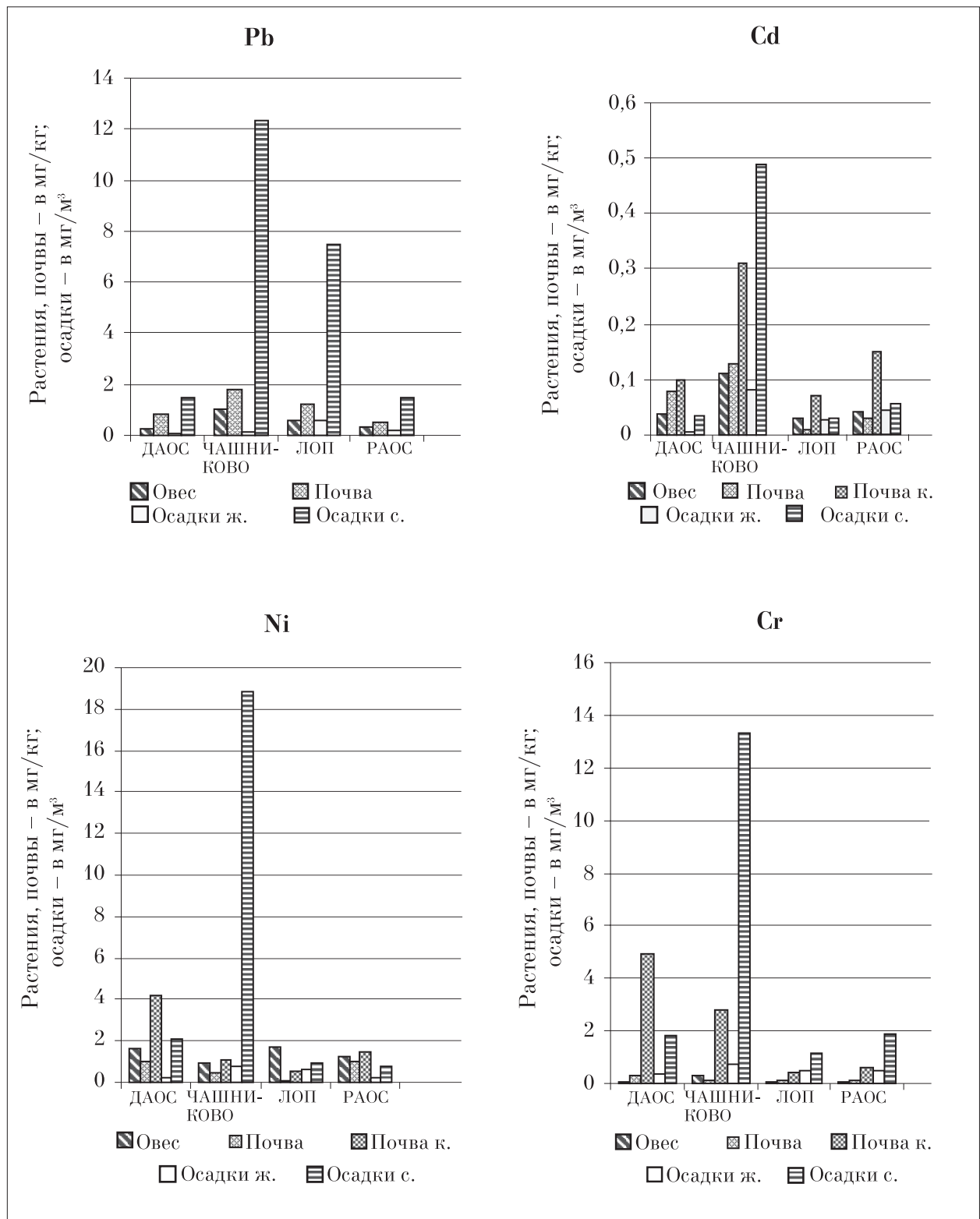


Рис. 3. Содержание ТМ в растениях, почвах (почва – в ацетатно-аммонийной вытяжке; почва – в вытяжке 1М р-ра HCl), а также поток металлов на поверхность агроэкосистемы

и Ni). Для Cr связь с суммарными атмосферными осадками очень тесная и значимая ($r = 0,99$ при $\alpha = 0,01$).

Очевидно, данные вытяжки из почв не могут адекватно оценивать уровень доступности металлов для растений овса и (или) овёс не является фитоиндикатором для Ni. Это подтверждается отсутствием связи между концентрациями Ni в растениях и атмосферных выпадениях (как суммарных, так и в составе жидкой или твёрдой фазы), а также со свойствами почв.

Заключение

В условиях сельскохозяйственного производства вблизи мегаполиса влияние аэротехногенной нагрузки в большей степени проявлялось для растений или их органов с индикаторным типом накопления (овёс, викоовсяная смесь, клевер). Концентрация Cd, Cr и Pb в них зависела от суммарного уровня атмосферных выпадений (твёрдофазной их части). Накопление такими культурами Cd и Pb зависело и от количества подвижных (Pb) и кислоторастворимых (Cd) соединений в почвах.

Для зерна злаков (отражательный тип накопления) уровень атмосферных выпадений оказывал влияние на концентрацию Cd и Cr, но она была значительно ниже, чем в растениях (органах)-индикаторах. И в этом случае отмечалась зависимость между содержанием Cd в зерне и количеством его кислоторастворимых соединений в почве. Все зерновые культуры, выращенные без применения удобрений на дерново-подзолистых почвах разного гранулометрического состава с различным исходным содержанием ТМ (как валовых, так и подвижных) и неодинаковой аэротехногенной нагрузкой, имеют относительно низкую (значительно ниже ПДК и ВМДУ) концентрацию ТМ.

Литература

1. Методические рекомендации по оценке степени загрязнения атмосферного воздуха населённых пунктов металлами по их содержанию в снеговом покрове и почве. М.: Минздрав СССР, 1990. № 5174-90. 21 с.
2. Гомонова Н.Ф. Влияние длительного применения агрохимических средств на дерново-подзолистых почвах на трансформацию тяжёлых металлов в системе почва-растение // Мат-лы науч.-практ. конф. «Тяжёлые металлы и радионуклиды в агроэкосистемах». М., 1994. С. 180-186.

3. Минеев В.Г., Гомонова Н.Ф. Оценка экологических функций агрохимии по поведению Cd в агроценозе на дерново-подзолистой почве // Вестник Московского университета. Сер. Почвоведение. 1999. № 1. С. 46-50.

4. Носовская И.И. Влияние длительного применения удобрений на содержание и хозяйственный баланс микроэлементов и тяжёлых металлов в системе почва – удобрения – растения. Автореф. дисс. ... канд. биол. наук. М., 2001. 24 с.

5. Петелин А.А. Влияние агрохимических средств на состояние свинца, кадмия и стронция в системе почва – растение. Автореф. дисс. ... канд. М., МГУ. 2000. 24 с.

6. Справочник эколого-климатических характеристик г. Москвы. Т. 1. М.: Издательство Московского университета. 2003. 300 с.

7. Обзор фонового состояния окружающей природной среды в СССР за 1989 г. М.: Гидрометеозидат. 1990. 96 с.

8. Обзор фонового состояния окружающей природной среды на территории стран СНГ за 1994 г. М.: ИГКЭ, 1995. 47 с.

9. Ivarsson K., Bjurling E., Johansson M., Sjosvard L. Swedish Seal of Quality and cadmium assured crop production // Cadmium from Plough to Plate. Report FOOD 21. № 5, 2002. P. 26-27.

10. Martinek J., Zigoва A., Skrivan P. Factors affecting the trace elements distribution in a soil developed on granite bedrock in central Bohemia (Czech republic) // Scientia agriculturae Bohemica. 1999. V. 30 (1). P. 55-71.

11. Kabata-Pendias A., Tarlowski P., Dudka S. Atmospheric following of trace elements on surface soils // Roczniki gleboznawcze T.XXXVI. 1985. № 1. P. 137-140.

12. Ильин В.Б. Элементный химический состав растений. Факторы, его определяющие. // Изв. СО АН СССР. 1977. № 10. Сер. биол. Вып. 2. С. 3-14.

13. Кабата-Пендиас А., Пендиас Х. Микроэлементы в почвах и растениях. М.: Мир, 1989. 439 с.

14. Kabata-Pendias A. Фитоиндикация как инструмент для изучения окружающей среды // Сибирский экологический журнал. 2001. № 2. Т. VIII. С. 125-130.

15. Временный максимально-допустимый уровень (МДУ) содержания некоторых химических элементов и госсипола в кормах для сельскохозяйственных животных и кормовых добавках. М.: Государственный агропромышленный комитет СССР. № 123-41281-87. 1987. 5 с.

16. СанПиН 2.3.2.500-96. Гигиенические нормативы качества и безопасности продовольственного сырья и пищевых продуктов.

17. Головатый С.Е. Тяжёлые металлы в агроэкосистемах. Минск, 2002. 239 с.

Оценка риска для здоровья населения, связанного с техногенным загрязнением города Воронежа

С.А. Куролап, С.А. Епринцев, Н.П. Мамчик, О.В. Клепиков
Воронежский государственный университет
Центр гигиены и эпидемиологии в Воронежской области

Исследована роль техногенных факторов в формировании геохимического загрязнения воздушной среды и почвы, а также воздействие факторов загрязнения городской среды на здоровье населения. С применением геоинформационных технологий (в среде *MapInfo*) осуществлено зонирование внутригородского пространства по уровням экологического риска для населения города Воронежа.

The roles of technogenic factors in formation of air and soil geochemical contamination, as well as the influence of the city environment contamination factors on population health are considered. With the use of geo-information technologies (in *Mapinfo*) the intraurban area is divided into zones according to the levels of ecological risk for the population of Voronezh.

Ключевые слова: техногенное загрязнение, Воронеж, зонирование территории, здоровье населения, среда обитания

Современные промышленные города – центры острейших экологических проблем. На фоне возрастающего техногенного загрязнения среды обитания у населения многих крупных городов проявляются экологически обусловленные заболевания, что вызывает повышенное внимание исследователей к изучению механизмов формирования зон экологического риска и путей оздоровления среды обитания [1 – 4].

Эти проблемы актуальны для г. Воронежа – крупнейшего промышленного центра Черноземья. Город Воронеж имеет разветвлённую промышленно-транспортную инфраструктуру, многочисленные источники техногенного загрязнения окружающей среды, сложную архитектурно-планировочную структуру городской застройки, что служит предпосылкой формирования зон экологического риска и, как следствие, появления экологически обусловленных заболеваний населения.

Целью настоящего исследования является изучение роли техногенных и природных факторов в формировании загрязнения воздушного бассейна и почвы, а также зонирование внутригородского пространства по уровням экологического риска для населения города Воронежа.

Методика исследований

Методические этапы исследования включают несколько последовательных процедур

с применением экспериментально-аналитических, математико-статистических и геоинформационно-картографических методов.

1. Эколого-гигиеническое обследование воздушного бассейна и почв г. Воронежа, в ходе которого экспериментальными методами изучено содержание в промышленнозагрязнённых и «условночистых» микрорайонах города приоритетных загрязнителей атмосферы (оксида углерода, диоксида серы, диоксида азота, свинца, формальдегида и других веществ, а также пыли), почвы (нефтепродуктов, валовых и подвижных форм тяжёлых металлов).

2. Создание оригинальной автоматизированной базы эколого-медицинских данных по критериям загрязнения атмосферы, почвы, а также общественного здоровья (детского и взрослого населения) за 10-летний период (1996 – 2005 гг.).

3. Создание электронной карты-основы г. Воронежа (в среде *MapInfo* 7.8), содержащей 11 векторных слоёв, и специализированной тематической геоинформационной системы (ГИС) «Экогеохимия и техногенные риски города Воронежа» для задач геоэкологического картографирования и зонирования внутригородского пространства. Для построения эколого-медицинских карт применён оригинальный формально-территориальный подход с наложением на карту города сетки-решётки площадью 1 км², в узлах которой определены параметры исследуемых критериев

состояния среды и здоровья населения с использованием методов автоматической интерполяции.

4. Исследование механизмов формирования зон экогеохимического загрязнения городской среды на основании сопряжённого анализа результатов эколого-аналитических, снегомерных и медико-экологических исследований на территории города с применением методов статистического анализа и геоинформационных технологий.

5. Оценка «ответной реакции» населения на техногенное загрязнение городской среды и зонирование внутригородского пространства по уровням экологического риска для населения.

6. Разработка основных принципов городской экологической политики для оздоровления среды обитания и снижения риска для здоровья населения, обусловленного загрязнением окружающей среды.

Результаты и их обсуждение

Проведённое исследование позволяет проследить следующие закономерности в формировании техногенного загрязнения и зон экологического риска в городе Воронеже.

Установлено, что наибольший вклад в загрязнение атмосферы вносит автотранспорт (более 82%). Структура и ареалы техногенного загрязнения атмосферы и почвы во многом сходны, образуя достаточно обширную зону «сплошного» рассредоточенного загрязнения с «очагами» высоких концентраций пыли, углеводородов и тяжёлых металлов в окружающей среде.

В холодный период усиливается загрязнение общественно-делового центра (в «островах тепла»), а в тёплый период – окраинных индустриально-развитых микрорайонов и промышленных зон. Зоны максимального загрязнения атмосферы приурочены к подветренным, преимущественно северо-восточным секторам санитарно-защитных зон промышленно-транспортных объектов и прилегающих к ним жилых микрорайонов. Наиболее сильное загрязнение атмосферы наблюдается на территории общественно-делового центра и промышленного микрорайона «Машмет» юго-восточного левобережного сектора города. Высокая запылённость воздушного бассейна в условиях плотной городской застройки этих микрорайонов создаёт зону локального экологического риска.

«Очаги» атмосферного загрязнения активизируются в тёплый период года, причём в формировании зон техногенного загрязнения определённую «корректирующую роль» играют аэрационные факторы в условиях комбинированной городской застройки. Основные «аэродинамические коридоры», где снижается загрязнение среды, связаны с акваторией внутригородского водохранилища, а также с фрагментами низкоэтажной и коттеджной застройки юго-западного и левобережного секторов города. Более загрязнёнными являются микрорайоны, расположенные с подветренной стороны от промышленных зон и крупных автомагистралей при преобладающей «строчной» многоэтажной жилой застройке, выполняющей барьерную функцию на путях разноса поллютантов по воздуху.

В холодный период года зоны повышенного загрязнения атмосферы в целом сужаются, сохраняя общую тенденцию с тёплым периодом года, однако на некоторых участках индекс загрязнения атмосферы увеличивается по сравнению с тёплым периодом года, что является следствием снижения пропускной способности автодорог в зимний период.

Исследована структура загрязнения почвенного покрова нефтепродуктами и тяжёлыми металлами (Zn, Cu, Pb, Ni, Cr, Mn). Общий уровень загрязнения почвы нефтепродуктами и тяжёлыми металлами – умеренный с отдельными «очагами» экстремально высокого загрязнения. Наибольшее загрязнение почвенного покрова наблюдается на участках концентрации локальных микрорельефов, вблизи промышленно-транспортных систем левобережного сектора города и на плакоре центрального сектора. Большинство почвенно-геохимических аномалий расположено вдоль крупных автодорог города.

Более «чистые» зоны города как по атмосферному, так и почвенному загрязнению отчетливо тяготеют к внепромышленным, «спальным» микрорайонам.

Установлено, что важное значение в формировании полей эколого-геохимического загрязнения городской среды, помимо промышленно-транспортной инфраструктуры, имеют рельеф, градопланировочные факторы и аэрационный режим внутри городской застройки. Даже в относительно небольших котловинах концентрация загрязнителей атмосферы и особенно почвы, как правило, значительно выше, чем на возвышенностях. В микрорайонах, расположенных в «низком» секторе города,

повышенного загрязнения атмосферы и почвы не обнаружено вследствие, видимо, хорошей аэрации данной приаквальной зоны.

В целом, однако, загрязнение левобережного индустриального сектора города усиливает фактор рельефа и розы ветров, поскольку этот сектор является «приёмником» отходящих выбросов правобережья при ослабляющей роли аквальной зоны водохранилища.

По оригинальной методике нами проведён анализ направлений вихревых потоков, создающих своеобразные «аэродинамические коридоры» и зоны аккумуляции атмосферных загрязнений в городе [5]. В качестве одного из косвенных факторов – индикаторов аэрации в зимний период – служит анализ распределения снежного покрова по территории города. Снег обладает высокой сорбционной способностью и осаждаёт из атмосферы на поверхность почвы значительную часть продуктов техногенеза.

Установлено, что в локальных участках города с наибольшим наносом снега в зимний период могут осаждаться и аккумулироваться вредные вещества, приносимые с ветром и атмосферными осадками от промышленно-транспортных источников, а на участках с достаточной продуваемостью, где снег не накапливается, а высота снежного покрова ниже, уровни загрязнения почвы химическими веществами снижаются. Прослеживается прямая достоверная корреляционная связь средней степени между высотой снежного покрова и содержанием ряда тяжёлых металлов в почвенном покрове (Pb, Mn, Ni).

Наиболее надёжным индикатором аэрогенного пути загрязнения городских почв служит свинец. Причём наблюдается сходная тенденция содержания в различных частях города загрязнителей, источниками которых являются выбросы автомобильных газов транспорта: отмечена прямая корреляционная зависимость содержания свинца в почвенном покрове с содержанием нефтепродуктов в почвенном покрове, формальдегида и оксида серы (IV) в атмосфере. Наблюдается достоверная прямая корреляционная зависимость средней силы ($r = 0,64$) между величинами суммарных индексов загрязнения атмосферы (ИЗА) и загрязнения почвы (СПЗ) тяжёлыми металлами. Данный факт говорит об аэрогенном пути загрязнения почвы, а также о том, что почвенное загрязнение – индикатор общего техногенного загрязнения городской среды.

На основе сопряжённых экогеохимических, снегомерных и медико-статистических

исследований выявлены «аэродинамические коридоры» на территории города, преимущественно субмеридиональной ориентации, обусловленные розой ветров, акваторией водохранилища, снижающей загрязнение, и этажностью застройки, где наблюдаются достоверные корреляции высоты снежного покрова, концентраций тяжёлых металлов в почве (свинца, марганца, никеля) и заболеваемости детского населения. В зонах «ветровых переносов» отмечены локальные почвенно-геохимические аномалии содержания тяжёлых металлов.

Эти закономерности подтверждены в процессе кластерного анализа: установлены два кластера сходства загрязняющих веществ: I) загрязнители почвенного покрова (СПЗ почвы, критерии загрязнения почвы медью, свинцом и цинком); II) загрязнители атмосферы (ИЗА, критерии загрязнения атмосферы оксидом углерода (II), свинцом, пылью и формальдегидом). В наименьшей степени подчиняются общим закономерностям (связаны недостоверно с отмеченными кластерами) содержание нефтепродуктов в почве, а также – оксида серы (IV) и оксида азота (IV) в атмосфере (рис. 1).

Видимо, сходство кластеров почвенного и атмосферного загрязнения по суммарным индексам, тяжёлым металлам, а также оксиду углерода, пыли и формальдегиду свидетельствует преимущественно о промышленно-транспортном источнике их накопления в городской среде; в то время как аккумуляция нефтепродуктов обусловлена преимущественно транспортным фактором, а оксиды серы и азота (летучие компоненты) разносятся на значительные расстояния и аккумулируются не только под воздействием промышленно-транспортного фактора, но и с учётом аэрационных факторов в условиях комбинированной городской застройки.

Уровень «ответной реакции» населения на техногенное загрязнение городской среды достоверно проявляется в увеличении заболеваемости взрослых и особенно детей в техногенно-загрязнённых микрорайонах.

Так, практически по всем классам болезней наблюдается высокая заболеваемость взрослого и детского населения в центральной части города и в индустриальном секторе Левобережного района города Воронежа (за исключением инфекционных и паразитарных болезней). Относительно низкая заболеваемость детского и взрослого населения наблюдается в Северном жилом микрорайоне и в жилой застройке вблизи агроуниверситета.

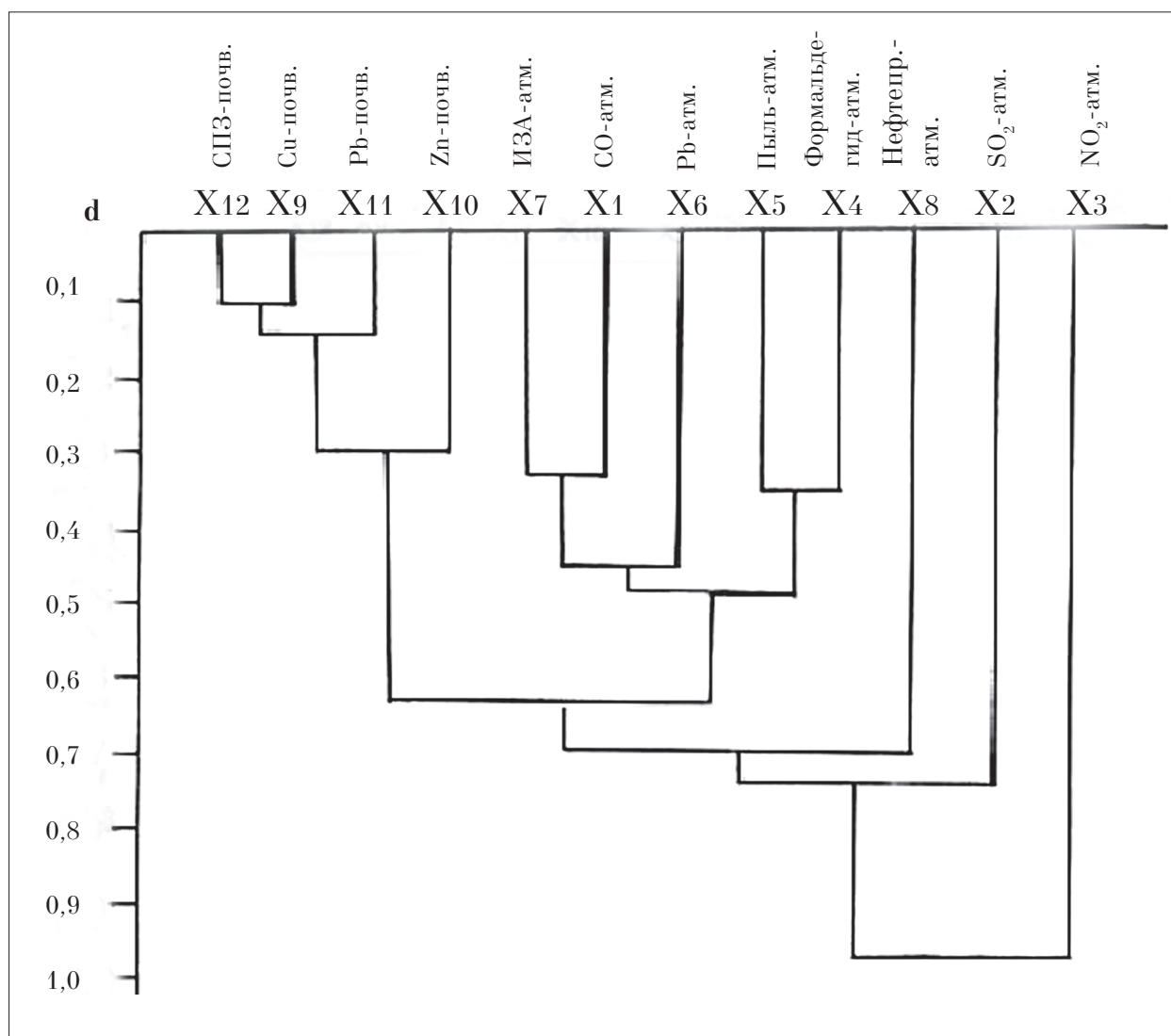


Рис. 1. Кластерная дендрограмма сходства приоритетных загрязняющих веществ (атм. – атмосфера, почв. – почва) и суммарных индексов загрязнения атмосферы и почвы; d – критерий сходства («евклидово расстояние»)

В ходе корреляционного анализа установлено наличие ряда прямых средних и сильных корреляционных зависимостей между отдельными загрязняющими компонентами природных сред и критериями общественного здоровья. Более информативны показатели атмосферного загрязнения для холодного периода года, а более «чувствительно» к техногенному загрязнению, особенно почвы, детское население (рис. 2, рис. 3), причём мальчики (видимо, за счёт более тесных контактов с окружающей средой в процессе дошкольного воспитания, игр вне помещений).

В целом наиболее существенной для детского населения можно отметить прямую зависимость между содержанием пыли в атмосфере города Воронежа и уровнем заболеваемости болезнями системы кровообращения ($r=0,51$), а также болезнями костно-мышеч-

ной системы ($r=0,50$). Для взрослого населения наиболее существенными являются зависимости содержания диоксида азота в атмосфере города Воронежа в холодный период года и заболеваемости болезнями системы кровообращения ($r=0,63$), болезнями органов пищеварения ($r=0,63$), болезнями кожи и подкожной клетчатки ($r=0,56$); прямые связи средней силы уровней заболеваемости болезнями костно-мышечной системы и содержанием пыли в атмосфере города в тёплый ($r=0,53$) и холодный ($r=0,54$) периоды года.

Расчёт количественных уровней индивидуального (общетоксического) рисков при воздействии загрязнителей атмосферы производился по методике Федерального центра гигиены им. Ф.Ф. Эрисмана и подробно ранее описан в работе [6].

Расчёт канцерогенного риска (CR) от присутствия загрязняющих веществ в атмосфере (по 18 приоритетным химическим канцерогенам) показал, что в целом по городу он соответствует предельно допустимому уровню (CR ниже 1×10^{-6}) с некоторым превышением для 7 веществ (акрилонитрил, бензол, оксид никеля, стирол, трихлорэтилен, формальдегид, хром шестивалентный). Особое опасение вызывает риск воздействия на экспонируемое население 1,3-бутадиена и сажи, риск канцерогенных эффектов на большинстве территорий по которым достигает опасного уровня (CR около 1×10^{-3}), требующего мероприятий по его снижению. Наибольший вклад в уровень канцерогенного риска вносят ОАО «Воронежсинтезкаучук» за счёт выбросов 1,3-бутадиена и ОАО «Воронежшина» за счёт сажи.

Из 58 загрязняющих веществ, присутствующих в атмосфере города и обладающих неканцерогенным действием, 10 приоритетных загрязнителей представляют опасность для здоровья. Наибольший вклад в неканцерогенный риск возникновения хронических заболеваний местами вызывает опасение, причём он наиболее высокий – преимущественно в левобережном секторе и в некоторых микрорайонах цент-

ральной части города. Так, от 50% до 70% территории города постоянно расположены в зоне повышенного риска (НІ – более чем в 10 раз выше допустимого) от присутствия соединений меди, взвешенных веществ и формальдегида в атмосферном воздухе.

При проведении комплексного экологического зонирования внутригородского пространства на территории г. Воронежа отчётливо выделяются 5 зон экологического риска (рис.4): зона низкого, допустимого экологического риска (северная внепромышленная часть города); зона удовлетворительного экологического риска, не вызывающего беспокойства (большая окраинная часть территории вне промышленных зон); зона экологического риска, вызывающего беспокойство (локальные общественно-деловые центры правобережья и левобережья); зона экологического риска, вызывающего опасение (примыкающая к автомагистралям и промзонам); зона опасного экологического риска (крупные автомагистрали, санитарно-защитные зоны промышленных предприятий и прилегающие к ним участки преимущественно по промышленному левобережью города).

Количественные соотношения различных зон экологического риска по различным термическим периодам года и «массовым» загрязнителям воздуха показаны в таблице. Для снижения уровней экологического риска

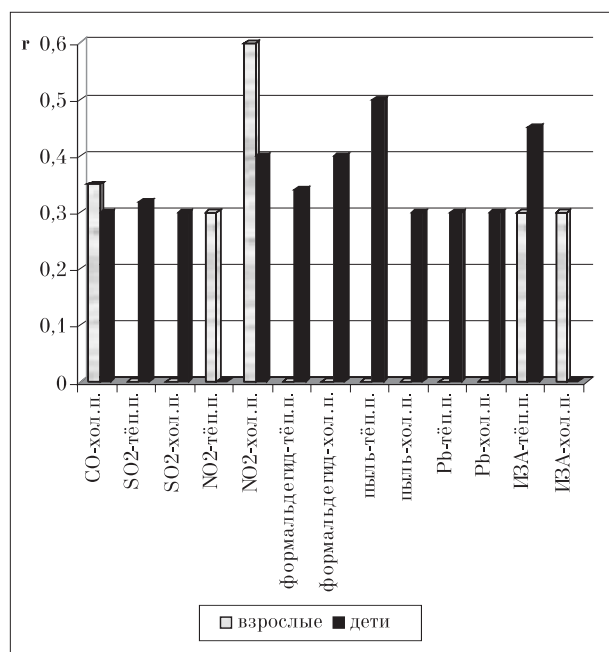


Рис. 2. Корреляционные связи болезней органов дыхания с загрязнением атмосферы г. Воронежа в холодный и тёплый периоды года (r – коэффициент корреляции; период: хол. п. – холодный; тёпл. п. – тёплый)

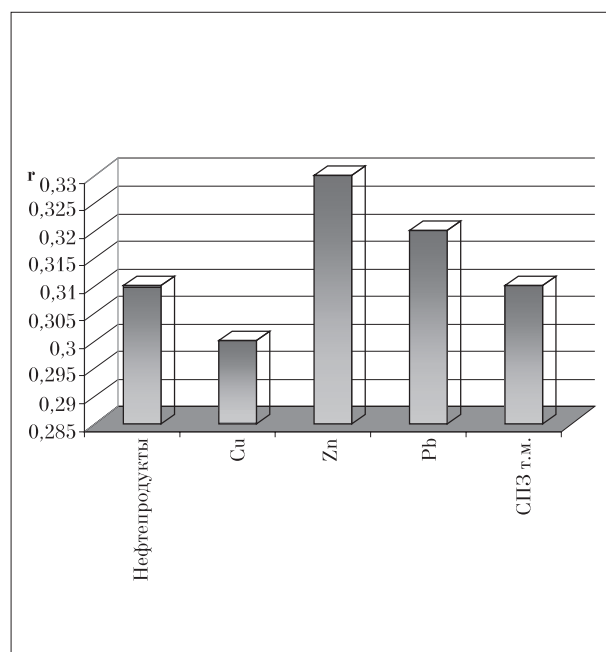


Рис. 3. Корреляционные связи зависимости общей заболеваемости детского населения от загрязнения почвы г. Воронежа (r – коэффициент корреляции)



Рис.4. Экологическое зонирование территории г. Воронежа

Таблица

Площади внутригородских территорий различных уровней неканцерогенного риска возникновения хронических заболеваний у населения

Температурный режим	Фактор риска	Уровень риска для здоровья (км ²)*				
		Допустимый (HQ<0,8)	Предельный (HQ 0,8 – 1)	Повышенный (HQ 1 – 2)	Высокий (HQ 2 – 3)	Очень высокий (HQ>3)
Тёплый период года	CO	43,5	109,6	100,4	0,6	-
	SO ₂	11,6	11,6	64,6	101,8	63,7
	NO ₂	77,5	95,3	75,6	5,8	2,5
	Формальдегид	12,3	48,3	20,1	51,4	155,4
	Pb	171,1	48	124,4	5	0,7
	Суммарный риск (HI)	31,7	67,8	114,3	29,2	5,6
Холодный период года	CO	121,1	85,3	31,2	0,7	-
	SO ₂	36,4	9,8	155,6	61,3	10,4
	NO ₂	98,9	41,4	99,5	-	-
	Формальдегид	38,9	3,7	41,3	75,5	30,7
	Pb	183,2	40,1	16	0,2	-
	Суммарный риск (HI)	55	161,5	18,5	3,3	1,3

Примечание: * HQ – индивидуальный неканцерогенный риск при ингаляционном воздействии соответствующих загрязняющих веществ

и оздоровления городской среды на территории г. Воронежа необходима целенаправленная городская экологическая политика, составными блоками которой могут быть:

- 1) модернизация транспортных сетей города и пригородной зоны с увеличением их пропускной способности, качества дорожного покрытия, средней скорости движения транспортных средств на основе создания «транспортных коридоров» по направлениям от центра к окраинным микрорайонам, «обходных и дублирующих» трасс разнонаправленного движения;
- 2) контроль и нормирование выбросов в атмосферу от промышленных объектов, изменение топливного баланса в теплоэнергетической промышленности (снижение доли угля и мазута с переходом на газ в качестве топлива на ТЭЦ-1, ТЭЦ-2, котельных ВГК «Тепловые сети»), благоустройство санитарно-защитных зон промышленных предприятий;
- 3) озеленение внутригородского пространства (санитарно-защитных зон промышленных предприятий, прилегающих к автодорогам микрорайонов, внутридворовых участков) с внедрением в состав посадок газоустойчивых зеленых насаждений: ли-

пы мелколистной, тополя канадского, тополя чёрного, ясеня зелёного, можжевельника казацкого, туи западной, бирючины обыкновенной, кизильника блестящего и других видов, а также более широкое применение «вертикального озеленения» по опыту других крупных городов Европы, что позволит не только снизить загрязнение воздушного бассейна, но и уменьшить звуковой дискомфорт вблизи автомагистралей.

Заключение

Установлено, что «ответная реакция» населения на техногенное загрязнение проявляется в достоверном увеличении заболеваемости как взрослого, так и детского населения (особенно болезней крови и кроветворных органов, органов дыхания). Наиболее сильные корреляции наблюдаются между заболеваемостью детского (мужского) населения и загрязнением атмосферы в холодный период года на фоне сезонного ухудшения эколого-климатических условий среды жизни городского населения.

Реализованный на примере крупнейшего промышленного центра Центрального Черноземья – города Воронежа – методический подход к выделению зон экологического риска вполне может быть применен для опера-

тивного экологического контроля и мониторинга. В условиях преимущественно аэрогенного механизма формирования зон техногенного загрязнения городской среды эффективным является эколого-геохимический мониторинг в зонах экологического риска. Внедрение предлагаемой системы оптимизационных мероприятий для оздоровления окружающей среды промышленно развитого города ориентировано, прежде всего, на решение трех приоритетных задач (модернизацию автотранспортных сетей; контроль выбросов предприятий теплоэнергетики, озеленение внутригородского пространства), реализация которых позволит поэтапно снижать риск появления экологически обусловленных заболеваний среди населения города.

Исследования проведены при поддержке гранта РФФИ (№ 05-05-64402).

Литература

1. Кочуров Б. И. Экодиагностика и сбалансированное развитие: учеб. пособие. М. – Смоленск: Маджента, 2003. 384 с.
2. Ревич Б.А., Авалиани С.Л., Тихонова Г.И. Экологическая эпидемиология: учебник для высш. школы. М.: Издательский центр «Академия», 2004. 384 с.
3. Экогеохимия городских ландшафтов / под ред. Н. С. Касимова. М.: МГУ, 1995. 336 с.
4. Экология человека : учеб. пособие / под ред. Б. П. Прохорова. М.: Изд-во МНЭПУ, 2001. 440 с.
5. Епринцев С.А., Куролап С.А., Завьялова Ю.Н. Эколого-гигиеническая оценка городской среды с использованием снегомерных наблюдений // Вестник Воронеж. гос. ун-та: Серия География и Геоэкология. 2006. №1. С. 34-38.
6. Куролап С.А., Мамчик Н.П., Клепиков О.В. Оценка риска для здоровья населения при техногенном загрязнении городской среды. Воронеж: Воронеж. гос. ун-т, 2006. 220 с.

УДК 616-619

Гельминтозы собак Кировской области и биобезопасность окружающей среды

О.Б. Жданова¹, Т.И. Калужских², С.П. Ашихмин², О.В. Масленникова¹,
П.Г. Распутин², Л.Р. Мутошвили¹

¹Вятская государственная сельскохозяйственная академия

²Кировская государственная медицинская академия

У собак Кировской области зарегистрированы 9 видов гельминтов: *Opisthorchis felineus*, *Dipylidium caninum*, *Taenia hydatigena*, *Toxascaris leonina*, *T. canis*, *Str. vulpis*, *Uncinaria stenocephala*, личинки *Trichinella spiralis*, *Diocotophyme renale*. Все обнаруженные виды паразитов являются опасными для здоровья человека, домашних и сельскохозяйственных животных.

There were registered 9 helminths of dogs of Kirov Region: *Opisthorchis felineus*, *Dipylidium caninum*, *Taenia hydatigena*, *T. canis*, *Toxascaris leonina*, *Uncinaria stenocephala*, *Str. vulpis*, *Trichinella spiralis*, *Diocotophyme renale*. All of them are dangerous both for people and for domestic animals.

Ключевые слова: гельминтофауна, токсакароз, собаки, биобезопасность

Введение

До недавнего времени ветеринарные паразитологи особое внимание уделяли паразитозам сельскохозяйственных животных, не учитывая «повальное» увлечение населения страны собаками и кошками. Значение соба-

ководства общеизвестно, и с каждым годом увеличивается число любителей собак – служебных, охотничьих, декоративных. Вместе с тем в городах растёт среди этих животных число бродячих и бездомных, как правило, больных паразитарными болезнями. Ежедневно в городах и других населённых пунктах

мелкими плотоядными выделяется огромное количество экскрементов, которые часто содержат яйца гельминтов, в том числе вызывающие тяжёлые заболевания человека.

Токсокароз – относительно новая проблема практического здравоохранения. Возбудитель токсокароза – нематода семейства *Anisakidae* рода *Toxocara*. Известны два вида токсокар: *Toxocara canis* – гельминт, поражающий главным образом представителей семейства псовых, и *Toxocara mystax* – гельминт семейства кошачьих, который иногда в англоязычных странах называют *Toxocara cati*. Роль *T. canis* в патологии человека доказана, а роль *T. mystax* еще обсуждается, поэтому в настоящее время термин «токсокароз» подразумевает только заболевание человека, вызываемое *Toxocara canis*.

Toxocara canis – нематода, самка которой имеет длину 6 – 8 см, самец – 4 – 10 см. С фекалиями собак выделяются сотни тысяч яиц токсокар, которыми загрязняется почва. Заражение человека происходит при заглатывании яиц гельминтов.

Долгое время считалось, что для развития яиц *T. canis* необходимым условием является пребывание в почве от 2 до 7 недель, что исключало возможность попадания в организм человека яиц с шерсти собак. Однако научные исследования, проведённые А. Вольфом и И. Райтом в 2003 году, доказали возможность прямого заражения, т. к. до 25% обнаруженных на шерсти яиц содержат личинку 2-й стадии (инвазионная стадия). Таким образом, контакт с собаками является основным путём заражения человека инвазионными стадиями *Toxocara canis* [1 – 4]. Поскольку 10% детей в возрасте до 7 лет имеют привычку пикацизма: пробования или поедания несъедобных веществ, в частности почвы, это увеличивает опасность заражения токсокарозом [5].

Клиника токсокароза у людей полиморфна, преобладают симптомы интоксикации, температурной реакции, абдоминального и лёгочного синдромов. Спектр клинических проявлений является производной от интенсивности заражающей дозы и частоты реинфекций, распространения личинок в тех или иных органах и тканях, а также степени иммунного ответа хозяина. Токсокароз характеризуется длительным рецидивирующим течением (от нескольких месяцев до нескольких лет), что связано с периодическим возобновлением миграции личинок токсокар. Редкие летальные случаи при токсокарозе связаны

с миграцией личинок в миокард и важные в функциональном отношении участки центральной нервной системы. Из всех заболевших 76% составляют дети [6].

Материалы и методы

Исследования проводились в 2000 – 2006 гг. Материал получали от владельцев собак и охотников – в случае обследования бродячих собак. Методом полного гельминтологического вскрытия по К.И. Скрябину [7] исследовали 10 животных; 209 животных – копрологическими методами по Фюллеборну [8], который применяется при слабой насыщенности фекалий яйцами гельминтов и основан на всплывании яиц гельминтов в насыщенном растворе хлорида натрия. Исследования проводили через 15 – 20 мин. в течение 2 час. Микроскопировали пробы с поверхности раствора и из осадка.

Полученные яйца токсокар, отмытые в физиологическом растворе, помещали в раствор азиды натрия с целью изучения его овоцидного действия.

Дифференцированно учитывали результаты обследования отдельных групп собак: домашних, бродячих, охотничьих и служебных. Наиболее показательны в эпидемиологическом плане охотничьи, как находящиеся в близком контакте с человеком и с дикими зверями, которые обычно являются резервуарами и источниками инвазий, и служебные, которые обычно содержатся скученно, что способствует распространению гельминтозов.

Результаты исследований и обсуждение

В Кировской области гельминтофауну собак изучают с 30-х годов. В период работы 57-й Союзной гельминтологической экспедиции в 1928 году методом полного гельминтологического вскрытия В.С. Ершовым было исследовано 23 собаки. Экстенсивность инвазии (ЭИ) – 100%. Обнаружено 8 видов паразитических червей: *Alaria alata* (у 1 собаки 1 экз.), *Echinococcus granulosus* у 3 собак (13%), *Dipylidium caninum* у 9 собак (40%), *Taenia hydatigena* у 2 собак (9%), *Toxocara canis* у 7 собак (30%), *Toxascaris leonina* у 7 собак (30%), *Uncinaria stenocephala* у 14 собак (60%). В 1948 году у собаки в г. Кирове были обнаружены личинки *Trichinella spiralis* в мышцах [1].

Паразитофауна кишечных паразитов собак в условиях г. Кирова

Паразиты	Группы собак				Всего	ЭИ, %
	1	2	3	4		
Исследовано	95	16	28	100	219	
<i>T. canis</i> (Т.с.)	3	2	7	10	22	10
<i>T. leonina</i> (Т.л.)	1	6	1	1	9	4,1
<i>D. caninum</i>	–	–	4	1	5	2,3
<i>Strongiloides vulpis</i> (с.в.)	1	2	–	–	3	1,4
<i>Cystoisospora</i> sp. (С.sp)		–	12	–	12	5,5
<i>Uncinaria stenocephala</i>	1	–	–	–	1	0,45
<i>Opisthorchis felineus</i>	–	–	1	–	1	0,45
<i>Dioctophyme renale</i>	–	–	1	–	1	0,45
<i>Toxocara</i> + <i>Str.vulpis</i>	1	–	–	–	1	0,45
<i>Toxocara</i> + <i>Cystoisospora</i>	–	–	2	–	2	0,9
<i>Toxocara</i> + <i>D. caninum</i>	–	1	–	–	1	0,45
<i>Toxocara</i> + <i>Uncinaria</i>	–	1	–	–	1	0,45
<i>Cystoisospora</i> + <i>D. caninum</i>	–	1	–	–	1	0,45
Т.л.+ <i>U.stenocephalata</i>	–	1	–	–	1	0,45
Итого заражено	7	14	28	12		
Экстенсивность инвазии (ЭИ), %	7,4	87,5	100	12		

Примечание: 1 – служебные (питомник служебного собаководства), 2 – охотничьи (биостанция ВНИИОЗа), 3 – домашние, 4 – обезличенные (в т.ч. бродячие)

Последующие исследования собак [2 – 4, 9 – 11] проводились в г. Кирове копрологическим методом (табл. 1).

При обследовании собак Кировской области методом полного гельминтологического вскрытия обнаружены следующие паразиты: трематода *Opisthorchis felineus* у 1 собаки в количестве 3 экз., цестоды *Dipylidium caninum*, *Taenia hydatigena*, нематоды *Toxascaris leonina*, *Uncinaria stenocephala*, личинки *Trichinella spiralis* в мышцах, *Dioctophyme renale*. Заражённость личинками трихинелл у бродячих собак – 11 и 258 личинок в 1 г мышечной ткани. Высокая интенсивность инвазии (258 личинок) у старой собаки, застреленной охотниками в угодьях. Нематода *Dioctophyme renale* зарегистрирована О.В. Масленниковой у домашних собак старше 10 лет в г. Кирове впервые.

Все найденные виды гельминтов являются опасными для человека и многих сельско-

хозяйственных животных. Наиболее опасным среди выявленных заболеваний для человека является токсокароз [11]. Мы проследили его сезонную и возрастную динамику. Экстенсивность кишечной формы токсокароза составила, по нашим данным, от 6,3 до 53,9%, а доля токсокароза по каждой породе варьировалась от 33,3 до 89,8% от всех выявленных гельминтозов, при этом щенки болеют в 5 раз чаще. Наиболее высокий процент заражения выявлен среди немецких овчарок, догов, кавказских овчарок и охотничьих собак.

В Кировской области, так же как в целом по стране, отмечается выраженная тенденция к росту выявляемости токсокароза (рис.).

В 2006 году по сравнению с 2005 годом заболеваемость токсокарозом выросла в 2 раза и составила 2,30 на 100 000 населения. За последние 7 лет токсокароз в городе Кирове и области выявлен у 82 человек.

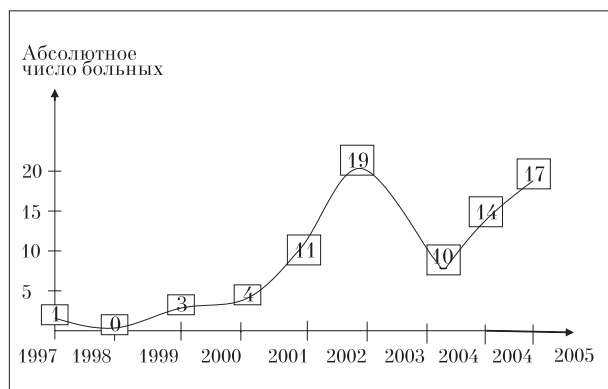


Рис. Динамика заболеваемости токсокарозом в Кировской области

При анализе загрязнения почвы яйцами токсокар было выявлено 1,7% положительных проб. При исследовании обезличенных фекалий яйца токсокар в черте города обнаружены в 8,5%, в пригороде – в 17,2% проб. Заражённость животных токсокарами представлена в таблицах 1 и 2.

В связи с распространением токсокароза среди диких животных в Кировской области, при сборе ягод и грибов также возможно инвазирование, однако роль диких животных в распространении заболевания на настоящий момент недооценивается. Между тем в районах, население которых в большей степени занимается охотой, сбором ягод и грибов, количество заболевших людей возрастает. К таким районам можно отнести Малмыжский – 45,2; Опаринский – 37,6; Унинский – 44,76 и Яранский – 46,0 случаев заболевания на 100 000 населения.

Таким образом, проблема токсокароза, особенно среди детей, в Кировской области актуальна, что подтверждено растущей поражённостью населения – 2,3 на 100 000 населения, собак в г. Кирове и области – 35,2%, загрязнением почвы яйцами токсокар – в 1,7% исследованных проб.

Проблеме загрязнения почвы и её дегельминтизации, особенно в местах выгула собак, в настоящее время необходимо уделять осо-

бое внимание. Так, например, с фекалиями собак выделяются сотни тысяч яиц токсокар, которыми загрязняется почва. Яйца токсокар сохраняются в почве жизнеспособными в течение нескольких лет. Для успешной борьбы с токсокарозом необходимо разрабатывать мероприятия, направленные на уничтожение яиц в почве.

При исследовании ряда дезинфицирующих растворов установили, что их применение позволяет вызвать гибель яиц при локальном нанесении, но многие из них являются гербицидами, и в результате непоправимый ущерб наносится газонам и цветникам. Было испытано новое дезинфицирующее средство – азид натрия, в концентрации 0,3%, не оказывающее выраженного воздействия на растения [12]. В раствор азид натрия вносили яйца токсокар и наблюдали за их развитием. Была отмечена гибель 30% яиц в первые сутки и 63% во вторые сутки инкубирования в данном растворе.

Таким образом, проведённые исследования свидетельствуют, что азид натрия можно рекомендовать для дегельминтизации почвы в местах скопления фекалий. При этом необходимо изучать биологические свойства почв, проводить систематическую их оценку и контроль биобезопасности.

Заключение

У собак Кировской области зарегистрированы 9 видов гельминтов: *Opisthorchis felinus*, *Dipylidium caninum*, *Taenia hydatigena*, *Toxascaris leonina*, *T. canis*, *Str.vulpis*, *Uncinaria stenocephala*, личинки *Trichinella spiralis*, *Diocophyme renale*. Подтверждено гельминтологическим вскрытием обитание у городских собак *Opisthorchis felinus* (в предыдущих исследованиях найдены были только яйца), впервые в Кировской области в санитарном очаге обнаружена у собаки нема-

Таблица 2

Заражённость (%) животных и обезличенных фекалий токсокарами

Период наблюдений	Источник фекалий				
	Обезличенные фекалии	Собаки	Кошки	Охотничьи собаки	Клеточные пушные звери
1996–1998	9,9	25,2	30,1	Не исследовались	15,5
1999–2001	7,3	25,0	10,2	12,9	26,7
2002–2004	12,9	28,9	31,5	43,5	26,5
2005–2006	8,2	14,2	25,1	Не исследовались	15,5

года *Diocotophyme renale*. Все обнаруженные виды паразитов являются опасными для здоровья человека, домашних и сельскохозяйственных животных.

В сложившихся условиях практически необходимо разработать программу по борьбе с токсокарозом и другими зоонозами в Кировской области по аналогии с другими регионами РФ; провести серо-эпидемиологический скрининг на токсокароз групп повышенного риска (дети раннего возраста, ветеринарные врачи, автоводители, автослесари, рабочие коммунального хозяйства, садоводы-любители); ввести бесплатную стерилизацию собак и кошек для контроля за численностью поголовья домашних плотоядных; широко внедрять гельминтологические обследования и своевременные дегельминтизации в ветеринарную практику; использование для игр детей закрытых песочниц; проводить регулярную уборку территорий города и области, скашивание травы на газонах (ультрафиолетовые солнечные лучи способствуют обезвреживанию фекалий) и обработку скопления фекалий дезинфектантами, выгул собак проводить в определённых местах с обязательным сбором фекалий владельцем; запретить использование на дачных участках навоза со звероферм в связи с его высокой обсеменённостью яйцами токсокар.

Выполнение комплекса лечебно-профилактических мероприятий позволит улучшить эпизоотическую ситуацию по паразитозам в городе и обеспечить надёжную защиту населения от ряда опасных заболеваний.

Литература

1. Масленникова Т.В. Гельминтофауна собак Кировской области / Теория и практика борьбы с паразитическими болезнями: Матер. докл. науч. конф., М., 2007. С. 113.

2. Жданова О.Б. Диагностическая ценность эозинофилии при токсокариозе и ассоциативных нематодозах песцов // Матер. науч.-произв. конф. по актуаль-

ным проблемам ветеринарии и зоотехнии. Казань, 2001. Ч.1. С. 202-203.

3. Жданова О.Б., Полуэктова О.В. Теория и практика борьбы с паразитарными болезнями // Матер. докл. науч. конф. М., 2004. Вып. 5. С. 154-156.

4. Жданова О.Б. Распространённость нематодозов среди песцов, енотовидных собак, серебристо-черных и рыжих лисиц в зверохозяйствах // Матер. докл. 4-й городской научн. конф. «Науке нового века – знания молодых». Киров, 2001. С. 69-71.

5. Авдюхина Т.И., Лысенко А.Я., Федоренко Т.Н., Куприна Г.Н., Усова Т.И. Сероэпидемиология токсокароза и токсоплазмоза в смешанных очагах. Пикацизм и серопоражённость детей // Мед. паразитол. 1987. № 3. С. 39-41.

6. Алексеева М.И. Токсокароз: клиника, диагностика, лечение // Мед. паразитол., 1984. № 6. С. 66-72.

7. Скрыбин К.И. Метод полных гельминтологических вскрытий позвоночных, включая человека. М.: МГУ, 1928. 45 с.

8. Астафьев Б.А., Яроцкий Л.С., Лебедева М.Н. Экспериментальные модели паразитозов в биологии и медицине. М., 1989. 280 с.

9. Жданова О.Б., Колеватова А.И., Назарова С.Г. Дифференциация трихинеллёза, токсокароза и аллергических реакций у клеточных пушных зверей // Аграрная наука Северо-Востока Европейской части России на рубеже тысячелетий – состояние и перспективы: Тр. ВГСХА. Киров, 2000. Т. 1. Ч.II. С. 54-58.

10. Колеватова А.И., Жданова О.Б. Масленникова О.В., Назарова С.Г. Токсокароз домашних и диких плотоядных в Кировской области // Мат. 4-й Межд. науч.-практ. конф. УГАВМ «Актуальные проблемы биологии и ветеринарной медицины мелких домашних животных». Троицк, 2001. С. 25-27.

11. Калужских Т.И., Жданова О.Б., Глушкова Т.В., Егорова С.В., Вотяков Ю.Г. Токсокароз – актуальная проблема здравоохранения и ветеринарной медицины в Кировской области // Докл. всерос. науч. конф. «Теоретические и практические вопросы паразитологии». Кемерово, 2006. С. 125-130.

12. Зайцева О.О., Кутявина А.П., Жданова О.Б., Ашихмин С.П. Экологические аспекты применения азида натрия / Матер. II обл. науч.-практ. конф. «Экология родного края: проблемы и перспективы их решения». Киров, 2007. С. 29-31

Прогноз распространения выбросов проектируемого предприятия по электролизному производству алюминия

А.В. Аргучинцева, Н.В. Сирина, А.И. Щетников
Иркутский государственный университет

В статье рассматриваются прогнозы выбросов загрязняющих веществ от алюминиевых заводов. Дана метеорологическая характеристика районов размещения заводов. По математическим моделям проведена оценка потенциально опасных зон загрязнения.

The article deals with aluminum plants emissions. Meteorological characteristics of places of the plants' dislocation are given. Evaluation of potentially dangerous pollutant zones is presented.

Ключевые слова: производство алюминия, загрязняющие вещества, ПДК, фториды, экологический прогноз

Производство первичного алюминия, особенно на старых заводах, работающих по технологии Содерберга, связано с выбросами в атмосферу ряда химических элементов и соединений, относящихся к категории загрязняющих веществ (ЗВ). Это фтористые и сернистые соединения, пыль, оксид углерода, перфторуглероды, возгоны каменноугольного пека, или так называемые смолистые вещества, значительная часть которых представлена полициклическими органическими соединениями, включая полициклические ароматические углеводороды (ПАУ), и пр. [1, 2].

Масштабы и темпы наращивания мощностей по производству первичного алюминия, прежде всего в странах с избытком дешевой электроэнергии и рабочей силы, актуализируют вопросы повышения экологической безопасности этого производства и охраны окружающей среды.

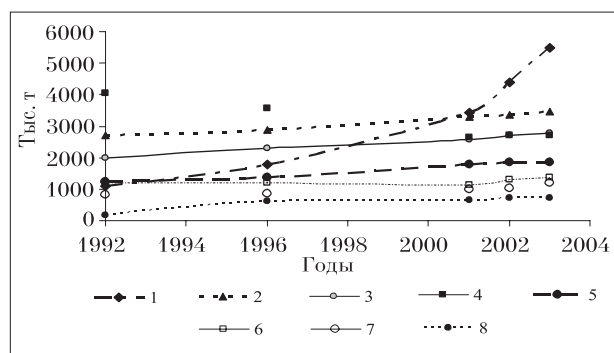


Рис. 1. Динамика мирового производства первичного алюминия по основным странам-производителям: 1 – КНР, 2 – Россия, 3 – Канада, 4 – США, 5 – Австралия, 6 – Бразилия, 7 – Норвегия, 8 – ЮАР

На рисунке 1 можно проследить динамику изменения производственных мощностей первичного алюминия за более чем 10 лет для различных стран мира [3]. Явное лидерство по производству первичного алюминия в 1992 г. принадлежало США, но к 2001 г. произошел резкий спад (более чем в 1,5 раза), после которого США вышли на некоторый фактически постоянный уровень. Наиболее резкий подъем производства первичного алюминия (в течение 10 лет почти в 5 раз) характерен для Китая, который в настоящее время опередил все развитые и развивающиеся страны.

В настоящее время с целью снижения вредных выбросов и уменьшения потребления электроэнергии при производстве алюминия рассматриваются несколько направлений. Одно из них связано с рециклингом, поскольку увеличение доли вторичного металла в товарной продукции приводит к значительному сокращению выбросов токсичных веществ, экономии электроэнергии и снижению экологической напряженности в районе производства. Однако по понятным причинам решить проблему экологической безопасности за счет только рециклинга невозможно. В любом случае производство первичного алюминия в обозримом будущем останется в качестве существенной составляющей удовлетворения возрастающей потребности человечества в этом металле.

Второе направление связано с совершенствованием существующих технологий как главного технологического процесса (электролиза расплава фтористых солей алюминия), так и улавливания отходящих газов, их

Производство алюминия на базе гидроэнергии в различных регионах мира

Регионы	Латинская Америка	Россия	Северная Америка	Европа*	Африка	Океания	Азия
Доля алюминия произведенного с помощью гидроэнергии, %	96	82	64	44	32	23	10

Примечание: * – Центральная Европа (без Норвегии и Исландии)

обезвреживания и утилизации [4]. В настоящее время уже довольно распространёнными являются технологии, которые обеспечивают удельные выбросы по фтору на обожжённых анодах 0,5 кг/т алюминия-сырца, а с использованием технологии Содерберга соответственно – 0,85 кг/т.

Третье направление, которое может и должно решить проблему экологической безопасности производства первичного алюминия, – это разработка принципиально иной технологии его восстановления из окислов. Из-за высокой стоимости материалов и оборудования такие технологии существуют пока лишь в лабораторных условиях. Однако поиск продолжается, и есть полная уверенность в том, что электролизу Al_2O_3 с применением каменного угля (нефтекокса), фторсодержащих солей и использованием колоссального количества электроэнергии в недалеком будущем появится альтернатива.

Сейчас в мире около 50% первичного алюминия производится на электроэнергии, вырабатываемой гидростанциями (таблица) [5]. Это не только дешёвые источники энергии (по прямым затратам на её производство), но и экологически менее вредные, чем, например, ТЭЦ.

Россия – одна из стран с высоким потенциалом гидроэлектроэнергии, обусловленным наличием ряда крупных ГЭС, три из которых – Братская, Усть-Илимская и Иркутская расположены на территории Иркутской области. Это явилось важной предпосылкой строительства на территории области нового алюминиевого завода, для размещения которого из различных соображений первоначально были предложены 11 вариантов возможных площадок. После детального проведения для каждого намечаемого варианта комплексных инженерных изысканий, технико-экономической оценки, рассмотрения климатического потенциала, степени существующей антропогенной нагрузки были рекомендованы для строительства две альтернативные площадки в районе г. Тайшета. Согласно требованиям

законодательства РФ, международных конвенций и договоров, ратифицированных РФ для обеих площадок, представлены документы (материалы ОВОС), обобщающие результаты исследований по оценке воздействия на окружающую среду и здоровье населения намечаемой деятельности. Местоположение первой альтернативной площадки (первый проект, 2000 г.) предполагалось в 4 км к северо-востоку от Тайшета. Вторая площадка (второй проект, 2004 г.) – в 3 км к юго-западу от границы селитебной зоны города. Учитывая, что в районе преобладают западный (41–43%), юго-западный (9 – 17%) и юго-восточный (12 – 13%) переносы воздушных масс, первый проект, по нашему мнению, более благоприятен с точки зрения воздействия на состояние окружающей среды города, в частности, на атмосферный воздух, так как выбросы при реализации данного проекта имеют меньшую вероятность попадания в жилую зону города. Ниже мы подтвердим это результатами обработки данных многолетних метеорологических наблюдений.

Первый проект предусматривал два альтернативных варианта по мощности проектируемого завода: для варианта 1 – 225 тыс. т/год, варианта 2 – 300 тыс. т/год.

Второй проект альтернативных вариантов не предлагал, утверждая проектную мощность 600 тыс. т/год. Кроме того, в этом проекте ещё дополнительно намечалось производство обожжённых анодов мощностью 350 тыс. т/год. Однако, несмотря на увеличение проектной мощности, сила тока электролизеров возрастает на 1/3 и на 1/7 в сравнении соответственно с вариантами 1 и 2 первого проекта.

С увеличением силы тока электролизеров удельный расход электроэнергии при производстве алюминия снижается, наблюдается также тенденция к снижению расхода анодной массы и фтористых солей [6]. Это приводит как к уменьшению себестоимости тонны алюминия (проект 2004 г.), так и снижению эмиссии загрязняющих веществ. Более того,

в обоих проектах предполагается установка электролизеров с обожжёнными анодами, что сводит к минимуму выбросы летучих органических веществ и снизит поступление в окружающую среду других загрязнителей, включая соединения фтора. Однако, несмотря на снижение производственных затрат и уменьшение удельных выбросов загрязняющих веществ при производстве 1 тонны алюминия, из-за увеличения мощности завода по второму проекту валовые выбросы некоторых ингредиентов возрастают на несколько порядков (рис. 2).

Согласно требованиям «Оценки воздействия намечаемой хозяйственной деятельности на окружающую среду» (ОВОС) по нормативной методике ОНД-86 (по программе УПРЗА «Эколог – ПРО») для каждого из названных проектов была проведена предварительная оценка потенциальных абсолютных концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах планируемых предприятий для условий полной загрузки и нормальной работы основного технологического и газоочистного оборудования. Однако необходимо отметить, что названная методика, сыграв в своё время положительную роль (позволила перейти от качественного описания к количественным оценкам степени загрязнения атмосферы), в настоящее время и «морально», и «физически» устарела, поскольку, во-первых, ОНД-86 грубо упрощает реальные физические процессы, параметризуя их отдельными коэффициентами, и, во-вторых, не учитывает климатические

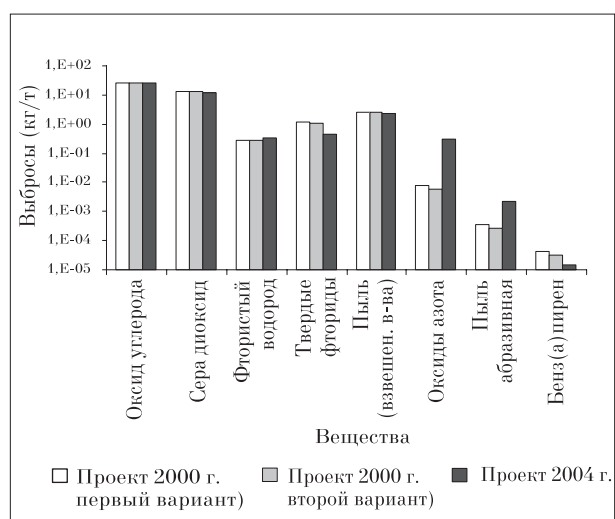


Рис. 2. Удельные выбросы загрязняющих веществ, поступающих в атмосферу от стационарных источников нового алюминиевого завода в г. Тайшете. 1 – проект 2000 г. (вариант 1), 2 – проект 2000 г. (вариант 2), 3 – проект 2004 г.

особенности местности, направление ветров, неоднородности рельефа, стратификацию атмосферы, спектр и скорость гравитационного осаждения частиц и пр. Расчёты ведутся для некоторого мгновенного значения модуля скорости ветра по круговой диаграмме с заданным шагом, что приводит к симметричности полученных результатов по секторам. И это особенно наглядно проявляется при расчётах выбросов от одиночного источника. Поэтому адекватность получаемых результатов можно оценивать с большой долей условности только лишь для ситуаций, близких к штилевым.

Нами были детально проанализированы многолетние данные восьмисрочных метеорологических наблюдений по месяцам-представителям года: январь, апрель, июнь. Исследуемые ряды многолетних наблюдений по каждому месяцу имели коэффициенты вариации, не превышающие 23%, что говорит об их относительно хорошей однородности. Обоснуем выбор месяцев-представителей года. Январь – самый холодный месяц с антициклональным типом погоды, который характеризуется повышенным атмосферным давлением, большой повторяемостью туманов (в отдельные годы – до 30%), штилей и слабых ветров (от 40 до 60%), нисходящими движениями воздуха, мощными приземными и приподнятыми инверсиями. Антропогенная примесь, выбрасываемая в атмосферу, в основном концентрируется вблизи своих источников. В апреле циклоническая деятельность атмосферы заметно усиливается, что способствует её очищению, особенно в дневные часы. В этом месяце фактически не бывает туманов (за 10 летний отрезок наблюдений нет ни одного дня), повторяемость штилей и слабых ветров уменьшается в 2-3 раза по сравнению с январем, а количество дней с абсолютной скоростью ветра более 6 м/с колеблется в пределах 16-18. В июне почти нет туманных дней (максимальное количество – 1 день), повторяемость слабых ветров колеблется в пределах 30-45%, а ветров более 6 м/с – до 20%. Учитывая, что в этом месяце предприятия теплоэнергетики работают с наименьшей интенсивностью, фоновое загрязнение атмосферы, по отношению к планируемой нагрузке от алюминиевого завода, значительно сокращается.

Для предварительной количественной оценки возможностей атмосферы к рассеянию поступающих в неё антропогенных примесей нами были рассчитаны климатические эллипсы рассеяния и метеорологический потенци-

ал атмосферы (МПА) [7], который определяется как отношение величин, способствующих накоплению примесей (повторяемость штилей и туманов), к величинам, обуславливающим рассеяние примесей (повторяемость осадков более 0,5 мм и ветров более 6 м/с). Анализируя построенные климатические эллипсы рассеяния, можно утверждать, что селитебную зону города антропогенные выбросы в больших количествах будут достигать от источников второго проекта.

Величины МПА для Тайшета составляют для января, апреля, июня соответственно 0,85; 0,35; 0,55. Используя принятую градацию, можно утверждать, что в январе примерно с равной частотой проявляются метеорологические процессы, способствующие рассеянию и накоплению примесей, а в апреле и июне соответственно существенно преобладают процессы, способствующие рассеянию примесей. Таким образом, в целом климатические условия в районе Тайшета способствуют рассеянию атмосферных примесей.

Известно, что оценка воздействия на окружающую среду при разработке проектной и проектной документации должна выполняться всеми альтернативными методами, чтобы была возможность предвидеть социальные и экономические последствия, принять своевременно правильные или оптимальные управленческие решения. Поэтому, не затрагивая вопросов уже существующего загрязнения в Тайшете от различных антропогенных источников, по авторским математическим моделям [8 – 9] мы оценили экологическую обстановку, которая имела бы место, если бы работали только источники алюминиевого завода при осуществлении первого проекта в режиме вариант 2 (с большей мощностью завода по алюминию-сырцу).

Следует отметить, что как стандартные методики, так и расчёты многих авторов ориентированы в основном на определение абсолютных концентраций ингредиентов при мгновенных параметрах среды, выбранных из каких-то соображений (например, наиболее часто повторяемая ситуация; некоторые средние характеристики среды; комплекс неблагоприятных метеорологических условий; метеорологические условия, способствующие загрязнению интересуемого района, и пр.). Тем не менее для многих практических задач интерес представляют не только абсолютные концентрации загрязняющих веществ, но

и долговременность их воздействия на окружающую среду, которая позволяет оценить степень соответствия экологической выносливости определённой территории к антропогенному воздействию, разработать оптимальную стратегию устойчивого развития. Поэтому важно рассматривать не только отдельные гидрометеорологические параметры среды интересуемого района, но и в целом его климатические особенности, формирующие условия для накопления или рассеяния примесей.

В данной работе использованы авторские модели, учитывающие климатические особенности рассматриваемой территории через многомерную функцию плотности распределения вероятностей реализации полной группы метеорологических параметров среды, имевших место за многолетний период наблюдений. Обоснованность такого подхода базируется на том, что перестройка циркуляций (момент наблюдений) происходит за период намного короче времени существования определённого типа движений (период между наблюдениями). Так как реализации относятся к разным годам, то их можно считать статистически независимыми. Это даёт возможность преодолеть трудности, связанные с неэргодичностью природных явлений, позволяя производить усреднение не по времени, а по реализациям. Таким образом, срочные наблюдения на гидрометеостанциях выступают как возможные реализации случайной функции, а многолетние наблюдения – как множество или ансамбль всех реализаций этой случайной функции. Поэтому можно рассматривать случайную последовательность состояний с независимыми приращениями как Марковский процесс без последствий.

Расчёты проведены с шагом от 100 до 500 м почти для 40 загрязняющих ингредиентов. Интерполяция значений компонентов вектора скорости ветра с пункта наблюдений в узлы регулярной сетки осуществлялась широко используемым в метеорологии методом оптимальной интерполяции. При этом ошибка оптимальной интерполяции не превосходила дисперсии случайной функции в предположении, что ошибки измерений не коррелируют между собой в различных сечениях и не коррелируют с истинными значениями функции [10].

Модель базируется на втором уравнении Колмогорова

$$\frac{\partial p}{\partial t} + \frac{\partial [A(t,s)p]}{\partial s} = \frac{\partial^2 [B(t,s)p]}{\partial s^2}, \quad (1)$$

которое авторы записывают в фазовой координате концентрации s .

Здесь $p=p(t,s)$ – дифференциальный закон распределения величины s ,

$$A = \frac{\overline{\partial s}}{\partial t} \text{ и } B = \frac{1}{2} \frac{\overline{\partial s^2}}{\partial t} - \text{соответственно}$$

средняя скорость изменения средней концентрации и интенсивность колебаний около этой средней в интервале времени $t \in [0, T]$. В уравнении (1) неизвестными являются p, A, B .

Начальное состояние $p(0,s)=p_0(s)$.

Граничные условия

$$\frac{\partial(Bp)}{\partial s} - Ap = 0 \text{ при } s \rightarrow \infty,$$

$$\text{и } \int_0^{\infty} p(t,s) ds = 1 \quad (2)$$

Вопросы разрешимости (1) – (2) при определённых ограничениях на коэффициенты и рассмотрены А.Н. Колмогоровым в 1938 г. [8].

Замыкание уравнения (1) проводится с помощью уравнения переноса и турбулентной диффузии пассивной примеси, обладающей собственной гравитационной скоростью в анизотропной среде

$$\frac{\partial s}{\partial t} + \frac{\partial u_i s}{\partial x_i} - \frac{\partial w_g s}{\partial x_3} + \alpha s = F + \frac{\partial}{\partial x_i} k_{ij} \frac{\partial s}{\partial x_j}, \quad (3)$$

а также с использованием дифференциального закона плотности вероятности распределения многолетних метеорологических данных стационарных постов наблюдения.

В уравнении (3) $i, j = 1, 3$ – номер координаты; t – время; u_i – компонента скорости среды по соответствующей координате x_i ; s – концентрация загрязняющей субстанции; α – коэффициент неконсервативности примеси; $F=F(t, x_i)$ – функция, описывающая источники рассматриваемой субстанции; k_{ij} – тензор коэффициентов турбулентной диффузии. Уравнение записано в тензорном виде, а потому по дважды повторяющимся индексам в одночленном выражении производится суммирование в пределах их изменения. При этом рассматривают как сумму средних и отклонений от них, т. е. $s=\bar{s}+s'$; $u=\bar{u}+u'$; $k_{ij}=\bar{k}_{ij}+k'_{ij}$; $F=\bar{F}+F'$.

В качестве входной информации служат детальные параметры источников, спектральный показатель твёрдых частиц, многолетние восьмисрочные данные гидрометеорологических наблюдений, данные аэрологических наблюдений. Модель позволяет учитывать флуктуации как метеорологических параметров, так и работы источников выброса ингредиентов в окружающую среду.

На основании полученных результатов местность дифференцирована по степени опасности загрязнения (превышения ПДК). Приведём фрагменты результатов расчётов только для января. По таким ингредиентам, как, например, свинец, серная кислота, ацетон, едкий натр, ксилол, мазут, пыль древесная, угольная и металлическая, оксиды магния, азота, серы и углерода, почти нет превышений ПДК (не более 35 – 40 ч. в месяц в окрестности рабочей зоны), что в основном не противоречит расчётам по ОНД-86. По остальным ингредиентам расчёты по предлагаемой модели резко расходятся с расчётами по ОНД-86. Так, по оксиду алюминия в течение всего месяца (744 ч.) будет не только превышение 1 ПДК 0,01 мг/м³ (рис. 3) в радиусе 6 – 7 км от источников выброса, но и непосредственно в рабочей зоне – 10-30-кратное превышение ПДК (т. е. будет превышение и максимальной разовой ПДК 0,1 мг/м³). По твёрдым фторидам в течение всего месяца превышение 1 ПДК 0,03 мг/м³ и 10 ПДК в радиусе 3 км и 500 м соответственно; по фтористому водороду и бенз(а)пирену превышения 1 ПДК 0,005 мг/м³ и 10⁻⁶ мг/м³ соответственно – около 500 ч. в месяц в радиусе 1,5 – 2 км, а 10 ПДК – не более 40 ч. в радиусе 200 – 300 м (рис. 3)

Расчёты в основном проводились в сравнении со средними суточными ПДК (ПДК_{сс}), которые, с нашей точки зрения, являются более репрезентативными показателями для населённых мест и растительности, и только в случае отсутствия ПДК_{сс} в расчёты вводились или максимальные разовые ПДК, или ОБУВ – ориентировочно безопасные уровни воздействия.

Заключение

Предлагаемая математическая модель позволяет учитывать климатические особенности местности; флуктуации метеорологических характеристик и интенсивность источников выброса загрязняющих веществ; неравномерность работы предприятий; спектральную плотность частиц, от которой зависит

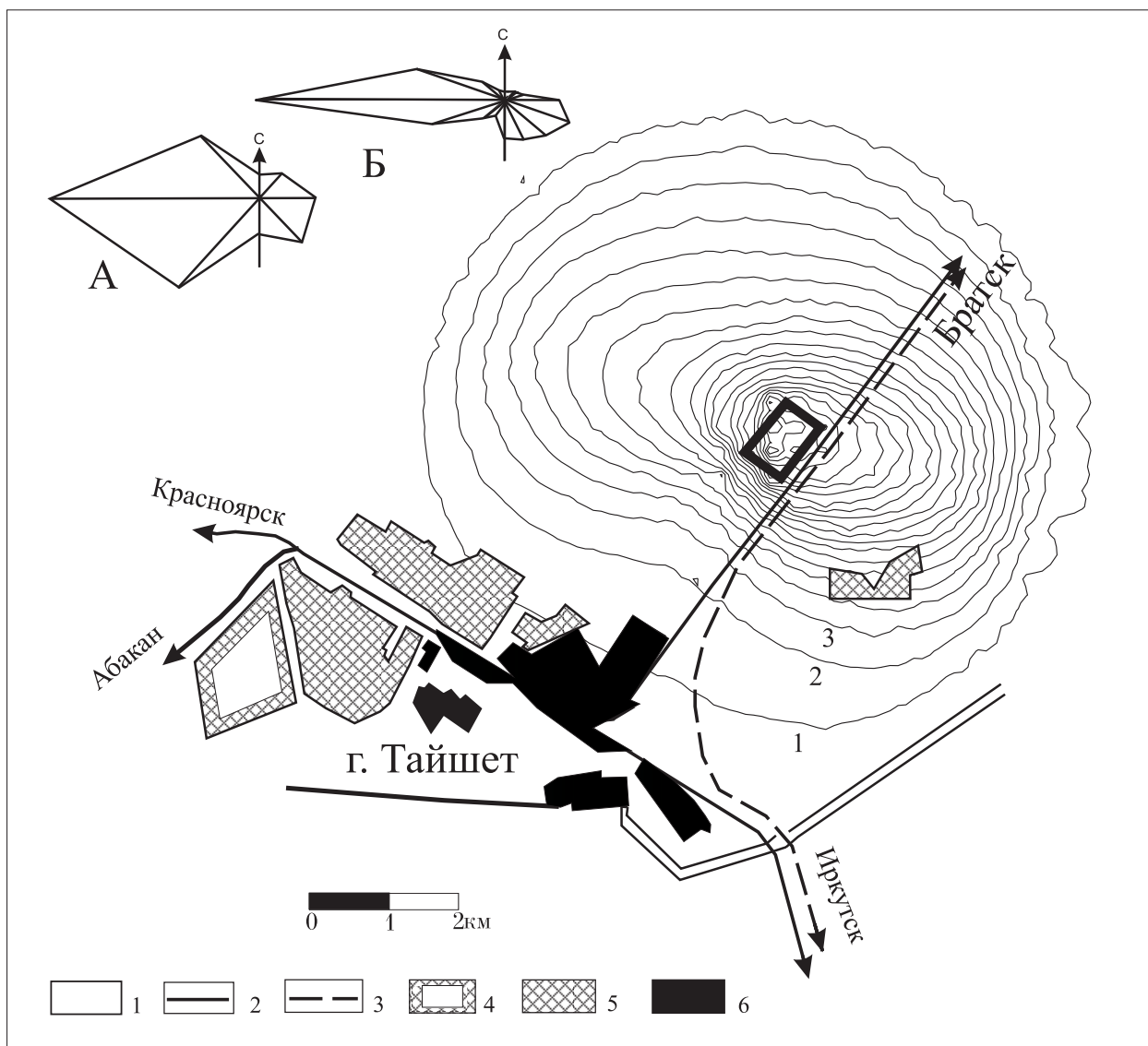


Рис. 3. Частота превышения 1 ПДК = 0,01 мг/м³ Al₂O₃ в январе. Изолиния 1 оконтуривает область с превышением 24 ч. в месяц, изолиния 2 – 48 ч. и так далее – с шагом 24 ч.; А – годовая роза ветров (по 8 румбам), Б – роза ветров в январе (по 16 румбам); 1 – площадка алюминиевого завода, 2 – проектируемый железнодорожный путь, 3 – проектируемая автомобильная дорога, 4 – перспективная жилая застройка, 5 – существующая жилая застройка, 6 – существующие промышленные предприятия

скорость их гравитационного осаждения; неоднородности подстилающей поверхности, обусловленные её рельефом и перепадом температур «вода – суша».

Модель работает в режиме диагностирования и прогнозирования и прошла успешную апробацию на различных промышленных российских и зарубежных объектах, зачастую вступая в полное противоречие с результатами расчётов по методике ОНД-86.

Учитывая, что предприятия алюминиевой промышленности (в силу специфических выбросов) относят к особо опасным производствам, необходимо уже на этапе проектирования выполнить тщательный прогноз потенциальных последствий их влияния на окружа-

ющую среду, используя при выполнении ОВОС не только стандартные, но и альтернативные методы, с целью минимизации отрицательных последствий.

Работа выполнена при поддержке программ «Фундаментальные исследования и высшее образование» (проект НОЦ-017 «Байкал») и «Развитие научного потенциала высшей школы (2006 – 2008 гг.)» (проект РНП.2.2.1.1.7334).

Литература

1. Терентьев В.Г., Школьников Р.М., Гринберг И.С., Черных А.Е., Зельберг Б.И., Чалых В.И. Производство алюминия. Иркутск: МАНЭБ, 2001. 350 с.

2. Буркат В.С., Друкарев В.А. Сокращение выбросов в атмосферу при производстве алюминия. СПб, 2005. 275 с.
3. Воробьев А.П. Изменение в структуре и динамике потребления алюминия на мировом рынке // Бюллетень иностранной коммерческой информации. 2004. № 109. С. 13-16.
4. Веселков В.В., Овченков В.Л., Щетников А.И. Модернизация действующего электролизного производства предприятий ОАО «СУАЛ» с целью сокращения выбросов загрязняющих веществ // Алюминий Сибири – 2005. Сб. докл. XI междунар. конф. Красноярск: «Бона компании», 2005. С. 264-272.
5. Прокопов И.В. Российская алюминиевая промышленность и некоторые современные тенденции развития мирового рынка алюминия // Режим доступа: [<http://www.alfametal.ru/?id=tendent>] (16 ноября 2005 г.).
6. Гринберг И.С., Громов Б.С., Рагозин Л.В., Школьников М.Р., Громов С.Б., Веселков В.В., Зельберг Б.И., Черных А.Е. Справочник металлурга. Производство алюминия и сплавов на его основе. С.-Пб.: МАНЭБ, 2005. 691 с.
7. Русанов Ю.В. Метеорологические условия загрязнения атмосферы над Томской областью // География и природные ресурсы. 1992. № 3. С. 60-65.
8. Аргучинцева А.В., Аргучинцев В.К., Батуринов В.А. и др. Моделирование и управление процессами регионального развития. М.: Физматлит, 2001. 431 с.
9. Аргучинцев В.К., Аргучинцева А.В. Модели и методы для решения задач охраны атмосферы, гидросферы и подстилающей поверхности. Иркутск: ИГУ, 2001. 114 с.
10. Гандин Л.С., Каган Р.Л. Статистические методы интерполяции метеорологических данных. Л.: Гидрометеоизд, 1976. 357 с.

УДК 570:628.35

Использование бактериальной суспензии *Thiobacillus ferrooxidans* для очистки сточных вод

К.А. Таскараева, А.У. Исаева, В.К. Бишимбаев
Южно-Казахстанский государственный университет им. М. Ауезова

В сточных водах ряда предприятий ЮКО степень очистки составляет в среднем по содержанию взвешенных веществ 24,1%, сухого остатка 19,4%, фосфатов 42,1%, хлоридов 40,2%, а нефтепродуктов 100%. Бактериальная суспензия раствор *Thiobacillus ferrooxidans* перспективно использовать в качестве коагулянта для очистки сточных вод химической, нефтехимической и фармацевтической промышленности.

In South Kazakhstan Region in sewage of some plants the degree of cleaning on average reaches 24,1% of respirable particles, 19,4% of solid residue, 42,1% of phosphates, 100% of oil. Bacterial suspension *Thiobacillus ferrooxidans* can be used in perspective as coagulant for the sewage purification in chemical, oil-chemical and pharmaceutical industry.

Ключевые слова: серобактерии, биоочистка, коагулянты

Образование значительных количеств сточных вод в республике Казахстан, загрязнённых различными химическими веществами, повышение требований к качеству очищенных сточных вод обуславливают применение разнообразных методов их очистки. В промышленных и городских очистных сооружениях для очистки сточных вод широко применяются известные методы, согласно которым для очистки сточных вод используются биофильтры первой и второй ступени, введение источника сульфид-ионов в виде солей сероводородной кислоты и для очистки от неорганических соединений, поступающих в аэротенк, в виде биостимулятора вводят раствор фталоилжелатина [1]. Одна-

ко вышеперечисленные методы очистки обладают рядом существенных недостатков, а именно: требуется относительно длительное время, значительные эксплуатационные затраты.

В последнее время для осаждения различных примесей используются коагулянты. Метод очистки сточных вод осаждением загрязняющих примесей в виде труднорастворимых соединений является одним из основных, применяемых на производствах [2]. В качестве альтернативы эффективно использование биотехнологических методов очистки. Так, культуральную жидкость бактерий *Thiobacillus ferrooxidans* можно использовать как коагулянт для очистки сточных вод предприятий от ионов металлов и некоторых

органических загрязнителей. Тионовые бактерии *Thiobacillus ferrooxidans* окисляют в кислых условиях среды закисное железо в окисное. В благоприятных условиях скорость бактериального окисления железа в 200 – 500 тысяч раз выше, чем в условиях химического контроля. Минимальное содержание Fe^{2+} , обеспечивающее рост бактерий, составляет 125 мг/л, оптимальная концентрация – несколько граммов в литре. При окислении 1 г/атома Fe^{2+} прирост сухой массы клеток достигает 0,35 г [3]. По сравнению с известными методами процесс с использованием *Thiobacillus ferrooxidans* осуществляется достаточно быстро (24 часа).

Для изучения возможности использования способа биологической очистки сточных вод были проведены лабораторные исследования. В исследованиях был использован штамм *Thiobacillus ferrooxidans* БИТ 1, который получен из рудных вод одного из урановых месторождений Южного Казахстана. Штамм *Thiobacillus ferrooxidans* БИТ 1 – это мелкие грам-отрицательные палочковидные клетки с одним полярным жгутиком, не образуют спор, большинство строгие аэробы. Отдельные виды растут при pH от 0,5 до 9,0. Оптимальная температура для роста около 28-30°С. Содержание Г+Ц в ДНК колеблется в пределах 48 – 68 мол.%, титр бактерий $10^8 - 10^7$ кл/мл.

При развитии бактерий жидкая среда, сначала прозрачная, приобретает янтарный оттенок, переходящий в красно-коричневый от образования окисного железа. Колонии на твердых средах мелкие (от 1,0 до 1,5 мм в диаметре), округлые, гладкие с отложениями окислов железа. На жидкой среде с серой образует равномерную муть, а pH среды снижается до 1,0 – 1,5. На твердых средах с $S_2O_3^{2-}$ образует мелкие колонии (от 1,0 до 2,0 мм в диаметре).

Штамм тионовых бактерий *Thiobacillus ferrooxidans* выращивается на питательной среде, которая включает, г/л: $H_2SO_4 - 5,0$; $FeSO_4 \cdot 7H_2O - 25,0$; $(NH_4)_2SO_4 - 1,0$; $NH_4H_2PO_4 - 0,4$; $MgSO_4 \cdot 7H_2O - 0,05$; KCL – 0,03; $H_2O - 1$ л. В питательную среду вводят суспензию штаммов в соотношении питательная среда: суспензия штаммов – 5:1, выращивание осуществляют при температуре 25 – 32°С и аэрации с удельным расходом воздуха 8 – 10 м³/ч·м² [4].

В результате лабораторных исследований было установлено, что используемое в производствах для коагулятивной очистки сточных вод трёхвалентное железо вполне можно заменить бактериальной суспензией *Thiobacillus ferrooxidans*, содержащей $Fe_2(SO_4)_3$. В экспериментах были использованы сточные воды та-

ких предприятий, как ОАО «ПетроКазахстан», ЗАО «JTL Central Asia (Кабиско)», АО «Энергоцентр-3», ТОО «Шымкент-сут», ТОО «Омар», ТОО «Дани-нан», ЗАО «Химфарм». В промышленно-бытовые стоки был введён биокоагулянт бактериальной суспензии тионовых бактерий *Thiobacillus ferrooxidans* 10⁶ кл/мл в количестве 0,004 – 0,1% от массы стока. В результате внесения *Thiobacillus ferrooxidans* отмечено снижение содержания ряда ингредиентов в сточных водах.

После обработки бактериальной суспензией *Thiobacillus ferrooxidans* химический состав сточных вод изменился. По полученным результатам в сточных водах предприятий ЮКО концентрация взвешенных веществ снизилась от 7,6 (ЗАО «Химфарм») до 61,8% («JTL Central Asia»), содержание сухого остатка от 8,5 (ЗАО «Химфарм») до 35,9% (ТОО «Дани-нан»). Аналогичные результаты получены с ионами фосфатов и хлоридов, содержание которых изменилось от 24,2 (АО «Энергоцентр-3») до 65,2% (ЗАО «Химфарм») и от 6,2 («JTL Central Asia») до 64,5% (ЗАО «Химфарм») соответственно. Данные анализов опытов показали снижение ионов аммония от 17,5 (ТОО «Омар») до 78,7% (АО «Энергоцентр-3»), а нитрит-ионы от 64,3 (ТОО «Дани-нан») до 100%.

Полученные результаты показали, что при использовании бактериальной суспензии *Thiobacillus ferrooxidans* наибольшая эффективность достигается в очистке сточных вод от нефтепродуктов, степень очистки составляет 100%. При этом также снижается содержание взвешенных веществ, сухого остатка, фосфатов и хлоридов на 24,1, 19,4, 42,1 и 40,2% соответственно.

Таким образом, было установлено, что бактериальную суспензию *Thiobacillus ferrooxidans* можно использовать в качестве коагулянта для очистки сточных вод химической, нефтехимической и фармацевтической промышленности.

Литература

1. Предварительные патенты SU 1664755, CO2 F3/02, Б.№27, 1991г., SU 1832118, CO2 F3/02, Б.№29, 1993г., SU 1813735, CO2 F3/02, Б.№7, 1995 г.
2. Креймер Л.Л. Влияние условий коагуляции при очистке сточных вод, содержащих ионы цветных металлов на уплотнение осадков. Научно-техническая конференция МГТУ, 2000.
3. Камалов М.Р. Роль микроорганизмов в выщелачивании металлов из руд. А.-А., Гылым», 1990.
4. Предпатент «Способ промышленного культивирования штаммов тионовых бактерий *Thiobacillus ferrooxidans*», № 2003/0334.1. 14812.

Влияние микроволн на некоторые почвенные бактерии

А.С. Комарова, А.А. Лихачева, Л.В. Лысак, Д.Г. Звягинцев
Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова

В работе использованы различные культуры почвенных бактерий. Для разных видов бактерий обнаруживается как угнетение, так и стимуляция роста под влиянием микроволн. Споры бактерий менее устойчивы к влиянию СВЧ, чем вегетативные клетки. Влияние микроволн на бактерии зависит от их таксономического положения. Различия в действии СВЧ-излучения на разные виды бактерий зависят от их физиологических характеристик. Штаммы одного вида бактерий одинаково реагируют на микроволны.

Different cultures of soil bacteria are considered. Various bacteria species undergo either growth stimulation or growth oppression under the influence of microwaves. Bacteria spores are less resistant to microwaves as compared with vegetative cells. Microwave influence on bacteria also depends on their taxonomic position. Peculiarities of microwave effect on different bacillae species depend on their physiologic characteristics. Cultures of one and the same bacteria species have similar reaction on microwaves.

Ключевые слова: почвенные бактерии, микроволны, споры, вегетативные клетки

Электромагнитные излучения – один из физических факторов формирования жизни на Земле. В настоящее время в связи с развитием техники электромагнитные излучения разделяют на три группы: поля естественного происхождения, излучения биологической природы и поля искусственного происхождения [1]. Поля искусственного происхождения в последние десятилетия стали намного превосходить естественный электромагнитный фон.

С точки зрения экологии электромагнитные поля – один из видов загрязнения окружающей среды. Наименее изучено действие на организмы разного уровня организации электромагнитных волн сантиметрового диапазона (сверхвысокочастотных – СВЧ).

Целью нашей работы было изучение влияния микроволн (СВЧ-излучения) на некоторые почвенные бактерии.

Объекты и методы

В работе для облучения объектов микроволнами использовали установку с рабочей частотой излучения 2450 МГц, длиной волны 12,5 см, мощностью 80 Вт, экспозиции облучения: 15, 30, 45, 60 и 90 секунд.

Объектами исследования являлись следующие бактерии: *Micrococcus agilis*; *Rodococcus erythropolis*; *Cellulomonas sp.*; *Janthinobacterium agaricum*; *Pseudomonas fluorescens*; *Pseudomonas fluorescens* var. *lemonieri*; *Bacillus pumilis*; *Bacillus licheniformis* штаммы: 1, 414-2, 415-2, 416-1, 528-1, 528-2;

Bacillus brevis; *Bacillus megaterium* штаммы: 1, 338-2, 339-1, 401-1, 407-2, 413-1; и мицелиальная бактерия *Streptomyces xanthochromogenes* шт. 8 из коллекции микроорганизмов кафедры биологии почв МГУ.

Водную суспензию бактерий высевали на твердую питательную среду [2] следующего состава: пептон (2 г/л), глюкоза (1 г/л), дрожжевой экстракт (1 г/л), гидролизат казеина (1 г/л), CaCO₃ (10 г/л), агар (20 г/л). Культивировали в течение 2-7 суток в зависимости от скорости роста организмов и подсчитывали количество выросших на поверхности среды колоний [3], сравнивая их с необлученным вариантом.

Для споровых бактерий проводили изучение суспензий вегетативных клеток и суспензий, полученных из спор.

Результаты и обсуждение

В результате проделанной работы установили, что наиболее устойчивыми к действию микроволн оказались грамположительные бактерии, относящиеся к коринеформным: *Cellulomonas sp.*, *Micrococcus agilis* и *Rodococcus erythropolis* (рис. 1). Эти бактерии или совсем не реагировали на облучение, или реагировали после достаточно длительной обработки.

Более чувствительными к облучению оказались представители грамотрицательных бактерий *Pseudomonas fluorescens* и *Pseudomonas fluorescens* v. *lemonieri* (рис. 1). Однако грамотрицательная бактерия *Janthinobacterium agaricum* оказалась устойчивой

к облучению (рис. 1). Это может объясняться тем, что данная бактерия образует тёмноокрашенный пигмент. Известно, что культуры микроорганизмов, образующие тёмноокрашенные меланиновые пигменты, более устойчивы, например, к электромагнитным излучениям в УФ-диапазоне и часто обитают на поверхности листьев или в высокогорных почвах.

Для споровых грамположительных бактерий наблюдаются различия в устойчивости

к облучению у спор и вегетативных клеток (рис. 2). Как у бацилл, так и у стрептомицетов вегетативные клетки более устойчивы к микроволнам, чем споры. Это может зависеть от того, что в вегетативных клетках содержится больше антиокислителей, защищающих клетки от облучения [5], чем в спорах.

Изучение влияния СВЧ-излучения на разные виды бацилл показало, что все изученные виды в той или иной степени реагируют на облучение. Представители *Bacillus pumilis*

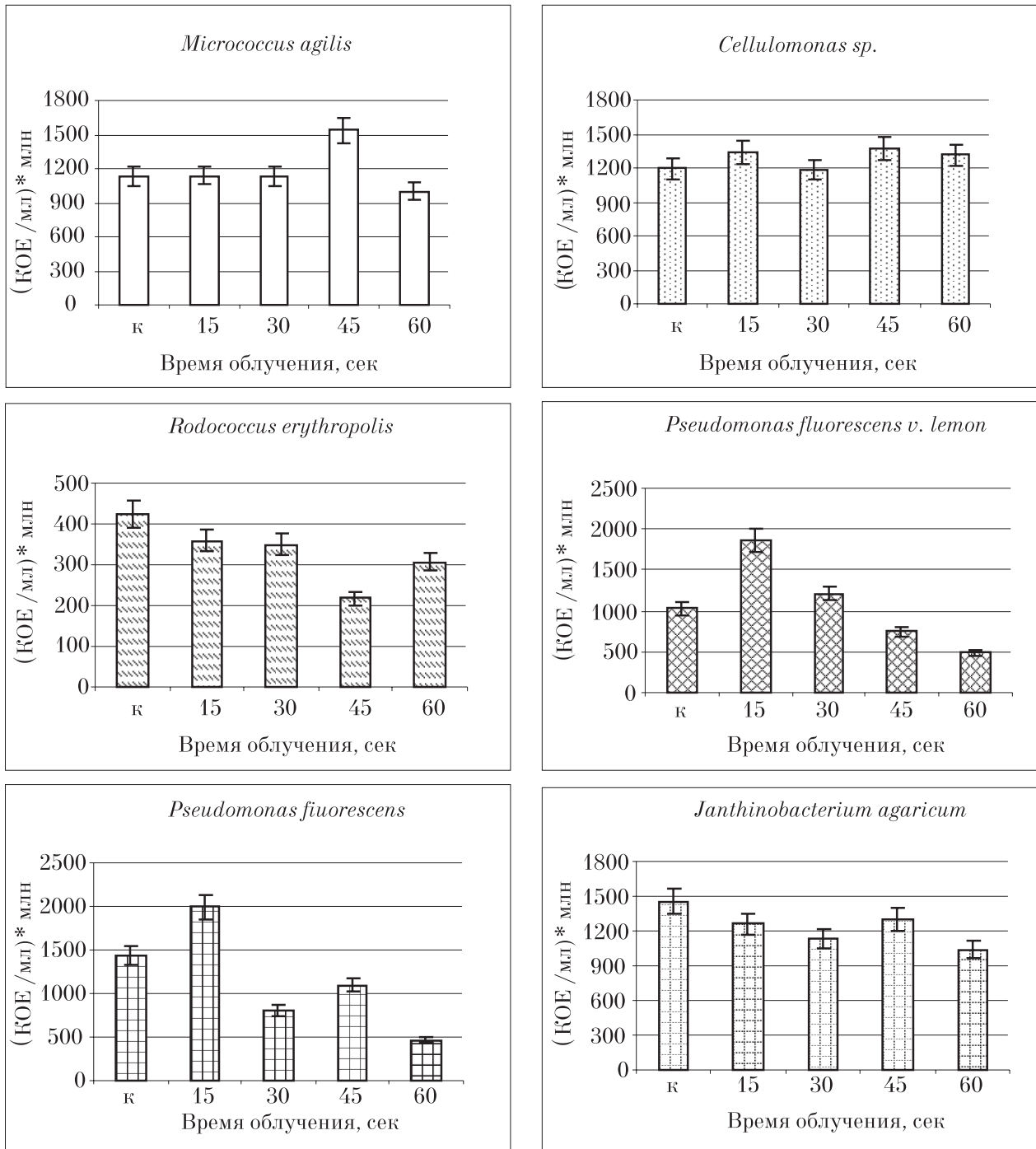


Рис. 1. Влияние электромагнитного СВЧ-излучения на коринеформные и грамотрицательные бактерии

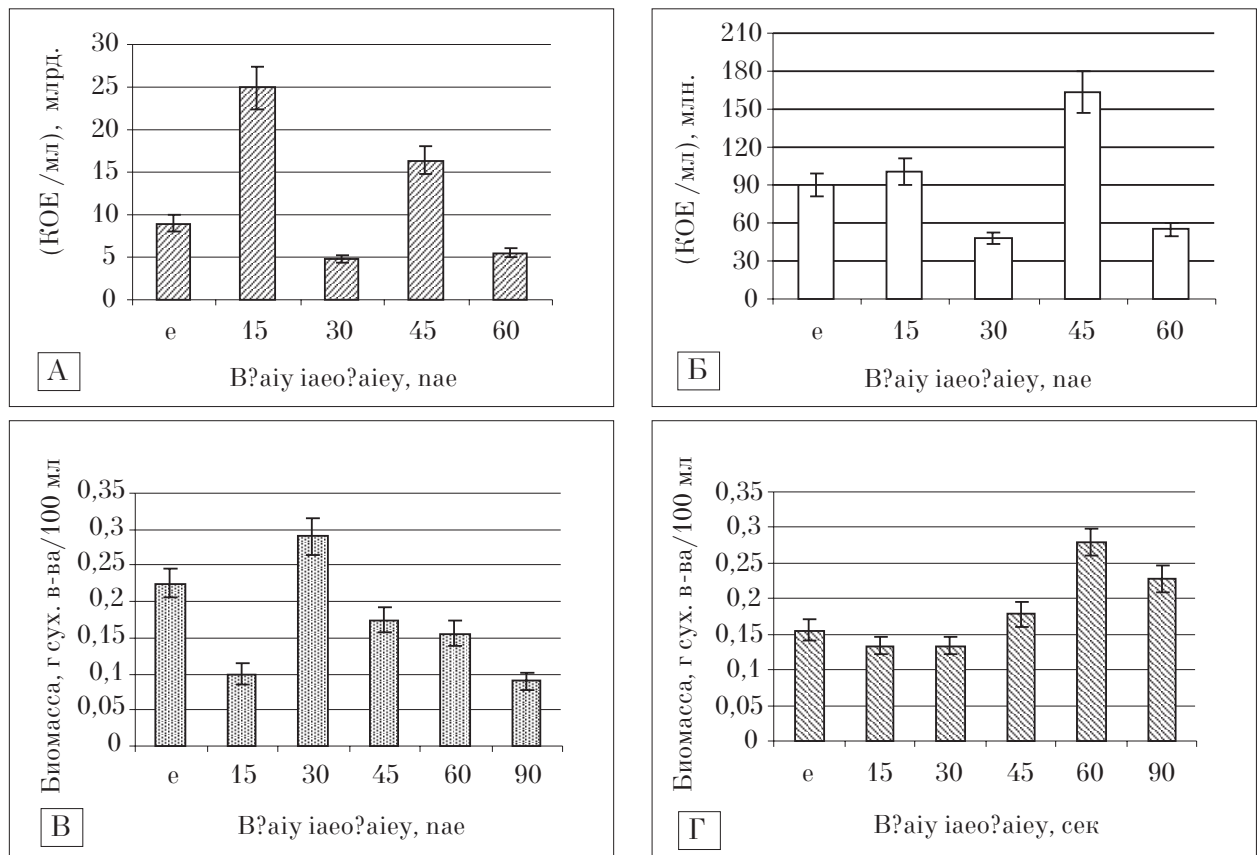


Рис. 2. Влияние микроволн на: А – споровую суспензию и Б – суспензию, полученную из вегетативных клеток *Bacillus licheniformis*; В – споровую суспензию и Г – суспензию, полученную из мицелия *Streptomyces xanthochromogenes*

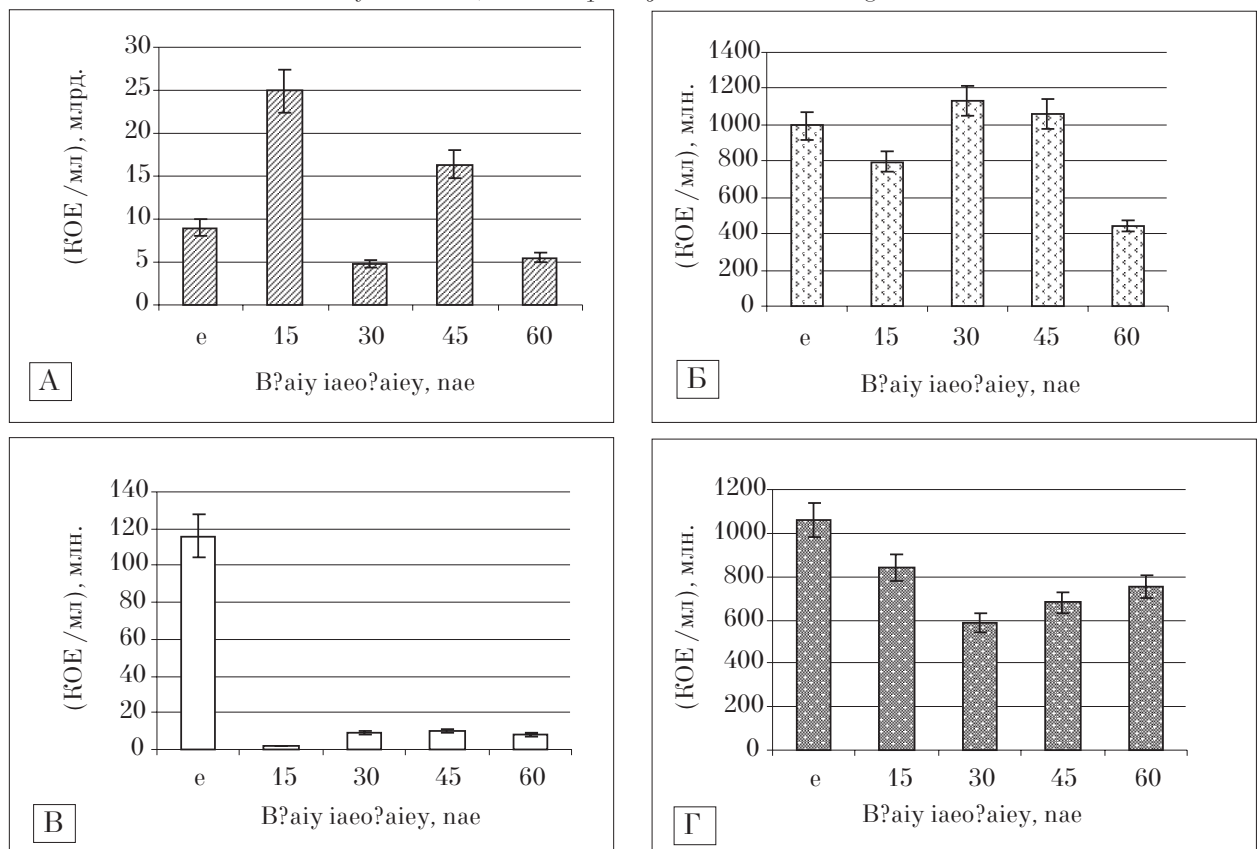


Рис. 3. Влияние микроволнового излучения на споровые суспензии: А – *Bacillus licheniformis*; Б – *Bacillus pumilis*; В – *Bacillus megaterium* и Г – *Bacillus brevis*

и *Bacillus brevis* менее чувствительны к микроволнам, а *Bacillus licheniformis* и *Bacillus megaterium* более чувствительны (рис. 3). Возможное объяснение – различие в их физиологической активности [4]. Так, *Bacillus pumilis* практически не реагирующий на микроволновое облучение, не разлагает крахмал, не восстанавливает NO^3 в NO^2 и не растёт на агаре в анаэробных условиях. А *Bacillus licheniformis*, у которого обнаружена стимуляция под воздействием СВЧ, гидролизует крахмал, растёт на агаре

в анаэробных условиях и восстанавливает NO^3 в NO^2 . Виды *Bacillus brevis* и *Bacillus megaterium* обладают вариабельностью некоторых физиологических признаков, например, восстановление NO^3 в NO^2 . Поэтому, вероятно, в разных ситуациях могут быть как устойчивы, так и чувствительны к действию микроволн. В данном случае *Bacillus megaterium* – чувствителен, а *Bacillus brevis* – более устойчив.

В результате исследования влияния СВЧ-излучения на представителей разных

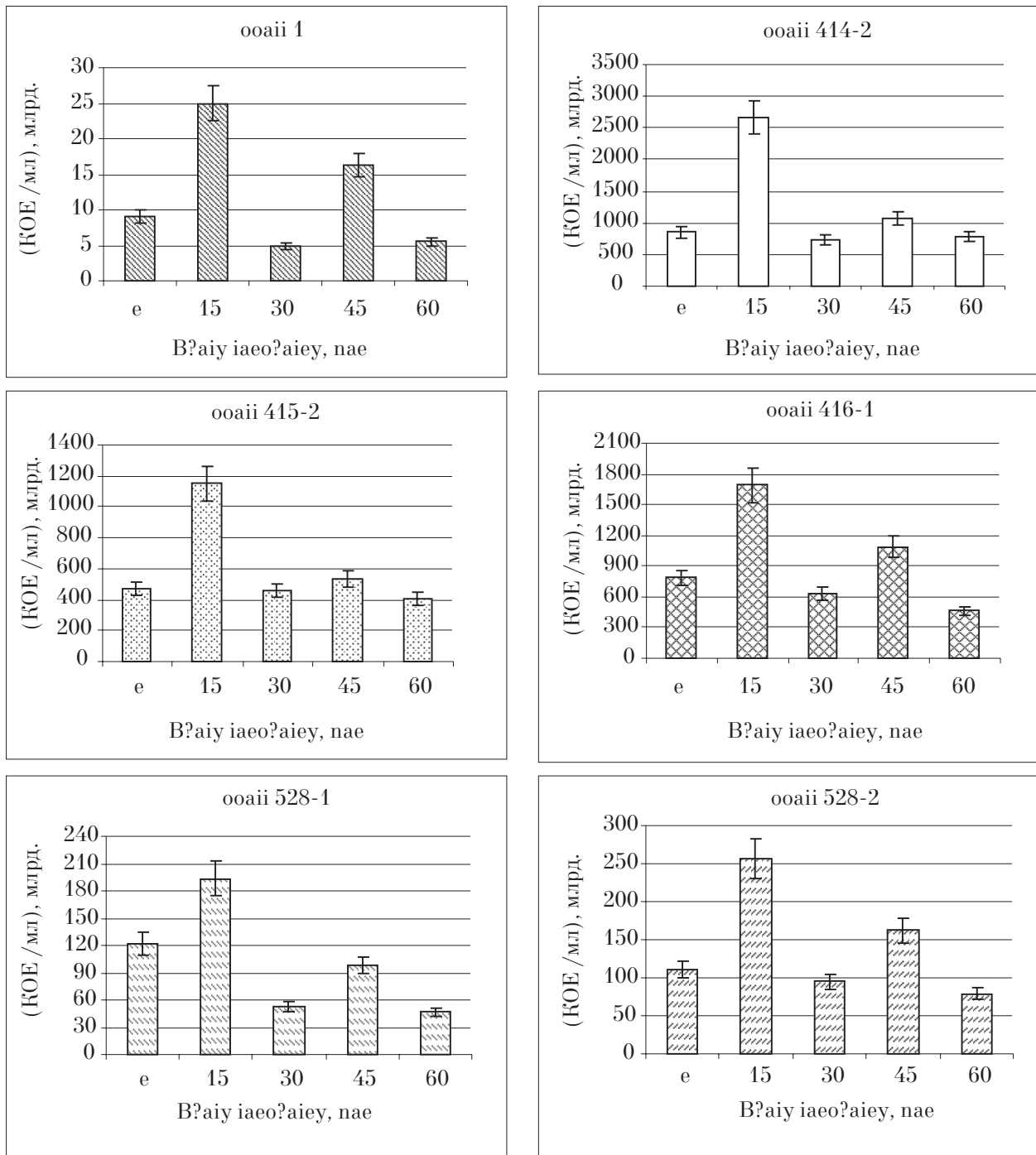


Рис. 4. Влияние СВЧ-излучения на разные штаммы вида *Bacillus licheniformis*

штаммов одного и того же вида *Bacillus licheniformis* установлено, что на представителей разных штаммов одного вида микроволны действуют одинаково (рис. 4).

Таким образом, действие СВЧ-излучения на бактерии зависит от их таксономической принадлежности, наличия или отсутствия спор и их физиологической активности.

Выводы

1. Показано, что влияние СВЧ-излучения на бактерии зависит от их таксономического положения.

2. Установлено, что споры бактерий менее устойчивы к микроволнам, чем вегетативные клетки.

3. Отмечено, что различия в действии СВЧ-излучения на разные виды бацилл, вероятно, зависят от их физиологических характеристик.

4. Установлено, что штаммы одного вида бактерий реагируют на микроволны одинаково.

Выполнено при поддержке гранта НШ 2227.2008.4

Литература

1. Казеев К.Ш., Колесников С. И., Вальков В.С. Биология почв Юга России. Изд. Ростов-на-Дону. 2004. 349 с.
2. Методы изучения почвенных микроорганизмов и их метаболитов // Под ред. Д.Г. Звягинцева // М.: Изд-во Московского университета. 1967.
3. Методы почвенной биохимии и микробиологии // Под ред. Д.Г. Звягинцева // М.: Изд-во Московского университета. 1991. 304 с.
4. Определитель бактерий Берджи (в 2-х томах). Пер. с англ. Ред. Дж. Хоулта и др. // М.: Мир. 1997. 1250 с.
5. Тамбиев А.Х., Кирикова Н.Н., Бецкий О.В., Гуляев Ю.В. Миллиметровые волны и фотосинтезирующие организмы // Москва. Издательство «Радиотехника», 2003.

УДК 631.46

Таксономическая и функциональная структура психротолерантных и термотолерантных комплексов почвенных актиномицетов

Г.М. Зенова¹, А.М. Лысенко², Н.А. Манучарова¹, А.И. Курапова¹, М.С. Дуброва¹

¹Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова,

²Институт микробиологии имени С.Н. Виноградского РАН

Показано, что в торфяных почвах тундры и южной тайги в условиях, препятствующих развитию микроорганизмов и проявлению ими метаболической активности, с низкими температурами, не превышающими 10°С даже в поверхностных слоях в летнее время года, активно растут и развиваются почвенные психротолерантные актиномицеты, образуют мицелий и составляют неотъемлемую часть гидролитического микробного блока, принимающего участие в деградации растительных остатков разной степени разложившихся. В почвах аридной зоны активно растут, образуют мицелий, биомасса которого составляет 272 мкг/г почвы, термотолерантные ксерофильные актиномицеты, составляя неотъемлемую часть сапротрофного микробного блока, принимающего участие в разложении и синтезе гумусовых веществ и создании почвенного плодородия. Установлено, что доля психротолерантных и термотолерантных метаболически активных представителей филогенетической группы *Actinobacteria* превышает долю одноклеточных актинобактерий.

It is shown that in peat soils of tundra and south taiga in conditions hindering microorganisms development and metabolic activity and low temperature (not more than 10°С) in summer even in surface layers psychrotolerant ray fungi grow and develop, generate mycelium and constitute the necessary constitutive part of the hydrolytic microbe block that actively participates in degradation of plant residues in different stages of decay. In arid zone soils thermoresistant xerophilous ray fungi grow intensively, make up mycelium with biomass accounting for 272 microgram/hectare of soil. They constitute an integral part of saprotroph microbe block that participates in decomposition and synthesis of humus substances and soil fertility. It is stated that the share of psychrotolerant and thermotolerant metabolically active representatives of the group *Actinobacteria* exceeds the share of unicellular actinobacteria.

Ключевые слова: мицелиальные бактерии, длина мицелия, структура комплексов актиномицетов

Традиционно считалось, что мицелиальные бактерии (актиномицеты) не могут занимать природных экологических ниш, харак-

теризующихся экстремальными условиями, и не являются чемпионами устойчивости к воздействию факторов внешней среды [1].

В настоящее время ясно, что такое представление не следует рассматривать как окончательное. Возможность существования ацидофильных и алкалофильных, психрофильных и термофильных, галофильных и галоалкалофильных, ксерофильных актиномицетов уже не вызывает сомнения у специалистов. Границы ареалов распространения значительно расширились при исследовании экологических особенностей представителей порядка *Actinomycetales* [2 – 4].

Целью настоящей работы явилось установление закономерностей распространения, таксономической и функциональной структуры психротолерантных актиномицетов в почвах и растительных субстратах тундры, южной тайги и термотолерантных актиномицетов в почвах пустынных степей, горных и вулканических районов.

Материалы и методы

Для исследования психротолерантных актиномицетов объектами исследований служили торфяные почвы тундры и южной тайги (торфяно-кризём типичный на территории Центрального Ямала; глеезём торфянистый в мохово-кустарничково-травяной тундре в районе г. Воркуты; торфяная олиготрофная почва на территории Западновинского района Тверской области). Распространение термотолерантных актиномицетов исследовали в почвах пустынных степей Монголии (бурой пустынно-степной и серо-бурой пустынной почве), горно-луговой почве Центрального Кавказа, вулканических почвах на территории п-ва Камчатка.

Торфяные почвы тундры и южной тайги характеризуются температурой верхних слоев торфа и очёса, в летнее время не превышающей 8 – 10°С [5], в них создаются благоприятные условия для развития психротолерантных актиномицетов.

На поверхности пустынных почв образуется песчано-щебнистый «панцирь», который может нагреваться в дневное время до 40 – 60°С [6]. Высокие температуры характерны для почв горных и вулканических районов. Почвы, формирующиеся на камнях в ущельях Центрального Кавказа, разогреваются в дневное время до 40 – 50°С, вулканические почвы Камчатки вблизи горячих источников характеризуются температурой до 49°С. Таким образом, в исследуемых аридных, горных и почвах районов вулканической деятельности создаются условия, благоприятные для развития термотолерантных актиномицетов.

Для выделения и дифференцированного учёта актиномицетов использовали метод посева из разведений почвенных суспензий на плотные питательные среды Гаузе 1 [7] и среду с пропионатом натрия [8]. Инкубирование посевов проводили в термостатах при температурах 5, 20, 28, 37 и 45°С.

Предварительную идентификацию актиномицетов проводили согласно определителям [9, 10] по следующим морфологическим и хемотаксономическим признакам: наличие фрагментации мицелия, образование одиночных или цепочек спор на воздушном и/или субстратном мицелии; присутствие в гидролизатах целых клеток LL- или мезо-изомера диаминопимелиновой кислоты (ДАПК) и дифференцирующих сахаров.

Для видовой идентификации стрептомицетов использовали фенотипические и генетические показатели: культуральные, морфологические и физиологические признаки, содержание ГЦ в ДНК, уровень гибридизации ДНК [10 – 12].

В лабораторных исследованиях для проведения модельного опыта по изучению динамики численности и биомассы почвенных актиномицетов в ходе инициированной микробной сукцессии [13] использовали бурую пустынно-степную почву и сфагновую дернину торфяной олиготрофной почвы. Подготовку сфагнумового очёса и инициацию микробной сукцессии увлажнением проводили согласно традиционно используемой методике [3]. Инкубирование почвы и растительных субстратов, а также посев почвенных и растительных суспензий проводили в термостатах при температурах 5, 20, 28 и 45°С. Посевы почвенных образцов производили на 1, 3, 7, 14, 21, 28-е сутки после инициации сукцессии. Длину мицелия актиномицетов в почве определяли с помощью люминесцентного микроскопа. Для окрашивания мицелия использовали водный раствор акридина оранжевого (разведение 1:10000; 2 – 4 мин.). Длину мицелия в 1 г почвы вычисляли по формуле:

$$M = 4 \text{ an} \times 10^{10} / \text{p},$$

где M – длина мицелия в 1 г почвы; a – средняя длина мицелия в поле зрения; p – площадь поля зрения (мкм²); n – показатель разведения. При расчёте биомассы учитывали, что 1 м сухого актиномицетного мицелия диаметром 0,5 мкм имеет биомассу $3,9 \times 10^{-8}$ [13].

Молекулярный метод гибридизации in situ (метод FISH – fluorescent in situ hybridization) использовали для оценки

биомассы метаболически активных клеток бактерий. В работе применён спектр зондов, специфичных для представителей домена Bacteria, а также отдельной филогенетической группы *Actinobacteria* [14]. Использовали рРНК-специфичные флюоресцентно меченые олигонуклеотидные зонды с последовательностью нуклеотидов для группы Bacteria: 5 GCT GCC TCC CGT AGG AGT 3; для группы *Actinobacteria*: 5 TAT AGT TAC CAC CGC CGT 3 в сочетании с немеченым олигонуклеотидом 5 – TAT AGT TAC GGC CGC CCGT-3

Оптимальные и ограничительные для роста культур стрептомицетов температуры определяли по величине радиальной скорости роста колоний на плотной питательной среде Гаузе 1 при температурах 5, 8, 10, 15, 20, 28, 37, 45 и 50°C. Расчёт радиальной скорости роста колоний проводили по формуле (1):

$$Kr = (d_2 - d_1)/(t_2 - t_1), \quad (1)$$

где d_1 и d_2 – диаметр колонии (мм) в начальный и конечный моменты измерения соответственно; t_1 и t_2 – время (сут.) начального и конечного измерения. Измерения проводили в 20-ти кратной повторности.

Для определения пектинолитической активности психротолерантных актиномицетов использовали 2%-ный водный раствор гексадецилтриметиламмония бромида (цетавлон) [15]. Амилолитическую активность психротолерантных актиномицетов определяли с раствором йода [15]. Для выявления антибактериальной активности психротолерантных актиномицетов использовали метод блоков [15].

Результаты и обсуждение

Численность психротолерантных актиномицетов в торфяных почвах тундры невелика, колеблется от тысяч до сотен тысяч колонийобразующих единиц (КОЕ/г) почвы в зависимости от типа почвы и горизонта. Психротолерантные актиномицеты выделяются из почвы, как правило, в сопоставимых с мезофильными формами количествах.

В торфяно-криозёме типичном численность актиномицетов достигала сотен тысяч КОЕ/г почвы, в глеезёме торфянистом – десятков тысяч КОЕ/г почвы. При инкубировании посевов при 5°C актиномицеты из почвы выделялись не всегда.

Наибольшее количество (сотни тысяч КОЕ/г растительного субстрата) психротолерантных актиномицетов отмечено в слоях мха и мохового очёса, вниз по профилю численность мицелиальных прокариот снижается незначительно. Преобладают в актиномицетных комплексах торфяных почв актиномицеты рода *Streptomyces*.

При наблюдении за динамикой численности стрептомицетов в ходе сукцессии, инициированной увлажнением сфагнумового очёса торфяной олиготрофной почвы, установлено, что при инкубировании субстрата в условиях температуры 5°C численность актиномицетов изменялась незначительно (в пределах порядка), несколько возрастая только к 14-м суткам опыта. Численность актиномицетов в ходе сукцессии при инкубировании субстрата при температуре 20°C изменялась от тысяч до сотен тысяч КОЕ/г очёса, возрастая на 2 порядка к 7-м суткам опыта и стабилизируясь на уровне тысяч КОЕ/г к 30-м суткам (рис. 1, А).

Длина мицелия актиномицетов в ходе сукцессии, инициированной увлажнением сфагнумового очёса, в случае инкубирования субстрата при температуре 5°C изменялась в небольшой степени. Наблюдалось увеличение длины мицелия к 4-м суткам опыта до 140 м/г очёса и происходила стабилизация длины мицелия на этом уровне (рис. 1, Б). Биомасса психротолерантных актиномицетов в ходе сукцессии при инкубировании очёса при температуре 5°C в начале опыта составила 3 мкг/г почвы. Затем наблюдалась стабилизация биомассы на уровне 5 мкг/г растительного субстрата до 21-х суток опыта. К 30-м суткам величина биомассы уменьшилась.

Длина мицелия актиномицетов в ходе сукцессии при инкубировании очёса при 20°C увеличивалась, составляя к 7-м суткам опыта 175 м/г очёса и достигая наибольшей величины к 21-м суткам – 218 м/г (рис. 1, Б). Величина биомассы актиномицетов в сфагновом очесе торфяной олиготрофной почвы при 20°C в начале опыта составила 3 мкг/г очёса. Затем наблюдалось её увеличение почти в 3 раза – до 8,5 мкг/г очёса к 21-м суткам опыта.

Таким образом, наши исследования показали, что в торфяной олиготрофной почве, являющейся продуктом особого аккумулятивного почвообразования, обусловленного факторами, препятствующими развитию микроорганизмов и проявлению ими метаболической активности (насыщенность водой, анаэробноз, низкие значения рН, дефицит питательных веществ, присутствие токсических соединений, низкие температуры, не превышающие 10°C даже в поверхностных слоях

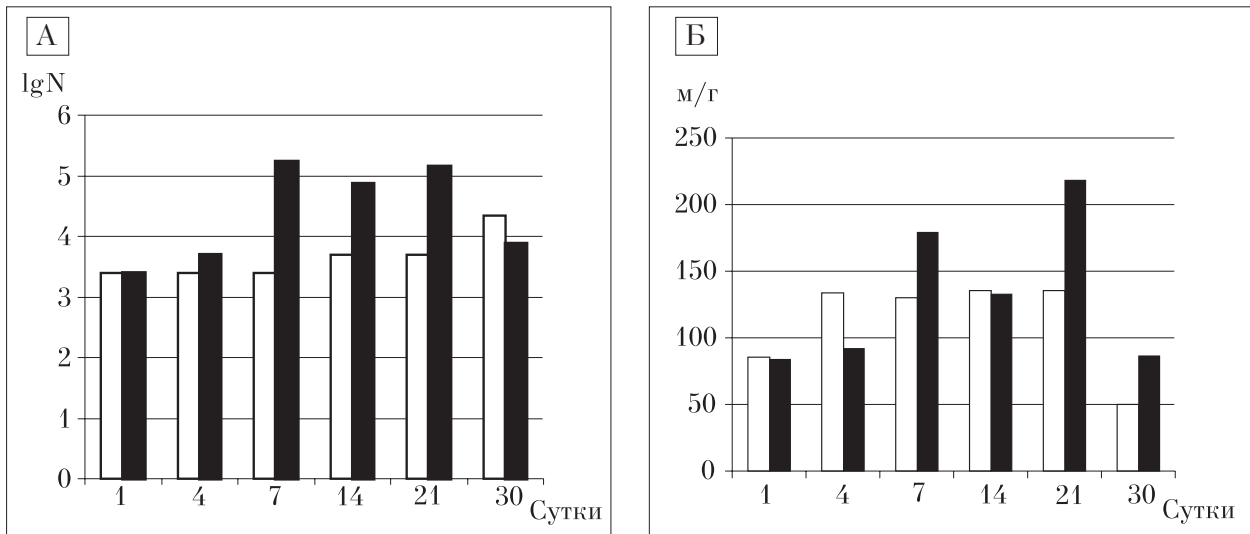


Рис. 1. Динамика численности (lg N) (А) и длины мицелия (Б) психротолерантных актиномицетов в ходе сукцессии, инициированной увлажнением мохового очёса торфяной олиготрофной почвы. N – КОЕ/г очёса. 1 – инкубация при температуре 5°С, 2 – инкубация при температуре 20°С

в летнее время года), активно растут и развиваются почвенные психротолерантные актиномицеты, образуют мицелий и составляют неотъемлемую часть гидролитического микробного блока, принимающего участие в деградациии растительных остатков разной степени разложения.

Исследование таксономического состава прокариотного микробного сообщества мохового очёса методом FISH с помощью 16S рРНК-специфичных олигонуклеотидов, идентифицирующих представителей филогенетической группы *Actinobacteria*, показало, что биомасса представителей этой группы составляют 33% от числа всех метаболически активных бактерий прокариотного сообщества мохового очёса олиготрофной торфяной почвы. С уменьшением температуры инкубирования очёса эта доля уменьшается до 23%.

В группе *Actinobacteria* микробного прокариотного сообщества метаболически активные мицелиальные актинобактерии составляют большую долю по сравнению с одноклеточными (рис. 2). При уменьшении температуры инкубирования очёса доля метаболически активных мицелиальных актинобактерий несколько увеличивается.

В результате проведённых исследований выделены культуры стрептомицетов и установлены температурные границы их роста с использованием расчёта радиальной скорости роста колоний.

Установлено, что температурный диапазон роста стрептомицетов, выделенных из почв при 5, 20 и 28°С, различен. Мезофильный стрептомицет *Streptomyces tenebrarius*

шт. 3А, выделенный при 28°С, растет в диапазоне температур от 8 до 45°С, оптимум роста отмечен при 28°С. Психротолерантные стрептомицеты *S. globisporus* шт. 20-5 и *S. catenulae* шт. 5-4, выделенные при 20°С и при 5°С соответственно, растут в диапазоне температур от 5 до 30°С. Максимальная величина радиальной скорости роста колоний отмечена при 20°С и 5°С, соответственно.

Установлено, что психротолерантные стрептомицеты *S. globisporus* шт. 20-5 и *S. catenulae* шт. 5-4 проявляют пектиноли-

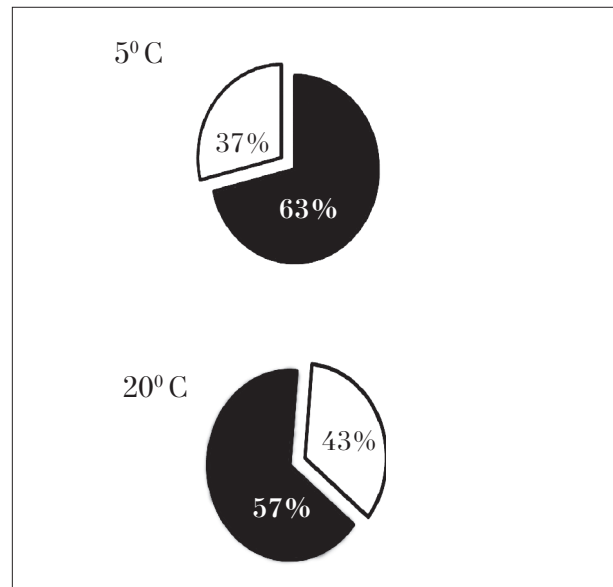


Рис. 2. Соотношение биомасс метаболически активных мицелиальных (черный цвет) и одноклеточных (белый цвет) представителей филогенетической группы *Actinobacteria* в прокариотном микробном сообществе мохового очёса торфяной олиготрофной почвы при разных температурах инкубации

тическую и амилитическую активность при температурах культивирования 5 и 20°С, причем *S. catenulae* шт. 5-4 активнее разлагал пектин и крахмал при 5°С.

Проверка антагонистической активности психротолерантных стрептомицетов по отношению к бактериям, выделенным из торфяной олиготрофной почвы, не выявила антибактериальной активности стрептомицетов.

Численность актиномицетов в исследуемых пустынных, горных и вулканических почвах составляет от тысяч до сотен тысяч КОЕ/г почвы. В вулканической дерновой почве кальдеры вулкана Узон количество актиномицетов достигает миллиона КОЕ/г почвы. Значительно меньшее количество актиномицетов обнаружено в слабообразованной слоисто-пепловой почве, покрытой цианобактериальными шлейфами. Численность термотолерантных актиномицетов в исследуемых разогреваемых почвах сопоставимо с численностью мезофильных форм, а в некоторых почвах (например, серо-бурой пустынной почве Монголии) на 1-2 порядка превышает количество мезофильных мицелиальных бактерий.

Термотолерантные актиномицетные комплексы исследуемых почв отличаются значительно большим таксономическим разнообразием по сравнению с мезофильными. В комплексах мезофильных актиномицетов в большинстве случаев доминируют стрептомицеты. Комплекс термотолерантных актиномицетов почв пустынных степей Монголии представлен родами *Streptomyces*, *Micromonospora*, *Streptosporangium* и актиномицетами олигоспоровой группы, включающей роды *Actinomadura*, *Saccharopolyspora*, *Microtetraspora*, *Microbispora*, среди которых в бурых пустынных почвах доминируют представители рода

Actinomadura. Термотолерантные микроноспоры обнаружены во всех исследованных образцах пустынных почв Монголии в сопоставимых или равных со стрептомицетами долях в актиномицетном комплексе, а иногда и «вытесняя» стрептомицеты из комплекса. В горно-луговой почве Центрального Кавказа среди термотолерантных актиномицетов наблюдается доминирование родов *Micromonospora* (особенно в условиях повышенной влажности в ущелье Укю) и *Saccharopolyspora*.

Актиномицетные комплексы вулканических почв очень специфичны. В вулканической дерновой почве кальдеры вулкана Узон, где численность актиномицетов достигает миллиона КОЕ/г почвы, стрептомицетов совсем не обнаружено, здесь среди термотолерантных актиномицетов абсолютно доминируют в комплексе представители рода *Saccharopolyspora*, среди мезофильных – представители рода *Micromonospora*. Выявлены специфические актиномицетные комплексы, например, в образце цианобактериального шлейфа термального поля, отобранном на слабообразованной слоисто-пепловой почве. Мезофильные актиномицеты представлены исключительно родом *Microbispora*, а термотолерантные – родом *Micromonospora*. В образце гейзерита, отобранном из слабообразованной слоисто-пепловой почвы вблизи горячего источника в разрастаниях мха, термотолерантные актиномицеты по численности превосходят мезофильные формы, среди термотолерантных актиномицетов преобладают представители рода *Microtetraspora*.

Наблюдение за динамикой длины мицелия актиномицетов в ходе сукцессии, инициированной увлажнением бурой пустынно-степной почвы, показало, что актиномицеты растут, развиваются, образуют мицелий. При

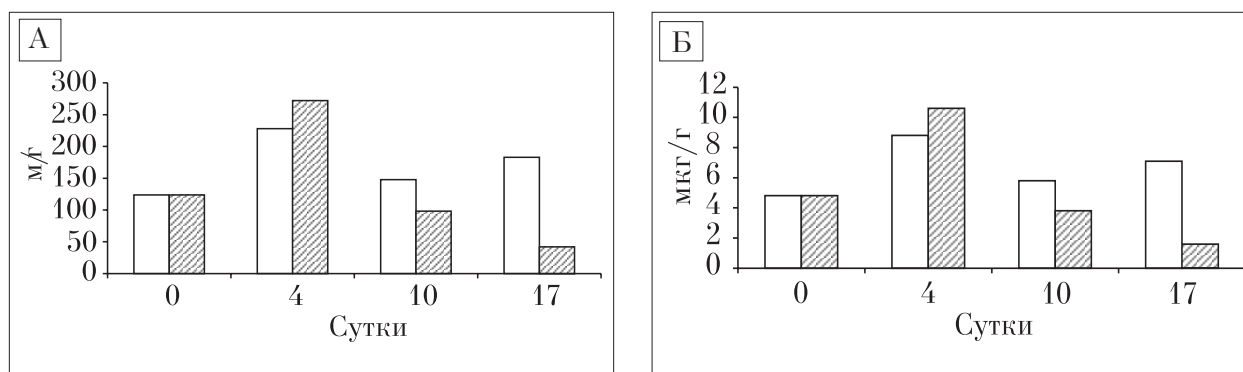


Рис. 3. Динамика длины мицелия (А) и биомассы (Б) актиномицетов в ходе сукцессии, инициированной увлажнением бурой пустынно-степной почвы. 1 – инкубация почвы при 28°С, 2 – инкубация почвы при 45°С

инкубировании почвы при температуре 28°С длина мицелия актиномицетов в начале опыта (в момент инициации сукцессии) составляет 124 м/г почвы. Затем к 4-м суткам длина мицелия возрастает в 2 раза, составляя 228 м/г почвы и далее стабилизируется к 17-м суткам опыта на уровне 183 м/г почвы (рис. 3, А).

Биомасса актиномицетов в бурой пустынно-степной почве, инкубированной при 28°С, в начальный момент опыта составила 4,8 мкг/г почвы. Затем увеличивалась почти в два раза по сравнению с начальным моментом сукцессии, составляя 8,8 мкг /г почвы. Стабилизация биомассы отмечена на уровне 7,1 мкг/г почвы (рис. 3, Б).

При инкубировании почвы при 45°С мицелий актиномицетов в начале опыта имеет длину 124 м/г почвы, к 4-м суткам длина мицелия достигает 272 м/г почвы, затем длина мицелия уменьшается до 98 м/г к 10-м суткам опыта и до 42 м/г почвы к 17-м суткам опыта (рис. 3, А).

Биомасса актиномицетов в условиях инкубирования почвы при 45°С в начальный момент опыта составляет 4,8 мкг/г бурой пустынно-степной почвы, затем к 4-м суткам возрастает почти в 2 раза, составляя 10,6 мкг/г почвы. К 10-м суткам опыта биомасса уменьшается до 3,8 мкг/г почвы и до 1,6 мкг/г почвы к 17-м суткам (рис. 3, Б).

Таким образом, проведённые исследования по наблюдению за динамикой развития мицелия актиномицетов свидетельствуют о том, что термотолерантные актиномицеты (именно эти формы актиномицетов активно растут в почве при её инкубировании в условиях температуры 45°С) в бурой пустынно-степной почве активно растут, размножаются, проходя полный цикл развития. Характер динамики длины мицелия и биомассы термотолерантных и мезофильных (активно растущих в почве при её инкубировании при 28°С) форм в ходе сукцессии, инициированной увлажнением бурой пустынно-степной почвы, подобен. Величины длины мицелия и биомассы термотолерантных и мезофильных актиномицетов выражены значениями одного порядка, в конце опыта длина мицелия и биомасса термотолерантных актиномицетов снижается более резко, чем мезофильных.

Исследование таксономического состава прокариотного микробного сообщества бурой пустынно-степной почвы методом FISH с помощью 16S рРНК-специфичных олигонуклеотидов, выявляющих представителей филогенетической группы *Actinobacteria*, показало, что биомасса метаболически активных представителей группы *Actinobacteria* составляет большую долю в общей биомассе зубактерий микробного прокариотного сообщества бурой пустынно-степной почвы. Выявлено, что среди метаболически активных представителей филогенетической группы *Actinobacteria* преобладают мицелиальные формы, доля которых увеличивается при повышении температуры инкубирования почвы. Одноклеточные бактерии составляют значительно меньшую долю в биомассе метаболически активных актинобактерий (рис. 4).

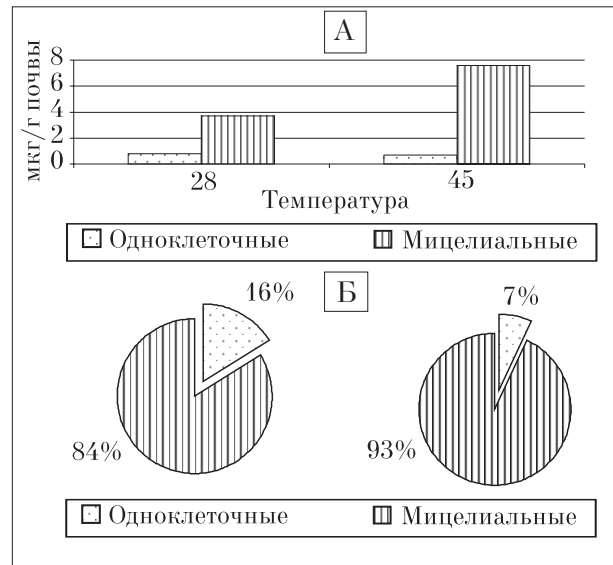


Рис. 4. Абсолютные значения (А) и соотношения (Б) биомасс метаболически активных мицелиальных и одноклеточных представителей филогенетической группы *Actinobacteria* в прокариотном микробном сообществе при различных температурах инкубации бурой пустынно-степной почвы

нетической группы *Actinobacteria*, показало, что биомасса метаболически активных представителей группы *Actinobacteria* составляет большую долю в общей биомассе зубактерий микробного прокариотного сообщества бурой пустынно-степной почвы. Выявлено, что среди метаболически активных представителей филогенетической группы *Actinobacteria* преобладают мицелиальные формы, доля которых увеличивается при повышении температуры инкубирования почвы. Одноклеточные бактерии составляют значительно меньшую долю в биомассе метаболически активных актинобактерий (рис. 4).

Выделенные из пустынных почв культуры стрептомицетов с помощью расчёта радиальной скорости роста колоний классифицировали по их температурным потребностям. Выявлены мезофильные актиномицеты с оптимальной величиной скорости роста колоний при 28°С и растянутым температурным диапазоном роста (8°С – 45°С) и термотолерантные актиномицеты, характеризующиеся оптимальной радиальной скоростью роста колоний при 37°С или 45°С и диапазоном роста, лежащим в области 20°С – 50°С.

Итак, в пустынных почвах, для которых характерен прерывистый режим увлажнения и поступления доступных питательных веществ, охлаждение, перемежающееся с высокими температурами, актиномицеты (мицелиальные бактерии), обладающие способ-

ностью к клеточной дифференцировке, апикальной доминацией, воздушными гифами со специализированным внешним чехлом, придающим клетке гидрофобность, и проникающими через границу раздела фаз в воздушную среду, имеют преимущества перед другими бактериями и составляют основу гидроролитического блока прокариотных организмов. Способность актиномицетных спор прорасти при очень низком давлении влаги в среде обитания (-96,4 МПа, aw 0,50) [3] создаёт преимущество мицелиальным бактериям перед одноклеточными в условиях засухи, мало пригодных для активности немцелиальных бактерий. Таким образом, в почвах аридной зоны термотолерантные ксерофильные актиномицеты составляют неотъемлемую часть сапротрофного микробного блока, принимающего участие в разложении и синтезе гумусовых веществ и создании почвенного плодородия.

Литература

1. Калакуцкий Л.В., Агре Н.С. Развитие актиномицетов. М.: Наука, 1977. 287 с.
2. Звягинцев Д.Г., Зенова Г.М. Экология актиномицетов. М.: ГЕОС, 2001. 257 с.
3. Звягинцев Д.Г., Зенова Г.М. Актиномицеты засоленных и щелочных почв. М.: Книжный Дом Университет, 2007. 108 с.
4. Jiang C., Xu L. Actinomycete diversity in unusual habitats // *Actinomycetes*. 1993. V. 4. № 2. P. 47-57.
5. Головченко А.В. Особенности пространственного распределения и структуры микробных комплексов болотно-лесных систем. Автореф. дисс. ... канд. биол. наук.. М. МГУ. 1993. 23 с.
6. Доржготов Д. Почвы Монголии (генезис, систематика, география, ресурсы и использование). Автореф. дисс. ... д. б. н. М.: МГУ, 1992. 340 с.
7. Гаузе Г.Ф., Преображенская Т.П., Свешникова М.А., Терехова Л.П., Максимова Т.С. Определитель актиномицетов. М.: Наука, 1983. 245 с.
8. Зенова Г.М. Почвенные актиномицеты редких родов. М.: Изд-во МГУ, 2000. 81 с.
9. Определитель бактерий Берджи. / Под ред. Дж. Хоулта, М. Крига, П. Смита, Дж. Стейли и С. Уилльямса. М.: Мир, 1997. 799 с.
10. *Bergey's Manual of Systematic Bacteriology* / Ed. S.T. Williams, M. Sharpe., J.A. Holt. Baltimore ets. Williams and Wilkins. Ninth Edition. 1989. V. 4. 2648 p.
11. De Lay I, Catvir K., Reynaer T.S. The quantitative measurement of DNA hybridization from renaturation rates // *Eur. J. Biochem*. 1970. V. 12. P. 133-142.
12. Owen R.I., Hill L.R., Lapage S.F. Determination of DNA base composition from mtting profiles in delute buffers // *Biopolemers*. 1969. № 7. P. 503-516.
13. Методы почвенной микробиологии и биохимии. М.: Изд-во МГУ, 1991. 303 с.
14. Ravenschlag K., Sahm K., Amann R. Quantitative molecular analysis of the microbial community in marine arctic Sediments (Svalbard) // *Appl. Environ. Microbiol*. 2001. V 67. № 1. P. 387-395.
15. Зенова Г.М., Степанов А.Л., Лихачева А.А., Манучарова Н.А. Практикум по биологии почв. М.: Изд-во МГУ, 2002. 120 с.

Выделение и оценка биорегуляторных свойств эндофитных бактерий

А.А.Широких¹, И.Г. Широких¹, С.Ю.Огородникова², О.В. Мерзаева¹

¹Зональный научно-исследовательский институт сельского хозяйства Северо-Востока им. Н.В. Рудницкого РАСХН,

²Институт биологии Коми научного центра Уральского отделения РАН

Из поверхностно стерилизованных листьев, почек и корней различных видов растений было изолировано 98 культур эндофитных бактерий. Охарактеризованы фенотипические свойства природных изолятов. Отмечен слабый рост эндофитных культур на лабораторных средах. Изучено влияние обработки семян пшеницы жидкими культурами эндофитов на накопление проростками сухой массы, содержание фотосинтетических пигментов и интенсивность перекисного окисления липидов в листьях проростков в водно-бумажной культуре.

Endophytic bacterias were isolated from surface sterilized leaves, leaf-bud and roots of diverse plant species. Several phenotypic properties of 98 endophytic strains have determined. Weak growth primary isolates on laboratory mediums is noted. The effect of treatment of seeds spring wheat (*Triticum aestivum* L.) with the culture liquid of endophytic strains on the accumulation of dry biomass, the content of photosynthetic pigments and intensity peroxidative oxidation lipides in leaf was studied in water-paper culture.

Ключевые слова: эндофитные бактерии, метилотрофы, актинобактерии, ростстимуляция, антагонизм

Известно, что ткани здорового растения заселены внутри популяциями эндофитных бактерий из корневой зоны почвы [1]. Эндофитные бактерии обитают в межклеточном пространстве, клетках кортекса корней, сосудистой системе, однако, в отличие от фитопатогенных видов, имеют с растением мутуалистические взаимоотношения. Они могут выделять физиологически активные вещества, снабжать растения фиксированным азотом, оказывать губительное действие на фитопатогены [4, 2].

Практический интерес к эндофитным бактериям связан, в первую очередь, с оценкой возможности их использования в производстве биопрепаратов для повышения продуктивности культурных растений, защиты их от фитопатогенной микрофлоры, повышения качества урожая. Несмотря на широкий ассортимент микробных препаратов, сегодня среди них достаточно редко встречаются препараты, созданные на основе эндофитов. К ним относят фитоспорин и интеграл [3, 4], в основу производства которых положены различные штаммы *Bacillus subtilis* – бактерий, широко распространённых в почвах. Типичным почвенным азотфиксатором является и *Klebsiella terrigena* Еб, рассматриваемая как перспективная в плане повышения урожайности сельскохозяйственных культур [5].

Менее изучены и практически не используются для производства биопрепаратов

штаммы, изолированные непосредственно из растительных тканей. Авторы отмечают [1 – 6], что между комплексами эндофитных бактерий, выделяемых из разных видов растений, существуют значительные различия, которые связаны с такими факторами, как специфика растения-хозяина, географическое местоположение, возраст растения и тип ткани. Существенную роль играет также состав среды выделения, в зависимости от которого получают преимущество в росте те или иные бактерии.

Целью настоящей работы являлось выделение и изучение свойств природных изолятов эндофитных бактерий, ассоциированных с культурами зерновых злаков (яровой ячмень, озимая рожь, тритикале) и некоторыми видами диких древесных и кустарниковых растений (берёза, клён, сирень, шиповник) для оценки их биорегуляторного действия.

Объекты и методы

Объектом исследования служили комплексы бактерий, выделенные из различных органов и тканей растений после поверхностной стерилизации растительных сегментов (8 – 10 мм) в течение 15 мин. смесью 3%-ной перекиси водорода и 96%-ного этилового спирта (1:1). Простерилизованный растительный материал многократно отмывали в стерильной дистиллированной воде, затем

гомогенизировали в ступке и из разведений производили посев на агаризованные среды RHM [7] и с пропионатом натрия [8].

Контроль стерильности проводили высе-вом смывов с поверхности растительных сег-ментов на среды того же состава.

Для получения метилотрофных бактерий предварительно выращивали в течение 5 су-ток жидкие накопительные культуры на ми-неральной среде Кадота с метанолом [9] и использовали их для посева на агаризованную среду того же состава.

В ходе работы было получено 98 эндофит-ных культур, изучение морфологических, культуральных и физиолого-биохимических признаков которых проводили в соответствии

с определителем [10]. Помимо микроскопи-рования бактериальных культур, проводили окраску по Граму, тесты на наличие оксида-зы, каталазы и окислительно-ферментатив-ный тест на использование глюкозы, опреде-ляли амилалитическую, протеолитическую и целлюлозолитическую активность бактери-альных культур, способность к спорообразо-ванию.

Для оценки биорегуляторных свойств ис-пользовали бактериальные изоляты, приве-дённые в таблице 1. Влияние эндофитных бактерий на морфометрические и биохими-ческие показатели проростков изучали в ус-ловиях водно-бумажной культуры. Расти-тельным тест-объектом служил сорт мягкой

Таблица 1

Штаммы бактерий, использованные в данной работе, и источники их выделения

Вид, штамм	Откуда выделен (источник)	Среда выделения
Эндофитные бактерии		
4-220	Листья ячменя (<i>Hordeum vulgare</i> L.) Фермер	Среда RHM [7]
4-221	То же	
2-212	Корни ячменя (<i>Hordeum vulgare</i> L.) Фермер	
2-218	То же	
Б2-1	Почки берёзы (<i>Betula alba</i> L.)	
Б2-2	То же	
С2	Почки сирени (<i>Syringa vulgaris</i> L.)	
С2-1	То же	
К2	Почки клёна (<i>Acer platanoides</i> L.)	
Ш2	Почки шиповника (<i>Rosa canina</i> L.)	
<i>Curtobacterium plantarum</i> 6-I	Корни озимой ржи (<i>Secale cereale</i> L.) Вятка 2	Среда с пропионатом натрия [8]
<i>Streptomyces</i> sp. 3s	То же	
<i>Cellulomonas</i> sp. 7	«	
<i>C. plantarum</i> 2-II	«	
4s	«	
7-1	«	
6-II шт. 1	«	
6-II шт. 2	«	
4-II	«	
<i>Methylobacterium</i> sp. Б2	Почки берёзы (<i>Betula alba</i> L.)	Среда Кадота с метанолом [9]
<i>Methylobacterium</i> sp. С1	Почки сирени (<i>Syringa vulgaris</i> L.)	
<i>Methylobacterium</i> sp. Бер1	Почки берёзы (<i>Betula alba</i> L.)	
<i>Methylobacterium</i> sp. Бер2	То же	
<i>Methylobacterium</i> sp. Тр2	Листья тритикале	
<i>Methylobacterium</i> sp. К1	Почки клёна (<i>Acer plat anoides</i> L.)	
Фитопатогенные бактерии		
<i>Erwinia rhapontici</i> 1м-33	Семена оз имой ржи (<i>Secale cereale</i> L.)	Среда RHM [7]
<i>Erwinia herbicola</i> Мал 1	Почки малины (<i>Rubus idaeus</i> L.)	
<i>Erwinia rhapontici</i> Д 1-2	Семена оз имой ржи (<i>Secale cereale</i> L.)	
<i>Bacillus</i> sp.10 сл	Листья огурца (<i>Cucumis sativus</i> L.)	
<i>Pseudomonas cepacia</i> 3809	Получен из Института микробиологии МО РФ г. Киров	

яровой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) Приокская. Предварительно семена замачивали на 20 час. в жидких 5-суточных культурах бактерий (разведение 1:100 и выше), выращенных на капустной среде [11] при 27°С на качалке (180 об./мин.). В контроле семена замачивали в неинокулированной среде. Проклюнувшиеся семена раскладывали на увлажнённую до полной влагоёмкости фильтровальную бумагу, закатывали в рулоны (по 25 шт. в каждом). Рулоны устанавливали вертикально в химические стаканы и помещали в камеру искусственного климата ПЛКА (Германия) при температуре 25/18° (день/ночь), освещённости 10 Клк и фотопериоде 16 час. Через 6 суток определяли показатели всхожести, линейные размеры и сухую массу проростков, через 10 суток проводили анализ биохимических показателей. Содержание фотосинтетических пигментов в листьях проростков определяли на спектрофотометре «Specol» (Германия) в ацетоновой вытяжке [12] при длинах волн 662, 644 (хлорофиллы) и 440,5 нм (каротиноиды). Интенсивность перекисного окисления липидов (ПОЛ) анализировали по цветной реакции тиобарбитуровой кислоты с малоновым диальдегидом (МДА), образующимся в процессе ПОЛ [13].

Способность эндофитных бактерий к синтезу ауксинов определяли с помощью реактива Сальковского (0,5М FeCl₃ в 35%-ной HClO₄). Бактерии выращивали в жидких культурах, используя среды, по составу соответствующие средам выделения, с добавлением 200 мкг/мл триптофана. Бактериальные клетки отделяли от культуральной жидкости центрифугированием в течение 10 мин. (6000 об./мин.). Количество индольных соединений в надосадочной жидкости определяли колориметрически с длиной волны 540 нм. Для построения калибровочного графика использовали разведения стандартного раствора ИУК («Fluca», Швейцария). Контролем служила неинокулированная среда с добавлением реактива.

Для изучения антагонистических свойств эндофитных бактерий использовали в качестве тест-культур фитопатогенные бактерии, выделенные из тканей больных растений, и коллекционный штамм *Pseudomonas cepacia* 3809 (табл. 1). Антагонистические свойства бактерий определяли методом посева культур на поверхность картофельного агара в виде пересекающихся штрихов [14]. Искусственные ассоциации для определения антагонистических свойств получали путём попарного

смешивания в объёме стерильной воды клеток штаммов из различных групп бактерий (в соотношении 1:1). Антагонистическую активность оценивали по величине зоны подавления роста тест-культуры на 2 – 4-е сутки инкубации. Каждый тест проводили в 3-х кратной повторности.

Статистическая обработка данных проведена стандартными методами с использованием программ EXCEL и STATGRAFICS. В таблицах и на рисунках представлены средние значения показателей по 4 повторностям и их стандартные ошибки.

Результаты и обсуждение

На минеральной агаризованной среде с метанолом из различных растительных субстратов (листья и корни озимой ржи, овса, тритикале, почки деревьев) в чистую культуру было выделено 22 штамма, которые оказались фенотипически сходны и были представлены подвижными грамотрицательными палочками размером 0,8 - 1,0x2,0-4,0 мкм, часто собранными в характерные «розетки». Колонии блестящие, гладкие, слабо выпуклые, розовые до почти красных, диаметр 1 – 3 мм. Морфологические и физиолого-биохимические свойства природных изолятов совпадали с признаками бактерий рода *Methylobacterium*, описанными в определителе Берджи [10].

На богатой органической среде РНМ из поверхности стерилизованных листьев и корней зерновых культур (ячмень Фермер и озимая рожь Фалёнская 4) была изолирована 21 культура бактерий. Изучение морфологических и физиолого-биохимических свойств выделенных культур показало, что комплекс эндофитных бактерий зерновых злаков представлен в основном подвижными (67 – 100%) неспороносными (67 – 89%) грамотрицательными (67 – 89%) одиночными (75 – 89%) палочками, различающимися по форме края и размерам. Среди изолятов, полученных из тканей озимой ржи, факультативно-анаэробным типом метаболизма по результатам теста Хью-Лейфсона обладали 92% штаммов. Среди изолятов, полученных из тканей ячменя, факультативно-анаэробным типом метаболизма обладала лишь половина культур, а остальные штаммы характеризовались как микроаэрофилы. Способность к образованию растворимых и нерастворимых пигментов отмечена у 23 – 42% эндофитных бактерий зерновых злаков. Охарактеризовать амилолитическую

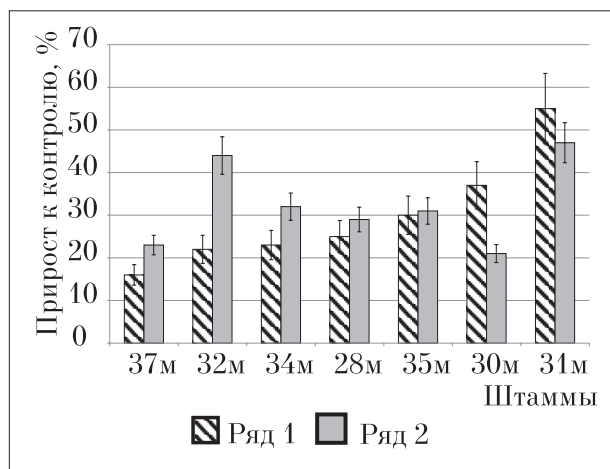


Рис. 1. Изменение линейных размеров (1 – корень, 2 – росток) проростков пшеницы под влиянием обработки семян жидкими культурами (1:100) эндофитных микробов

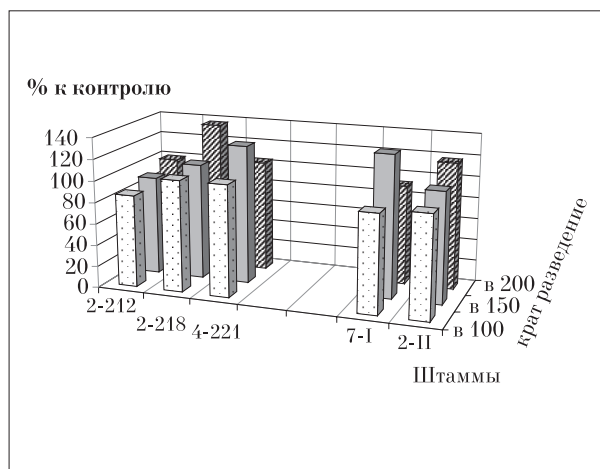


Рис. 2. Накопление сухой биомассы проростками пшеницы в зависимости от разведения жидкой культуры гетеротрофных эндофитных бактерий

и протеолитическую активность эндофитных культур не представилось возможным, поскольку первичные изоляты прекращали рост при пересевах на диагностические среды.

В комплексе эндофитных бактерий, выделенных на среде РНМ из почек деревьев и кустарников (11 штаммов), не встречались пигментированные формы. Большинство (73%) представителей отнесены на основании особенностей роста к микроаэрофилам. В остальном эндофиты, изолированные из почек, проявили свойства, сходные с эндофитными бактериями зерновых злаков.

На селективной среде с пропионатом натрия из корней озимой ржи Вятка 2 были выделены в чистую культуру 44 бактерии, из них 14 актиномицетов. Комплекс немикелиальных прокариот был представлен в основном подвижными (70%) неспороносными (97%) грамположительными (80%) бактериями, различающимися по форме и размерам: грамположительные палочки – 13%, грамположи-

тельные кокки – 13%, грамтрицательные палочки – 20%, коринеформные бактерии – 53% от общего количества изолятов. Среди эндофитных изолятов преобладали факультативно-анаэробные формы, только 3,3% изолятов обладали окислительным типом метаболизма по результатам теста Хью-Лейфсона. Протеолитическая и амилитическая активность выявлена у 40% культур. Целлюлозолитической активностью характеризовались 17% эндофитных изолятов.

Среди выделенных из корней озимой ржи на среде с пропионатом натрия актиномицетов обнаружены виды родов *Streptomyces* и *Micromonospora*. Амилитическая активность отмечена у 79% изолятов, целлюлозолитическая – у 71% изолятов. В целом изучение фенотипических свойств эндофитных бактерий затруднялось слабым ростом первичных изолятов на лабораторных средах.

В результате замачивания семян пшеницы в жидких культурах, содержащих как

Таблица 2
Содержание пигментов в листьях пшеницы в зависимости от варианта обработки семян культуральной жидкостью эндофитных бактерий ячменя

Вариант обработки	Разведение	Хлорофиллы, мг/г		Каротиноиды, мг/г	Соотношение	
		а	в		Хлорофиллов а/в	Хлорофиллы/каротиноиды
Контроль	-	9,09±0,36	3,00±0,03	2,78±0,16	3,03	4,35
шт. 2-212	1:100	8,87±0,43	3,07±0,17	2,60±0,12	2,89	4,60
	1:150	10,36±0,40	3,22±0,12	3,04±0,12	3,21	4,46
	1:200	9,76±0,18	3,19±0,06	2,99±0,05	3,06	4,33
шт. 4-221	1:100	9,76±0,28	3,19±0,11	2,91±0,08	3,06	4,45
	1:150	9,87±0,62	3,31±0,26	2,98±0,16	2,98	4,42
	1:200	9,85±0,28	3,16±0,09	2,96±0,09	3,11	4,40

Таблица 3

Содержание пигментов в листьях пшеницы в зависимости от варианта обработки семян культуральной жидкостью эндофитных актинобактерий озимой ржи

Вариант обработки	Разведение	Хлорофиллы, мг/г		Каротиноиды, мг/г	Соотношение	
		а	в		Хлорофиллы а/в	Хлорофиллы/каротиноиды
Контроль	-	15,6±0,74	6,1±0,49	5,5±0,34	2,6	3,9
6-II шт. 1	1:100	16,3±0,53	5,0±0,21	4,8±0,19	3,2	4,4
6-II шт. 2	1:100	16,0±1,60	5,3±0,38	4,8±0,48	3,0	4,4
7	1:100	17,1±0,42	5,7±0,43	5,2±0,10	3,0	4,4
4-II	1:100	15,0±0,81	5,2±0,67	4,8±0,12	2,9	4,2
7-I	1:150	14,5±0,62	4,8±0,19	4,4±0,22	3,0	4,4
	1:200	16,7±0,44	5,3±0,50	5,0±0,14	3,1	4,4
2-II	1:150	14,4±0,85	4,9±0,08	4,3±0,15	2,9	4,5
	1:200	15,1±0,57	5,1±0,13	4,7±0,22	3,0	4,3

живые клетки, так и водорастворимые метаболиты выделенных бактерий, происходили изменения биоморфологических показателей проростков. Жидкие культуры большинства мезофильных штаммов в разведении 1:100 не оказывали ингибирующего действия на проростки тест-культуры. Если значительная часть (64%) мезофильных изолятов способствовала увеличению массы и линейных размеров проростков пшеницы на 16 – 55% по сравнению с контролем (рис. 1), то жидкие культуры эндофитных бактерий, не усваивающих метанол, наоборот, часто угнетали рост проростков на 7 – 24% к контролю. Ростстимулирующий эффект эндофитных бактерий, выделенных на средах с пропионатом натрия и РНМ, проявлялся в ряде случаев при больших разведениях культуральной жидкости, чем 1:100. Жидкие культуры эндофитных бактерий, изолированных, например, из ячменя (шт. 4-221 и 2-218) и озимой ржи (*Curvobacterium plantarum* 2II и шт. 7-I), оказали стимулирующий эффект на проростки пшеницы в разведениях 1:150 и 1:200 (рис. 2).

Обработка семян жидкими культурами эндофитных бактерий в различных разведениях сопровождалась изменениями в содержании фотосинтетических пигментов в листьях проростков пшеницы. В результате обработки семян шт. 2-212 (в разведении 1:150) существенно возросло в листьях содержание хлорофиллов *а* и *в*, по сравнению с контролем (табл. 2). Аналогичная тенденция прослеживалась в результате обработки семян пшеницы шт. 4-221 (1:150). Стимулирующий эффект при использовании для обработки семян жидких культур этих же бактерий в разведениях 1:100 не наблюдался или проявлялся в меньшей степени. Среди актинобак-

терий, выделенных из корней озимой ржи, также обнаружены штаммы, обработка семян которыми приводила к изменениям в пигментном комплексе листьев проростков. Так, культуры *Cellulomonas sp.* 7 и шт. 7-I (1:200) способствовали возрастанию в листьях содержания хлорофилла *а* (табл. 3). Под воздействием культур *C. plantarum* 2-II, 6 II шт.1, 4-II, 7-I (1:150) содержание хлорофилла *в* и каротиноидов в листьях снижалось.

В окислительной деструкции хлорофилла и других компонентов фотосинтетического аппарата участвуют активные формы кислорода (АФК), которые образуются в процессе жизнедеятельности растений и концентрация которых в норме контролируется антиоксидантной системой растений. Одним из механизмов детоксикации АФК в клетке является поглощение активированного кислорода веществами с антиоксидантными свойствами. Для оценки способности исследуемых

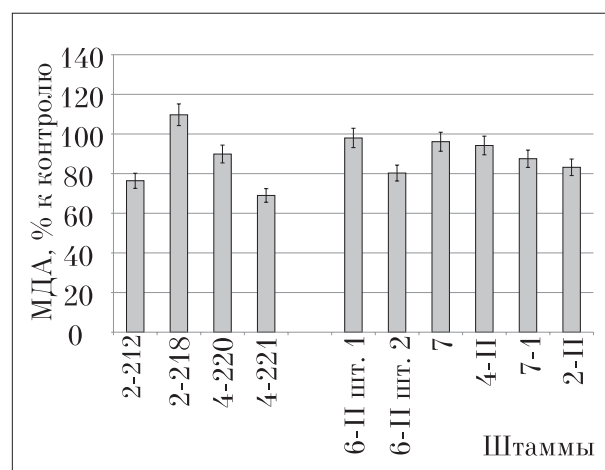


Рис. 3. Содержание малонового диальдегида в листьях проростков пшеницы в зависимости от варианта обработки семян культуральной жидкостью эндофитных бактерий

Таблица 4

Содержание малонового диальдегида в листьях пшеницы в зависимости от варианта обработки семян культуральной жидкостью эндофитных бактерий ячменя

Вариант обработки	Разведение	Малоновый диальдегид, нмоль/г сырой массы
Контроль	-	49,27±3,39
шт. 2-212	1:100	37,63±0,67
	1:150	45,87±5,51
	1:200	47,31±6,78
шт. 4-221	1:100	34,60±1,48
	1:150	36,44±1,36
	1:200	46,02±2,64

штаммов эндофитных бактерий оказывать на растения антиоксидантное действие изучали интенсивность ПОЛ в листьях. Активность процесса оценивали по накоплению в тканях одного из его конечных продуктов – малонового диальдегида (МДА). Как следует из приведённых на рисунке 3 данных, снижению по сравнению с контролем интенсивности ПОЛ в листьях проростков пшеницы способствовала обработка семян эндофитными бактериями большинства штаммов. Наиболее активным антиоксидантным действием отличались культуры бактерий 4-221 и 2-212 в разведении 1:100, выделенные из тканей ячменя. По мере усиления степени разведения жидких культур для обработки семян антиоксидантное действие эндофитных бактерий ослаблялось, о чём свидетельствует более высокое содержание МДА в листьях проростков пшеницы (табл. 4). Способность эндофитных бактерий воздействовать на морфометрические

(масса, длина стебля и корня) и биохимические (содержание фотосинтетических пигментов, интенсивность ПОЛ) показатели растений может быть обусловлена фитогормональной активностью эндофитных культур. Выборочный скрининг изолятов по способности продуцировать ауксины подтвердил это предположение (табл. 5). Практически все исследованные бактерии в каждой из трёх групп изолятов, полученных на различных по составу селективных средах, обеспечивали накопление в культуральной жидкости индольных соединений в количествах от 12 до 94 мкг/мл.

Следующим этапом работы явилось изучение антагонистических свойств выделенных бактериальных штаммов. Все эндофитные бактерии, независимо от состава среды выделения, характеризовались низкой антагонистической активностью (зоны ингибирования от 0 до 12 мм) и узким спектром действия (против 0-3 тест-культур) в отношении фитопатогенных бактерий (табл. 6). Более активно подавляли рост фитопатогенов искусственные микробные ассоциации, содержащие одновременно клетки штаммов из разных групп бактерий (выделенные на среде РНМ и метилотрофы). Смешанные культуры с участием штамма С2-1 и одного из штаммов метилобактерий (МБер1; МБер2) проявили более широкий спектр антагонистического действия (против 5 культур), чем собственно штамм С2-1 (против 3-х культур). Более сильное угнетающее действие, чем монокультура бактерии С2-1, оказали на фитопатогенные бактерии *Erwinia herbicola*, *Bacillus sp.*10сл. и *Pseudomonas cepacia* смешанные культуры бактерий С2-1+ МБер1 и С2-1+ Бер1. Искусственные ассоциации эндофитной бактерии С2-1, в состав которых входили метилобактерии МБер1 и МБер2, подавляли рост фитопатогенных бактерий *E. rhapontici* 1м-3к, тогда как самостоятельно ни один из штаммов

Таблица 5

Образование ауксинов представителями эндофитных бактерий на среде с триптофаном

Бактериальная культура	Ауксины, мкг/мл
<i>Methylobacterium</i> sp. Б2	25,1±0,12
<i>Methylobacterium</i> sp. С1	29,2±1,04
МТр2	17,8±0,12
МК1	12,0±0,06
4-220	44,0±0,7
2-218	18,5±0,7
<i>Curtobacterium plantarum</i> 6-I	68,0±0
<i>Streptomyces</i> sp. 3s	83,0±0
<i>Cellulomonas</i> sp. 7	43,2±2,5
<i>C. plantarum</i> 2-II	32±0,0
4s	54,5±0,7
7-I	94,0±0
6-II шт.1	31,5±0
6-II шт. 2	22,0±0
4-II	66,0±0,7

Антагонистические свойства эндофитных культур и их ассоциаций с мезофитными бактериями

Штаммы бактерий и их ассоциации	Зона подавления роста тест-культур, мм				
	<i>Erwinia rhapontici</i> 1м-3к	<i>Erwinia herbicola</i>	<i>Erwinia rhapontici</i> Д1-2	<i>Bacillus sp.</i> 10 сл.	<i>Pseudomonas cepacia</i>
Б2-1	0	0	0	0	0
Б2-1 + МБер 1	0	0	0	0	0
Б2-1 + МБер 2	1,3±0	0	5±0,10	0	0
Б2-2	0	1,7±0	1,7±0	0	0
Б2-2 + МБер 1	0	0	2,3±0,05	0	0
С2	0	3±0,25	0	0	0
С2 + МБер 1	0	3±0,20	0	0	0
С2 + МБер 2	0	3±0	0	0	0
С2-1	0	12±0,12	0	7,7±0,55	6,0±0,40
С2-1+ МБер 1	13±0,05	24,7±1,30	7±0,08	18,3±1,05	15,3±0,80
С2-1+ МБер 2	10,5±0,12	20±1,05	15,5±0,75	20±1,00	19,5±0,75
К2	0	10±0,80	0	5,3±0,03	6,3±0,20
К2 + МБер 1	0	11,7±0,25	0	11,7±0,10	11,7±0,50
Ш2	0	11,3±1,60	0	10±0,05	6,0±0,25
Ш2+МБер 1	0	23,7±1,25	1±0	14,7±0,15	11,3±0,30
МБер 1	0	1,7±0	2±0	0	0
МБер 2	0	2,3±0,05	3,3±0,01	0	0
7-1	0	4±0,15	0	2±0	2±
4-П	0	7±0,20	0	2±0,01	2±0

искусственной ассоциации не оказывал угнетающего действия на рост этого фитопатогена. Полученные данные подтверждают обнаруженный ранее для эпифитных бактерий факт [15], что мезофиты, являясь компонентами смешанных культур, могут быть антагонистами фитопатогенных бактерий. Искусственные ассоциации, в состав которых входили эндофитные мезобактерии, в сравнении с монокультурами, также проявили более высокую антагонистическую активность в отношении фитопатогенных бактерий или угнетали рост большего числа использованных в работе тест-культур фитопатогенов.

Таким образом, можно заключить, что эндофитные бактерии, ассоциированные с культурами зерновых злаков (яровой ячмень, озимая рожь, тритикале) и некоторыми видами диких древесных и кустарниковых растений (берёза, клён, сирень, шиповник) продуцируют и выделяют в культуральную жидкость физиологически активные метаболиты, способные оказывать на растения как стимулирующее, так и угнетающее действие. В зависимости от степени разведения жидких бактериальных культур, используемых для обработки семян, изменяются морфометрические и биохимические показатели проростков тест-культуры. Способность к фиторегуляции может быть обусловлена достаточно высокой продукцией ауксинов (до 94 мкг/мл), обнаруженной у исследованных штаммов.

Эндофитные бактерии в чистых культурах проявили низкую антагонистическую активность в отношении фитопатогенных бактерий. С одной стороны, это согласуется с данными литературы о меньших, в сравнении с эпифитными штаммами, адаптивных возможностях эндофитов, связанных, по мнению авторов, со способностью проникать внутрь корня, уходя от прямого контакта с компонентами почвы и ризосферы [16], с другой – расходится с многочисленными литературными данными об участии эндофитных бактерий в ограничении заболеваемости растений [1, 17, 18]. Очевидно, основным механизмом защиты растения от поражения фитопатогенными микроорганизмами является регуляторное действие эндофитов на иммунитет [19]. Полученные результаты согласуются с данными о существовании тесной метаболической связи эндофитных бактерий с растениями, но едва ли свидетельствуют о большом потенциале эндофитов в разработке новых биопрепаратов для повышения эффективности растениеводства.

Утрата значительной частью первичных эндофитных изолятов жизнеспособности при лабораторном культивировании может быть связана с их облигатной зависимостью от ассоциации с растением. Причём трудность культивирования эндофитов объясняется не только их сложными ростовыми потребностями, но и может быть обусловлена понижением жизнеспособности под действием защитных

систем хозяина [20]. В последнем случае предполагается, что микроорганизм настолько адаптирован к внутренней среде хозяина, что не может существовать в других условиях. Примерами таких адаптаций может служить специфический жирнокислотный состав, обеспечивающий стабильность мембран в системах эндосимбиоза [21], или неспособность эндофитных бактерий к внутриклеточному биосинтезу поли-3-гидроксипутирата, который рассматривают как специфический клеточный ответ на некоторые виды стресса [22]. В связи с этим более перспективным можно считать использование биорегуляторного потенциала эндофитных бактерий для создания искусственных микробно-растительных ассоциаций, комбинируя методы культуры ткани и инокуляции растений *in vitro*.

Работа выполнена при частичной поддержке гранта РФФИ (№ 08-04-13590-офи_ц).

Литература

1. Kobayashi D. Y., Palumbo J. D. Bacterial endophytes and their effects on plants and uses in agriculture/ Ed. C.W. Bacon and J. F. White. Microbial endophytes. N.Y.: Marcel Dekker Inc., 2000. P. 199-233.
2. Hallmann J., Quadt-Hallmann A., Mahaffee W. F., Kloepper J. W. Bacterial endophytes in agricultural crops // Can. J. Microbiol. 1997. V. 43. P. 895-914.
3. Хайруллин Р.М., Недорезков В.Д., Мубинов И.Г., Захарова Р.Ш. Повышение устойчивости пшеницы к абиотическим стрессам эндофитным штаммом *Bacillus subtilis*// Вестник Оренбургского гос. университета. 2007. № 2. С. 129-134.
4. Мубинов И.Г. Реакции пшеницы на действие клеток эндофитного штамма 26Д *Bacillus subtilis* – основы биофунгицида фитоспорин. Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Уфа: БГУ. 2007. 22 с.
5. Злотников А.К., Казакова М.Л., Злотников К.М., Казаков А.В. Новый бактериальный эндофит сельскохозяйственных культур// С.-х. биология. Сер. биология растений. 2006. № 3. С.62-66.
6. Zinniel D.K., Lambrecht P., Harris N.B., Feng Z., Kuczmarski D., Higley P., Ishimaru C.A., Arunakumari A., Barletta R.G., Anne K.V. Isolation and Characterization of Endophytic Colonizing Bacteria from Agronomic Crops and Prairie Plants //Appl Environ Microbiol. 2002. V. 68 (5). P. 2198-2208.
7. Belimov A.A., Dietz K.-J. Effect of associative bacteria on element composition of barley seedlings grown in solution culture at toxic cadmium concentrations // Microbiol. Res, 2000. V. 155. P. 113-121.
8. Rowbotham T.J., Cross T. Ecology of *Rhodococcus coprophilus* and associated actinomycetes in fresh water and agricultural habitats//J. Gen. Microbiol. 1977. V. 100. P. 231-240.
9. Практикум по микробиологии: Учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений/ Под ред. А.И. Нетрусова. М.: Издательский центр «Академия», 2005. 608 с.
10. Определитель бактерий Берджи. В 2-х т. / Под ред. Дж.Хоулта, Н.Крига, П.Снита, Дж.Стейли, С.Уилльямса. М.: Мир, 1997. 432 с. и - 800 с.
11. Возняковская Ю.М. Микрофлора растений и урожай. Л., «Колос». 1969. 240 с.
12. Шлык А.А. Определение хлорофиллов и каротиноидов в экстрактах зелёных листьев// Биохимические методы в физиологии растений. М.: Наука, 1971. С.154-171.
13. Лукаткин А.С. Холодовое повреждение теплолюбивых растений и окислительный стресс. Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2002. 208 с.
14. Егоров Н.С. Микробы-антагонисты и биологические методы определения антибиотической активности. М.: Высшая школа. 1965, 221 с.
15. Широких А.А., Широких И.Г. Изучение полезных для растений свойств мезофильных бактерий // Агрехимия. 2007. №9. С.53-57.
16. Камнев А.А., Тугарова А.В., Антонюк Л.П. Эндофитный и эпифитный штаммы *Azospirillum brasilense* по-разному отвечают на стресс, вызываемый тяжёлыми металлами // Микробиология. 2007. Т. 76. №6. С. 908-911.
17. Бирюкова О.В. Эндофитная ризобактерия *Klebsiella planticola*, взаимодействие с растением и ценозом микромицетов в фитоплане и ризосфере. Автореф. дис. ... канд. биол. наук. 2001. М.: МСХА им. К.А.Тимирязева. 20 с.
18. Raupach G. S., Kloepper J. W. Biocontrol of cucumber diseases in the field by plant growth-promoting rhizobacteria with and without methyl bromide fumigation. // Plant Dis. 2000. V. 84. P. 1073-1075.
19. Hallmann J., Quadt-Hallmann A., Mahaffee W. F., Kloepper J. W. Bacterial endophytes in agricultural crops// Can. J. Microbiol. 1997. V. 43. P. 895-914.
20. Квиспел А. Эволюционные аспекты симбиотических адаптаций: вклад *Rhizobium* в эволюцию ассоциации/ Rhizobiaceae. Молекулярная биология бактерий, взаимодействующих с растениями / Под ред. Г. Спайнк, А. Кондорози, П. Хукас. СПб.: Бионт. 2002. С. 519-539.
21. Selim S., Delacour S., Schwencke J. Accumulation and intracellular distribution of palmitic and propionic acid // Arch. Microbiol. 1996.V. 165. № 4. P. 252-257.
22. Kadouri D., Jurkevitch E., Okon Y., Castro-Sowinski S. Ecological and agricultural significance of bacterial polyhydroxyalkanoates// Crit. Rev. Microbiol. 2005. V. 31. № 2. P. 55-67.

Изучение возможности утилизации отходов деревопереработки для биологической очистки и детоксикации нефтешламов

Н.А. Киреева, А.А. Шамаева, А.С. Григориади, Е.И. Новосёлова
Башкирский государственный университет

В лабораторных и полевых условиях изучена возможность использования коры и опада хвои сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris*) для биоочистки и детоксикации нефтешламов. Показано, что компостирование нефтешламов с сосновой корой и опадом хвои способствовало снижению его токсичности и интенсифицировало деструкцию углеводородов

In laboratory and field conditions the possibility of using *Pinus Sylvestris* bark and needles emission for the purpose of bio-purification and sludge detoxication was investigated. It is shown that composting sludges with pine bark and needles emission contributed to lowering its toxicity and stimulated hydrocarbon destruction.

Ключевые слова: биоочистка, детоксикация, нефтешламы, деструкция, углеводородокисляющие микроорганизмы

При технологических процессах, связанных с добычей, транспортировкой и переработкой нефти, образуется большое количество углеводородсодержащих отходов – нефтешламы.

Из данных литературы [1 – 5], следует, что до сих пор проблема обезвреживания нефтешламов остается весьма актуальной. Специально оборудованные для этих целей полигоны не справляются с поставленными задачами, требуют реконструкции. Цены на утилизацию постоянно растут, что влечёт за собой провоцирование производственных предприятий на несанкционированные сбросы нефтеотходов в неположенных местах, а это, естественно, наносит огромный ущерб окружающей среде.

Существующие механические, термические и физико-химические методы очистки дорогостоящи и эффективны только при определенном уровне загрязнения (как правило, не менее 5% нефти в почве). Микробиологические методы способны дополнять указанные технологии, а в определенных ситуациях не имеют альтернативы.

Нефтешламы содержат значительное количество жизнеспособных микробных клеток, в том числе и углеводородокисляющих микроорганизмов (УОМ) [2, 5], однако процессы биодegradации тормозятся прежде всего из-за недостатка кислорода, необходимого для окисления углеводородов, и элементов питания.

В данной работе представлены результаты исследований биологической активности нефтяных шламов (численность УОМ, активность липазы, токсичность) и обоснована возможность ускорения детоксикации этих отхо-

дов при компостировании с растительными массами – корой и опадом хвои сосны обыкновенной.

Объекты и методы

Нефтешламы вносили в вегетационные сосуды ёмкостью 10 л, на дно которых был предварительно уложен дренаж и укреплены стеклянные трубочки для улучшения аэрации. Сосуды инкубировали в термостате при температуре 25°C, поддерживая влажность почвы на уровне 60% от полной влагоёмкости. Образцы для анализа отбирали через 3, 7, 14, 21, 30, 60, 90, 180 сут. Исходная концентрация нефти составляла в нефтешламе I – 12,72%, II – 9,68%, III – 15,91%, IV – 20,44%.

В вегетационные сосуды с нефтешламами вносили кору и опад сосны из расчёта 10% масс., всё содержимое сосудов перемешивалось. Контролем служил вариант с нефтешламами без внесения коры и опада. Сосуды инкубировали в термостате при температуре 25°C, поддерживая влажность почвы на уровне 60% от полной влагоёмкости. Образцы для анализа отбирали через 3, 7, 14, 21, 30, 60, 90, 180 сут.

Параллельно изучалось естественное разложение нефтяных углеводородов в исследуемых образцах нефтешламов.

Также была исследована возможность проведения биоремедиации грунтового нефтешлама с использованием коры и опада хвойных деревьев (сосна) в полевых условиях (на полигонах). Опыт проводился в течение безморозного периода с мая по октябрь.

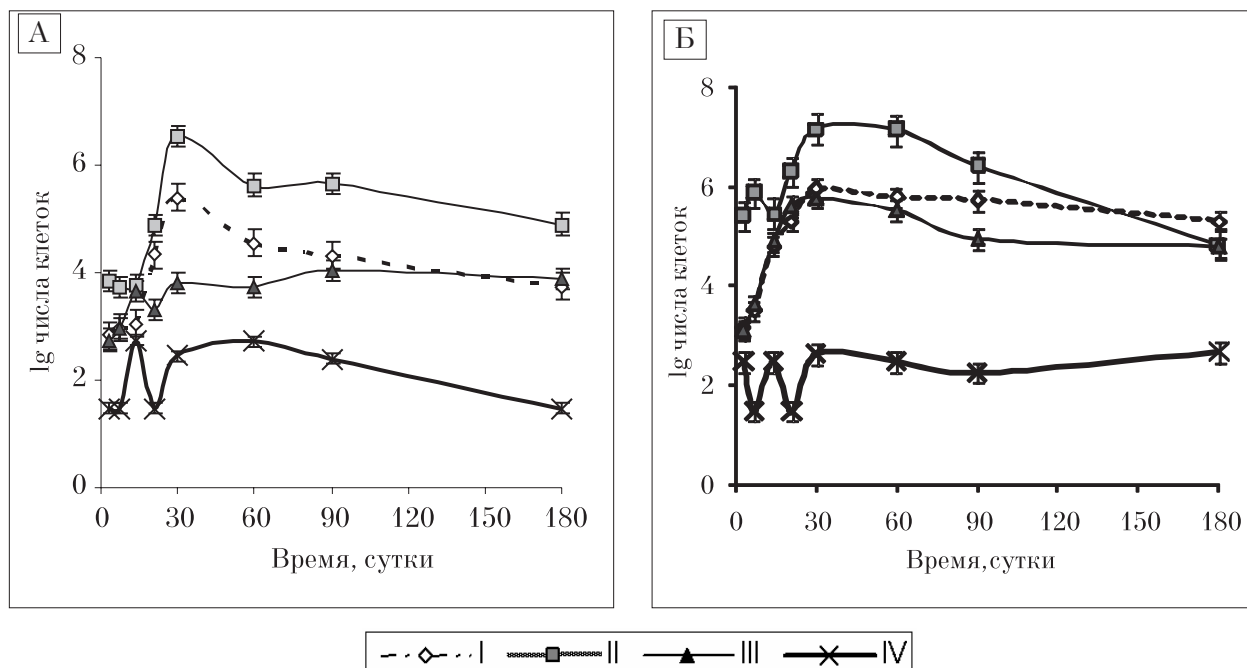


Рис. 1. Динамика численности углеородокисляющих микроорганизмов в нефтешламах I, II, III, IV в лабораторном эксперименте А – с добавлением сосновой коры; Б – с добавлением соснового опада

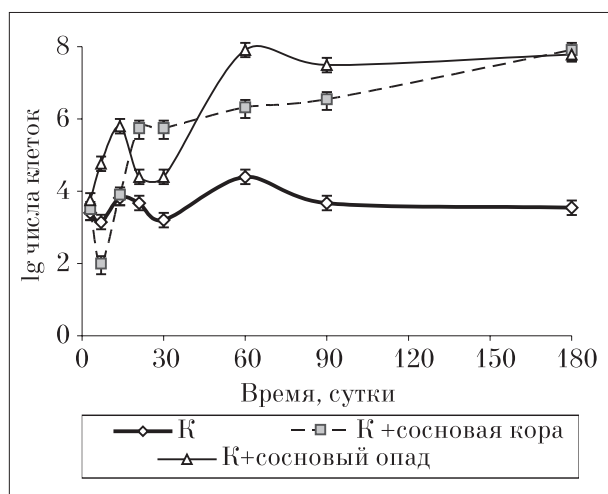


Рис. 2. Динамика численности углеводородокисляющих микроорганизмов нефтешлама II с внесением сосновой коры и опада в условиях полевого эксперимента

В качестве объекта использовали нефтешлам II. В шламонакопителе были оборудованы специальные площадки с обвалкой 3х3 м. В нефтешлам вносили кору и опад сосны обыкновенной из расчёта 10% масс. Контролем служил вариант без внесения коры и опада. Образцы для анализа отбирали через 3 сут., 1, 2 и 3 недели, 1, 2, 3, 6 месяцев после внесения коры и опада в шламонакопитель.

Критериями суждения о биологической активности исследуемых образцов служили следующие параметры: ферментативная активность, численность УОМ, фитотоксичность.

Активность липазы определялась по модифицированному нами методу К.А. Козлова с соавт. [6], каталазная активность определялась газометрическим методом [7]. Оценку степени фитотоксичности остаточных нефтепродуктов проводили по А.М. Гродзинскому [8] с помощью проростков редиса (*Raphanus sativus*), сорт Красный с белым кончиком. Степень зоотоксичности остаточных нефтепродуктов на разных стадиях биоремедиации оценивали, используя коллембол *Folsomia candida* [9]. Определение численности углеводородокисляющих микроорганизмов и видового состава грибов и бактерий, в том числе образцов ризосферы растений проводили в соответствии с общепринятыми методами [10]. Для учёта численности УОМ и оценки углеводородокисляющей активности микроорганизмов использовали модифицированный нами метод «нитроцеллюлозных фильтров», предложенный С.Б. Петрикевич с соавт. [11]. Определение содержания остаточных нефтепродуктов в почве проводили горячей экстракцией хлористым метиленом [12]. Статистическая обработка результатов производилась с применением программ Statistica V6.0., Microsoft Excel-2000.

Результаты и их обсуждение

Предположение об эффективности применения для рекультивации загрязнённых не-

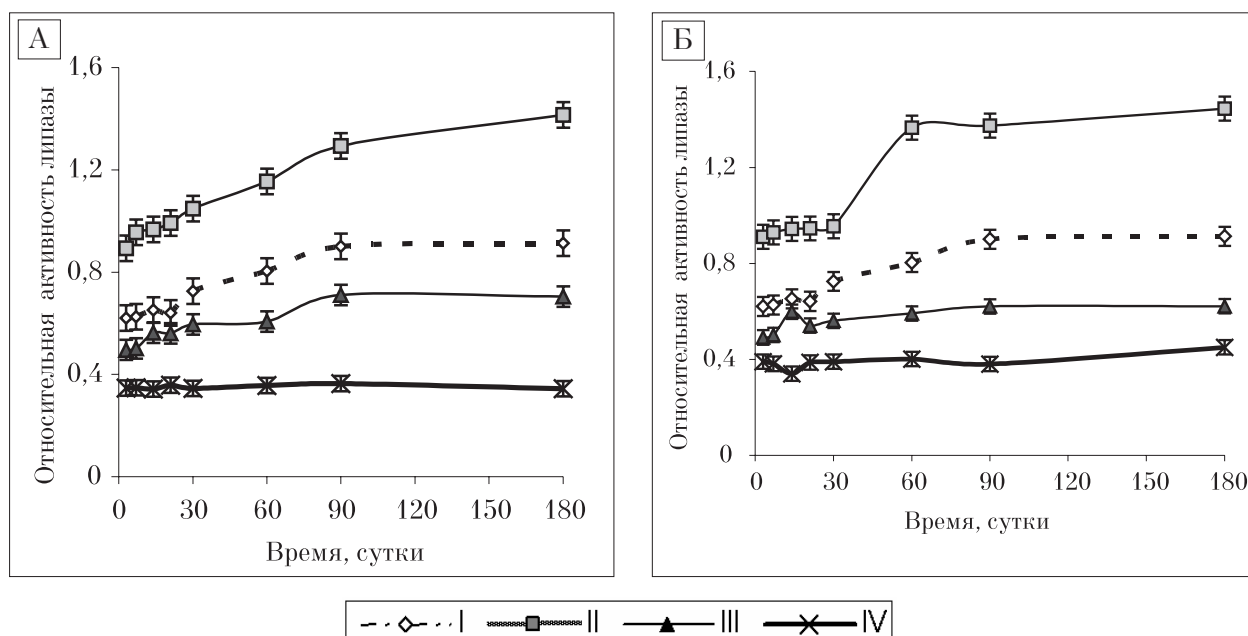


Рис. 3. Относительная активность липазы нефтешламов I, II, III, IV
А – с добавлением коры; Б – с добавлением опада хвой

фтью почв опада хвой сосны обыкновенной было сделано на основе анализа данных литературы [13, 14] и результатов собственных исследований [15, 16]. Согласно последним в образцах почвы, отобранной вблизи скважины, значительная часть которых была покрыта хвойным опадом, наблюдалась высокая численность УОМ и наибольшая ферментативная активность.

Перед постановкой лабораторного эксперимента была проведена экспресс-оценка биологической активности опада хвой. Получены следующие данные: численность УОМ – 10^5 КОЕ/г, липолитическая активность $12,1 \pm 0,08$ мл 0,1 Н КОН/г, выживаемость коллембол на гомогенизированной массе соснового опада составляла 100% с продолжительностью их жизни более 10 суток, фитотоксичность 25 УКЕ.

Для детоксикации нефтешлама нами была использована и кора хвойных деревьев. По данным литературы [14], кора хвойных обладает естественным микробным комплексом, адаптированным к природным смолам. Кроме того, Н.И. Гантимуровой с соавт. [13] показано, что под пологом хвойных лесов в почвы попадает значительное количество битумов. В гомогенизированной массе сосновой коры содержалось 10^5 КОЕ/г УОМ, её липолитическая активность составляла $11,3 \pm 0,12$ мл 0,1 Н КОН/г, выживаемость коллембол составляла 100% с продолжительностью жизни более 10 суток и фитотоксичность составляла 500 УКЕ.

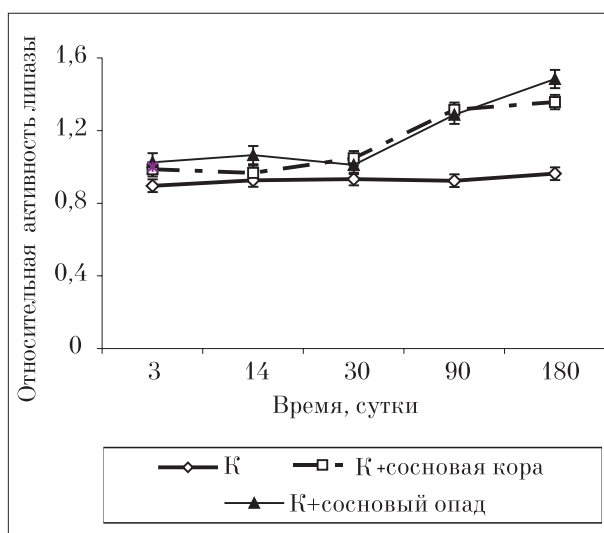


Рис. 4. Относительная активность липазы нефтешлама II в условиях полевого эксперимента

В лабораторных условиях через шесть месяцев после постановки опытов содержание остаточных углеводов в нефтешламах I и II составило 60 – 65% от исходного количества при добавлении сосновой коры и 50 – 55% в образцах с добавлением соснового опада. При содержании нефтяных углеводов в пределах 15% масс. на начало эксперимента, в результате биоремедиации произошла деструкция 30% углеводов. В IV нефтешламе произошло незначительное снижение содержания углеводов. Вероятно, в разложении углеводов принимают участие не только аборигенная микробиота нефтешлама, активизированная нами,

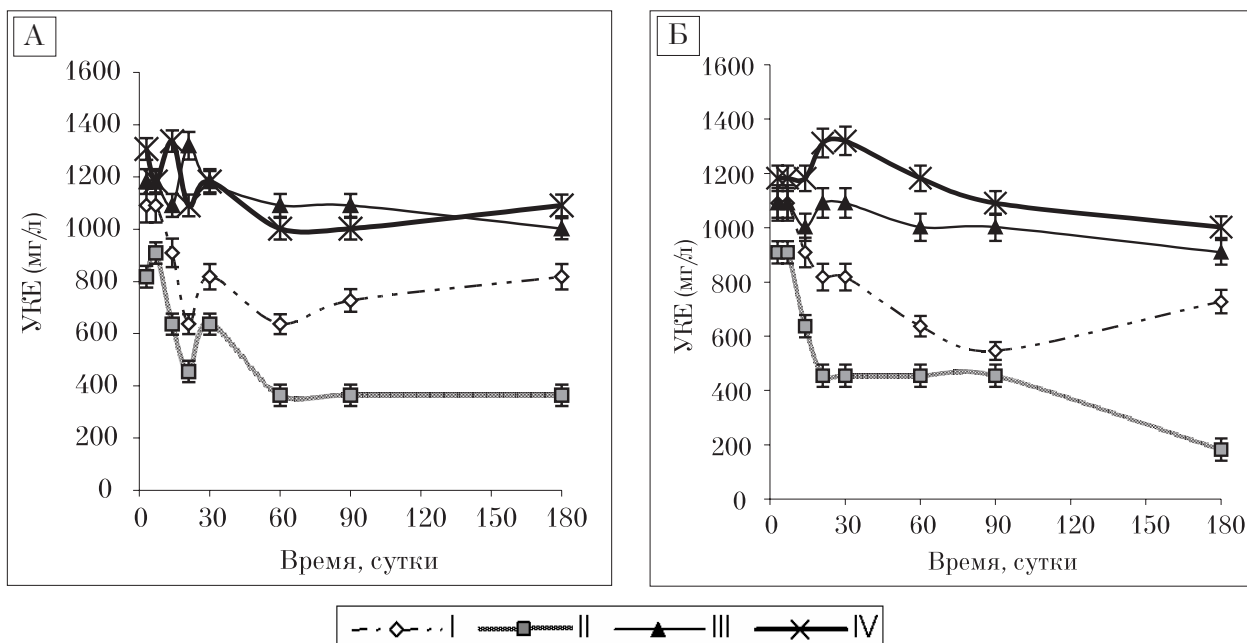


Рис. 5. Фитотоксичность образцов нефтешламов I, II, III, IV
 А – с добавлением сосновой коры; Б – с добавлением опада

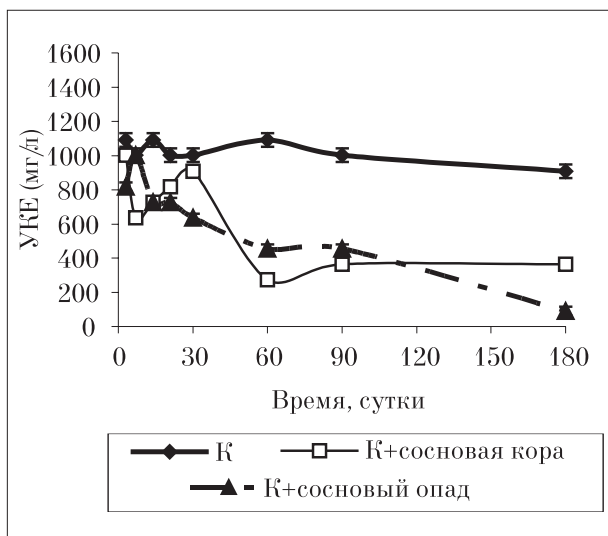


Рис. 6. Фитотоксичность нефтешлама II с внесением сосновой коры и опада по отношению к семенам редиса в условиях полевого эксперимента

но и микроорганизмы, входящие в состав этих рекультивирующих факторов.

Данные по содержанию остаточных нефтепродуктов в условиях шламонакопителя показали, что также происходило достоверное снижение содержания остаточных нефтепродуктов в образцах нефтешлама II с внесением растительных масс (до 70%).

Компостирование с растительными массами уже через месяц после начала эксперимента способствовало увеличению численности УОМ (рис. 1, 2). Углеводородокисляющие грибы были представлены видами *Fusarium sp.*, *Aspergillus fumigatus*, *A. niger*, углеводоро-

доксиляющие бактерии относились к родам *Pseudomonas* и *Rhodococcus*.

Активность липолитических ферментов в нефтешламах была низкой во всех образцах и коррелировала с концентрацией нефтяных углеводов ($r=-0,736$, при $p=0,95$).

В образцах нефтешламов, компостированных с корой и опадом хвои сосны, в течение лабораторного и полевого экспериментов было отмечено повышение активности липазы по сравнению с фоновыми (рис. 3, 4).

Таким образом, при внесении опада происходит более существенная интенсификация активности липазы, чем в образцах с внесением сосновой коры. По-видимому, микроорганизмы опада изначально обладают более мощным липолитическим ферментным комплексом.

Одним из критериев оценки степени очистки шлама является его токсичность, которая оценивалась методом биотестирования. Так, было отмечено, что необработанный нефтешлам обладал высокой токсичностью по отношению к ногохвосткам (*Folsomia candida*), что подтверждалось их высокой смертностью. Выживаемость коллембол в необработанных образцах не превышала 25%. Внесение растительных масс способствовало значительному (до 53,4%) снижению их смертности и увеличению продолжительности жизни (в 2-3 раза).

Фитотоксичность контрольных образцов на протяжении всего эксперимента оставалась высокой и составила до 100%

в нефтешламе IV. После проведённых биоремедиационных мероприятий токсическое воздействие нефтешламов на всхожесть семян редиса снизилось, что свидетельствует о деструкции токсичных компонентов. Всхожесть семян в образцах I и II увеличилась с 20% до 70%. Наименьшей фитотоксичностью обладали образцы с внесением соснового опада (рис. 5, 6).

На основании полевых и лабораторных исследований можно заключить, что при биоремедиации нефтешламов с использованием сосновой коры и опада происходило снижение фито- и зоотоксичности до 50% в течение 6 месяцев. При этом численность углеводородокисляющих микроорганизмов на протяжении всего эксперимента была значительно выше в рекультивируемых образцах по сравнению с контролем, что свидетельствует об активно протекающих процессах биодеградации углеводородов – основных компонентов нефтешлама.

Одновременно активность липазы в рекультивируемых образцах нефтешлама превышала значения контрольного варианта, что также является показателем интенсификации деструкции углеводородов и детоксикации компонентов нефтешлама. Повышение биологической активности нефтешламов и снижение их токсичности происходит быстрее и эффективнее в образцах, компостированных с опадом, чем в образцах с внесением сосновой коры.

Таким образом, используемый способ детоксикации твёрдых нефтешламов с применением коры и опада сосны является перспективным для использования в качестве первоначального этапа ремедиации. Дальнейшую очистку обработанного сосновой корой или опадом нефтешлама предполагается проводить с использованием фитомелиорантов.

Литература

1. Seitinger P., Baumgartner A., Schindl-Jbauer H. Die Ausbreitung von Mineral- und Kohlenwasserstoffkontaminationen im Untergrund // Erdol-Erdgas-Kohle. 1994. V. 110. № 5. P. 211-215.
2. Турковская А.В., Панченко Л.В., Муратова А.Ю., Дубровская Е.В., Позднякова Н.Н. Использование активного ила в процессах биоремедиации // Экобиотехнология: борьба с нефтяным загрязнением окружающей среды. Тез. докл. конф. Пушкино: ИБФМ РАН, 2001. С. 73-74.
3. Габбасова И.М. Дegradация и рекультивация почв Башкортостана. Уфа: Гилем, 2004. 284 с.

4. Гилаев Г.Г., Цыбин А.В., Карасева Э.В. Биологическая утилизация нефтешламов на производственных предприятиях ОАО «Роснефть-Термнефть» // Охрана окружающей среды при освоении углеводородных ресурсов. Матер. конф. М: НТО нефтехимиков и газовиков. 2004. С. 100-101.

5. Панченко Л.В., Дубровская Е.В., Плешакова Е.В., Турковская О.В. Рекультивация почвогрунтов, загрязнённых нефтепродуктами в условиях промплощадок: опыт in situ и ex situ // Проблемы биодеградации техногенных загрязнителей окружающей среды. Матер. междунар. конф. Саратов. 2005. С. 86-87.

6. Киреева Н.А., Тарасенко Е.М., Шамаева А.А., Новоселова Е.И. Влияние загрязнения почв нефтью и нефтепродуктами на активность липазы // Почвоведение. 2006. № 8. С. 1005-1011.

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

8. Гродзинский А.М., Юрчак Л.Д., Головкин Э.А., Панчук М.А., Шроль Т.С. Сравнительная оценка методов изучения аллелопатического почвоутомления // Фитотоксические свойства почвенных микроорганизмов. Л.: ВНИИСХМ, 1978. С. 53-64.

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

10. Методы почвенной микробиологии и биохимии / Под ред. Д.Г. Звягинцева. М.: Изд-во МГУ, 1991. 304 с.

11. Петрикевич С.Б., Кобзев Е.Н., Шкидченко А.Н. Оценка углеводородокисляющей активности микроорганизмов // Прикладная биохимия и микробиология. 2003. Т. 39. № 1. С. 25-30.

12. McGill W. B., Rowell M. J. Determination of oil content of oil contaminated soil // Sci. Total Environ. 1980. V 14. № 3. P. 245-253.

13. Гантимурова Н.И., Родынюк И.С., Гаджиева И.М. Вопросы метаболизма азота в дерново-подзолистых почвах со вторым гумусовым горизонтом // Вопросы метаболизма почвенных микроорганизмов. Новосибирск: Наука, 1981. С. 3-37.

14. Экология микроорганизмов / Под ред. А.И. Петрусова. М.: Изд. центр «Академия», 2004. 272 с.

15. Киреева Н.А., Шамаева А.А., Салахова Г.М. Видовое разнообразие углеводородокисляющих микроорганизмов в почвах Башкортостана при нефтяном загрязнении и их применение при рекультивации // Популяции в пространстве и времени. Сб. матер. VIII Всеросс. популяц. семинара. Н.Новгород. 2005. С. 145-146.

16. Шамаева А.А. Исследование процессов биоремедиации почв и объектов, загрязнённых нефтяными углеводородами. Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Уфа: ИБ УНЦ РАН, 2007. 23 с.

ВТОРОЙ СЪЕЗД МИКОЛОГОВ РОССИИ

С 16 по 18 апреля 2008 г. в Москве в Центральном Доме учёных состоялся 2-й съезд микологов России, который организовала и проводила Национальная академия Микологии. Между Первым, учредительным, и Вторым съездами микологов России прошло уже 6 лет. Количество (700 докладов и научных публикаций) и тематика докладов, представленных на съезде и охватывающая все разделы микологии, свидетельствуют о большом пути, проделанном российскими микологами за это время.

Увеличилось число научных, научно-производственных и учебных заведений, сотрудники которых или занимаются непосредственно грибами, или используют грибы для решения различных научных и практических задач. Широкое представительство – более 100 научных коллективов и сотни делегатов из всех регионов России, из ближнего и дальнего зарубежья сделали Второй съезд микологов крупнейшим междисциплинарным форумом учёных международного значения.

Открыл работу съезда председатель оргкомитета, академик РАН, профессор, заведующий кафедрой микологии и альгологии МГУ Юрий Таричанович Дьяков. В своём выступлении «Отечественная микология между съездами» Ю.Т. Дьяков охарактеризовал развитие отечественной микологии за 6 лет после Первого съезда микологов. Он особо отметил расширение сферы исследований грибов. Наряду с традиционными для России исследованиями в области биологического разнообразия грибов и грибов-агентов заболеваний растений, животных и человека, огромный пласт занимают работы в области биохимии, физиологии и биотехнологии грибов. При этом, как заметил докладчик, произошла смена акцентов в изучении разных групп грибов. Значительно выросло число исследований в области биохимии и биотехнологии высших базидиальных грибов при снижении количества работ, посвящённых аналогичным исследованиям микромицетов. Всё большее число исследователей начинают использовать молекулярные методы, которые дают возможность установить таксономический статус видов, сложных для определения традиционными методами, проводить быструю и точную диагностику отдельных видов, строить молекулярные филогении и решать многие другие проблемы молекулярной микологии.

Второй пленарный доклад, посвящённый традиционной тематике – изучению биоразнообразия грибов – был сделан ведущим научным сотрудником Ботанического института РАН профессором А.Е. Коваленко. Как отметил докладчик, процесс изучения филогении и биоразнообразия грибов является бесконечным. Использование современных молекулярных методов в систематике позволило сделать ряд интересных открытий и установить новый таксономический статус

некоторых видов. Например, на основании данных молекулярной систематики гастеромицеты оказались родственниками сыроежковых (сем. *Russulaceae*), а некоторые базидиомицеты, имеющие пластинчатый гимениофор, должны быть включены в состав рода *Boletus*, в который всегда входили грибы с губчатым гимениофором.

Полагают, что грибы по количеству видов являются второй группой организмов, уступая только насекомым, и, возможно, число их видов выражается цифрой в 1,5 миллиона. Изучение биоразнообразия грибов с каждым годом приводит к открытию новых видов, ранее не известных науке. В то же время в некоторых экосистемах микобиота исследована недостаточно. Особенно слабо изучены грибы и их симбиотические ассоциации с другими организмами в экосистемах морей и морских побережий. За последние 6 лет на Дальнем Востоке были описаны несколько новых видов грибов, ассоциированных с 5-ю видами морских губок. Ещё одним перспективным направлением является исследование эндофитных грибов, ассоциированных с высшими растениями. Эндофитные грибы играют значительную роль в экологии и эволюции растений. Под их влиянием происходит изменение генетической структуры растительных популяций.

Докладчик продемонстрировал карту России, на которой были показаны наиболее изученные в отношении грибного разнообразия территории. Хорошо изучены центральные, северо-западные и западные районы страны. В то же время северо-восточные районы Европейской части России, огромные территории Сибири и Дальнего Востока исследованы слабо. Перед микологами, изучающими биоразнообразие грибов России, лежит широкое поле деятельности, на котором их ожидает ещё много новых открытий.

В третьем пленарном выступлении академик РАСХН, директор Всероссийского НИИ контроля и стандартизации ветпрепаратов А.Н. Панин рассказал об успехах и перспективах развития ветеринарной микологии. Это сравнительно молодая область микологии, однако от её успехов зависит не только здоровье животных, но и человека. Докладчик кратко изложил историю развития этой науки в России и за рубежом, рассказал об успехах в области создания новых вакцин и сывороток против специализированных дерматофитов. Особенно была отмечена роль оппортунистических грибов в патогенезе микотических инфекций. В последнее время из-за ухудшения экологической обстановки проблема оппортунистических микозов приобретает всё большее значение.

После завершения пленарного заседания работа съезда была продолжена на секциях, посвящённых физиологии и биохимии грибов, экологии и охране гриб-

ных ресурсов, вопросам фитопатологии и микотоксинологии, культивированию съедобных грибов, грибным коллекциям, биотехнологии, медицинской микологии и т. д. Было представлено много интересных докладов по разным отраслям микологии. К сожалению, рамки данной статьи не позволяют осветить работу всех секций, поэтому остановимся на наиболее интересных докладах.

Стремительное развитие биологии и биотехнологии в начале XXI века для решения фундаментальных и прикладных задач требует снабжения исследователей не только чистыми культурами грибов, но и информационным сопровождением. Сохранение грибов *ex situ* является составной частью общей проблемы сохранения биологического разнообразия в дополнение к традиционному подходу – сохранению грибов в естественных местообитаниях. Проблеме развития коллекций грибных культур и созданию на их базе биологических ресурсных центров был посвящен доклад С.М. Озерской – куратора Всероссийской коллекции микроорганизмов ИФБМ РАН. Докладчик рассказала о разработке концепции развития Биологических ресурсных центров (БЦР), предложенной биотехнологическим подразделением Организации по экономическому содействию и развитию (ОЭСР). Биологические ресурсные центры – это существенная часть инфраструктуры, обеспечивающей развитие биотехнологии. Стандарты деятельности БЦР разработаны на основе опыта деятельности крупнейших биологических коллекций мира. Коллекции биологических ресурсов, получившие свидетельства национальной сертификации, могут стать членами Глобальной сети биологических ресурсных центров.

На съезде, в рамках секции «Культивируемые съедобные грибы», работала школа грибоводства. На ней можно было получить любую консультацию по технологическим вопросам выращивания съедобных грибов. Большинство докладов, представленных на секцию делегатами из России, Украины и Беларуси, были посвящены технологиям приготовления субстрата, т. к. это самый важный момент в производстве товарной продукции грибоводства. В докладе А.В. Хренова (*Школа грибоводства, Москва*) изложены история и перспективы развития грибоводства в России в сравнении с развитием этой отрасли в других странах мира. В докладе отмечалось, что грибоводство в России развито ещё очень слабо. По данным автора, в разных странах производится от 2,0 до 2,7 кг грибов в среднем на человека в год, а в России – только 0,1 кг. В мире культивируют около 30 различных видов грибов, а в России только 3 – традиционные: шампиньоны, вешенка и необычный для нашей страны гриб – шиитаке (*Lentinus edodes*). Причём во всём мире *Lentinus edodes* признан самым вкусным грибом, кроме того, он обладает противоопухолевой и иммуномодулирующей активностью, но в

России он не пользуется спросом, главным образом из-за отсутствия у населения доступной информации о свойствах этого гриба.

На секции «Грибы и экология человека» был сделан ряд интересных докладов о роли грибов в антропогенных экосистемах. В докладе А.В. Скобанева (*Пензенская ГСХА*) показана роль ксилотрофных базидиомицетов в накоплении тяжёлых металлов (ТМ) и видовая специфичность в аккумуляции ТМ плодовыми телами. Для оценки загрязнения окружающей среды ТМ автором предложено использовать как биоиндикаторы виды: *Auricularia mesenterica*, *Fomitopsis pinicola*, *Stereum hirsutum*, *Trichaptum abietinum*. Плодовые тела этих видов устойчивы к гниению и поеданию насекомыми, что делает их удобным объектом мониторинга окружающей среды. В докладах А.И. Ивановой (*МГУ*) и А.А. Широких (*НИИСХ Северо-Востока, Киров*) приведены данные о формировании сообществ микромицетов в городских экосистемах. Показано, что в урбанизёмах формируются грибные сообщества, отличные от ненарушенных почв сельской местности по присутствию, разнообразию и обилию грибов ряда эколого-трофических групп. В почвенных грибных сообществах газонов и городских парков идёт накопление микромицетов, потенциально патогенных для человека и животных. Видовому составу и распространению базидиомицетов на урбанизированных территориях посвящены работы А.А. Афанасьевой (*Воронежский госуниверситет*), Я.А. Шапорова (*Институт экспериментальной ботаники НАН Беларуси, Минск*).

Много интересных исследований было посвящено вопросам экологии грибов. Наряду с традиционным направлением изучения структуры и функций грибного комплекса в биогеоценозах были представлены доклады, в которых рассматривалась биоиндикационная роль грибов, их взаимоотношения с другими организмами в различных экологических нишах, а также микобиота экстремальных местообитаний. В докладе А.А. Гродзинской (*Институт ботаники НАН Украины*) приводятся данные по накоплению в плодовых телах базидиомицетов радионуклидов, в частности ^{90}Sr и ^{137}Cs . Применение макромицетов-биоиндикаторов является экспресс-методом для оценки риска употребления в пищу дикорастущих грибов и ягод на загрязнённых территориях. Определены биоиндикаторные виды базидиомицетов, широко распространённые в лесных экосистемах Украины, – *Xerocomus badius*, *Lactarius rufus*, *Paxillus involutus*.

Почвы, как правило, содержат полный набор патогенной и непатогенной микрофлоры, и всякие попытки сокращения численности патогенной микрофлоры в природных экосистемах малоэффективны. Оригинальная идея по вовлечению патогенных и непатогенных микромицетов в деструктивную деятельность по разложению лигно-целлюлозных органических субстратов

была предложена в работе О.В. Свиридовой с соавторами (*ВНИИ с-х микробиологии, Санкт-Петербург*). Применяя разработанную методику и используя комплекс микромицетов и бактерий, авторам удалось показать, что микроорганизмы, выполняя деструктивную функцию, не переключаются на биологическую атаку здоровых растений.

На самой большой секции, посвящённой фитопатогенным грибам, рассматривались традиционные направления взаимодействия фитопатогенов с растениями, методы молекулярной диагностики, микроорганизмы-антагонисты фитопатогенов, вопросы миграции фитопатогенных грибов и ареалы их популяций. Среди фитопатогенных микромицетов известны виды, способные не только поражать растения, но и вызывать микозы и микотоксикозы человека. Этой проблеме был посвящён доклад Т.А. Даниловой с соавторами «Фитопатогенные грибы и болезни человека» (*Технологический институт, ВНИИ защиты растений, Санкт-Петербург*). Поскольку первичными источниками распространения опасных для человека фитопатогенных грибов являются больные растения и сельхозпродукция, авторы рекомендуют обратить особое внимание на оздоровление фитосанитарной обстановки на сельскохозяйственных посевах. Также необходимо проведение углублённых работ по выяснению путей проникновения к человеку из окружающей среды фитопатогенов, условий развития их в человеческом организме и механизмов взаимоотношений в системе фитопатогенные грибы – животные и человек.

Мутуалистические взаимоотношения грибов и высших растений имеют давнюю эволюционную историю, и в настоящее время в природе наблюдается множество примеров этих взаимоотношений. Вопросам биологии эндо- и эктомикоризы, созданию искусственных симбиотических систем и их применению в сельском хозяйстве была посвящена секция «Симбиоз грибов и растений». Одним из аспектов мутуалистических взаимоотношений грибов и растений, который в последнее время привлекает внимание исследователей, являются грибы-эндофиты, постоянно присутствующие в тканях растений. Интерес исследователей к эндофитным грибам продиктован желанием использовать их для производства ростстимулирующих препаратов. Однако в последнее время опубликовано значительное количество работ, в которых вообще никакого эффекта эндофитных грибов на рост и развитие растений не выявлено. В докладе Е.Ю. Благовещенской (*МГУ*) «Эндофит – растение как сложная динамическая система» рассматриваются теоретические аспекты грибно-эндофитизма. Согласно теории, предлагаемой автором, эндофитный гриб в тканях растения может находиться в скрытом, латентном состоянии до тех пор, пока изменившиеся условия окружающей среды активизируют рост растения. Таким образом, ассоциация «эндофит – растение» представляет собой сложную дина-

мическую систему, которая очень лабильна и способна быстро реагировать на изменяющиеся условия среды. Физиологической и фитогормональной активности эндофитных грибов были посвящены и другие доклады: И.Н. Курченко и соавторы (*Институт микробиологии и вирусологии НАН Украины*), С.Н. Нагорный (*Институт физиологии растений и генетики НАН Украины*).

Проблемы и успехи медицинской микологии были рассмотрены на секциях «Дерматомикозы и кандидозы слизистых оболочек», «Биология дрожжей», «Опportunистические и инвазивные микозы», «Ветеринарная микология» и симпозиуме «Медицинская микология – проблемы национальной безопасности». Несмотря на большие успехи, которые были достигнуты в области медицинской микологии, в мире наблюдается рост грибковых заболеваний. Наиболее частыми этиологическими агентами являются дрожжевые грибы (роды *Candida*, *Malassezia*). Например, в США грибы *Candida* стали четвёртой по значимости причиной больничного сепсиса, невероятным образом опередив бактерию *Escherichia coli*. Большинство исследователей рост грибковых патологий связывают с общим снижением иммунитета, высокой адаптивной способностью грибов, неправильным применением антимикотиков. В рамках секции медицинской микологии были предложены новые проекты, финансируемые Национальной академией микологии:

1. Исследования эпидемиологии массовых грибковых заболеваний человека.
2. Создан интернет-сайт <http://www.gribok.ru>, реализующий идею перманентной противоэпидемической информационной компании.
3. Разработка ПЦР-зондов для определения главных возбудителей дерматофитии.
4. Издание книги «Атлас редких микозов. Микологические раритеты».

В перерывах между секциями состоялись презентации новых книг по вопросам микологии, которые изданы при поддержке и финансировании Национальной академии микологии. Это: «Введение в генетику грибов»; «Новое в систематике и номенклатуре грибов»; «Грибковые инфекции»; «Высшие базидиальные грибы: индивидуумы, популяции, сообщества»; «Каталог мицелиальных грибов» и другие. Все книги можно было приобрести, причём по ценам, существенно ниже номинальных.

Проведение такого мероприятия, каким является микологический съезд, было бы невозможно силами только одной академии без поддержки спонсоров, в качестве которых выступили крупные фармацевтические и медицинские компании – «Pfizer», «KRKA» «NOVARTIS», «Ratiopharm», «ПРОМОФАРМ», «Биотек», «Гленмарк Фармосьютикалз ЛТД». В фойе Центрального Дома ученых была организована экспозиция

фармацевтической продукции и медицинской техники, выпускаемой спонсорами.

Научные материалы съезда опубликованы во втором томе (тезисы 1-го съезда были опубликованы в 2002 г. в первом томе) тезисов докладов «Современная ми-

кология в России», представляющего собой солидное издание объёмом 547 страниц.

А.А. Широких

ГУ Зональный НИИСХ Северо-Востока

І ВСЕРОССИЙСКАЯ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ С МЕЖДУНАРОДНЫМ УЧАСТИЕМ «ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ДОСТИЖЕНИЯ В ПОЧВОВЕДЕНИИ, ЭКОЛОГИИ, СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ НА ПУТИ К ИННОВАЦИЯМ»

23 – 25 апреля 2008 года на факультете почвоведения МГУ им. М.В. Ломоносова проходила I Всероссийская научно-практическая конференция с международным участием «Фундаментальные достижения в почвоведении, экологии, сельском хозяйстве на пути к инновациям».

Председатель оргкомитета, член-корреспондент РАН, декан факультета почвоведения С.А. Шоба отметил, что инновации подразумевают трансформацию современных технологий в востребованный рынком продукт и задача конференции заключается в выявлении наиболее перспективных разработок, которые могут быть внедрены на практике и принести экономический эффект.

На конференции обсуждались проблемы переработки и утилизации бытовых и промышленных отходов, рекультивации и ремедиации загрязнённых и деградированных почв, повышения плодородия почв и урожайности сельскохозяйственных культур, мониторинга и нормирования качества почв, а также технологии почвенного конструирования. Широкий тематический спектр докладов обеспечил интерес к конференции учёных из разных регионов России. В частности, с докладом о перспективах использования торфогуминовых удобрений выступил В.И. Голов из Владивостока, использованию методов биотестирования для оценки

качества окружающей среды были посвящены доклады П.Ю. Галицкой из Казанского университета, В.А. Тереховой из МГУ, С.В. Пятковой из Обнинского государственного технического университета атомной энергетики, интересный доклад о почвенных конструкциях представил Е.В. Шеин из Московского университета.

В рамках конференции проводился молодежный научно-инновационный конкурс («УМНИК»), в котором было заявлено 17 докладов. Тематика представленных работ была очень разнообразной. Особенно высокий уровень докладов показали студенты Московского университета, одной из лучших признана работа И.З. Ибатуллиной «Создание микробиологического препарата для проведения рекультивации нефтезагрязнённых засоленных почв». Ряд докладов был посвящён проблеме утилизации и использования отходов. Большой интерес у аудитории вызвала работа студентов Вятской государственной сельскохозяйственной академии А.В. Крупина и Т.Т. Мамурова «Пути использования и методы применения после-спиртовой барды».

По материалам конференции опубликован сборник, включающий более 200 тезисов.

*Е.В. Дабах,
Вятская ГСХА*

XIV МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ «ОБРАЗОВАНИЕ В ИНТЕРЕСАХ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ»

В рамках программы Российского Зелёного креста «Экологическое образование и просвещение» 1 – 3 июля 2008 г. в Великом Новгороде состоялась XIV Международная конференция «Образование в интересах устойчивого развития».

Соучредителями конференции выступили Общественная палата России, Международный Зелёный крест, Швейцарский Зелёный крест, ОАО «Акрон», Социально-экологический союз и Российский экологический конгресс.

Информационная поддержка была представлена газетами «Природно-ресурсные ведомости», «Учительская газета», «Берегиня», «Зелёный мир», журналом «Экос» и другими.

В конференции приняли участие более 120 человек из 23 регионов России, а также Беларуси, Украины, Швейцарии, Норвегии, Германии, Италии – 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.

В ходе конференции проведено 4 пленарных заседания, 2 секции, 3 Круглых стола и мастер-класс.

Тематика секций:

1. Положительный опыт осуществления ОУР в системе формального и неформального образования.

2. Здоровая окружающая среда и здоровье населения (экологический, социальный, медицинский и образовательный аспекты).

Обсуждаемые проблемы на Круглом столе:

- Просвещение в области возобновляемых источников энергии и энергосбережения
- Вода для жизни: устойчивое водопользование и проблемы просвещения
- Роль библиотек в обеспечении населения экологической информацией
- Организована работа мастер-класса по теме: «Имитационные игры по проблемам устойчивого развития»

Ключевыми вопросами на конференции стали:

- взаимообусловленность экологической безопасности и качества жизни людей;
- проблема экологической этики в науке и образовании;
- концептуальные основы образования в интересах устойчивого развития и показатели его эффективности;
- соотношение экологического образования и образования для устойчивого развития в современных условиях;
- обновление содержания образования за счёт использования надпредметных программ в области ОУР;
- инновационные педагогические технологии развития культуры устойчивого развития как синергетического эффекта интеграции культур экологической, экономической и социальной (для школьников, студентов, педагогов);
- экологическое образование как решение проблемы социального неблагополучия детского и взрослого населения;
- социальное партнерство организаций, заинтересованных в результатах образования;

- новые технологии в решении экологических проблем (энергоэффективность, рациональное водопользование, утилизация твёрдых бытовых отходов) и проблемы просвещения населения.

Секция 1. Положительный опыт осуществления ОУР в системе формального и неформального образования.

В выступлениях в контексте идеологии устойчивого развития были рассмотрены вопросы трансформации содержания экологического образования, организации внешкольного экологического образования, способы экологизации вузовского образования, а также представлен анализ форм экологического просвещения населения.

Отмечено, что в целом в России состояние экологического образования не отвечает интересам населения и не соответствует мировым тенденциям в данной области. Особенно катастрофическая ситуация в области экологического образования создалась в последние годы. В государственных стандартах образования экологическим знаниям уделяется всё меньше и меньше внимания. По сути, открывается путь к экологической безграмотности населения. Такое положение свидетельствует о некомпетентности людей, отвечающих за методологию, содержание, организацию образования в масштабах страны.

Именно поэтому с большим энтузиазмом была встречена информация об Указе Президента России от 4 июня 2008 г. № 889 «О некоторых мерах по повышению энергетической и экологической эффективности российской экономики», в одном из пунктов которого говорилось о необходимости включения основ экологических знаний в государственные образовательные стандарты России. Это новое обстоятельство, по мнению большинства участников, ставит ряд нетривиальных инновационных задач перед экологическим образованием.

Итогом работы секции стали следующие предложения:

- активизировать деятельность общественных организаций в инициировании новых государственных программ в области реформирования образования в интересах устойчивого развития;
- содействовать распространению системы мотивационных факторов, повышающих интерес у учащихся и студентов к экологическим знаниям и экологической деятельности;
- организовать на следующей конференции секцию правовых основ экологического образования для устойчивого развития;
- обратить особое внимание на экологическую терминологию, смысл и значение основных понятий теории устойчивого развития;
- распространить во все регионы России правовое регулирование экологического образования, содействовать принятию региональных законов об экологическом образовании и просвещении;

- считать экологические олимпиады составной частью экологического образования, их проведение обязательным во всех регионах России;
- распространять опыт использования механизмов социального партнерства в организации экологического образования и просвещения;
- рекомендовать Министерству образования и науки России в ближайшие годы включить в федеральный компонент содержания школьного образования предмета «Экология России и устойчивое развитие».

Секция 2. Здоровая окружающая среда и здоровье населения (экологический, социальный, медицинский и образовательный аспекты)

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.

На секции была развёрнута широкая дискуссия о новых подходах и формах вовлечения общественности в разрешение экологических конфликтов, повышения экологической культуры и сохранения здоровья граждан, особенно детей и молодых матерей.

Было предложено:

- организовать в регионах общественный и профессиональный контроль состояния здоровья детей и качества медицинского обслуживания детей и молодых родителей;
- 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.

Наибольшую остроту получил важнейший вопрос – отношение государств и, в первую очередь, граждан к природным ресурсам. Отмечено, что основные усилия должны направляться на обеспечение воспроизводства возобновляемых и экономное использование невозобновляемых природных ресурсов на основе проведения ре-

сурсосберегающей политики. В этой связи необходима широкая просветительская работа среди населения в области рационального использования, сбережения и защиты природных ресурсов. Для обсуждения на конференции были выбраны водные и энергетические ресурсы.

Круглый стол «Просвещение в области возобновляемых источников энергии (ВИЭ) и энергосбережения»

Участники Круглого стола обсудили опыт неформального образования в области энергоэффективности, состояние энергоэффективности в России, проблемы и потенциал развития энергосбережения в регионах России, а также пути реализации Указа Президента России от 4 июня 2008 г. №889, направленного на обеспечение рационального и экологически ответственного использования энергии и энергетических ресурсов.

Участники Круглого стола предложили ряд **практических шагов** по реализации Указа Президента и считают необходимым:

1. В сфере образования:

Министерству образования и науки России:

1.1. При переработке стандарта образования и включении дисциплины «Основы экологических знаний» в общеобразовательный процесс особый акцент сделать на проблеме изменения климата, роста выбросов парниковых газов и энергетическом кризисе, а также на формировании у подростков мотивации к личным действиям для повышения энергоэффективности и разумного энергопотребления.

1.2. Для развития школьного образования по теме рационального ресурсо- и энергопотребления использовать имеющийся опыт как государственных и образовательных структур, так и общественных организаций:

- результаты и ресурс работы российских общественных организаций в международном образовательном проекте SPARE (ШПИРЭ – школьный проект использования ресурсов и энергии), включая учебное пособие «Энергия и окружающая среда» для средней школы, Всероссийский конкурс школьных проектов энергосбережения, сеть 600 российских учителей и общественных организаций из всех 7 федеральных округов России, участвующих в проекте (www.spareworld.org);
- поддержать на уровне Министерства образования Всероссийский конкурс школьных проектов энергоэффективности «Энергия и среда обитания»;
- учредить региональные и федеральную выставки школьных проектов энергоэффективности, разрабатываемых в рамках проекта SPARE/ШПИРЭ;
- Министерству образования использовать результаты проекта Министерства образования

и науки, реализованного в 2002 – 2006 годах при поддержке ГЭФ/ПРООН «Внедрение экономических эффективных мер энергосбережения в российском образовательном секторе», включая:

- учебное пособие «Энергосбережение» для факультатива 8 класса, одобренное Министерством образования в 2005 г;
- учитывая, что потенциал энергосбережения в российских школах составляет 5 млн. условного топлива в год, оцененный потенциал энергосбережения в школах Северо-Запада России и выработанные рекомендации по повышению энергоэффективности за счёт простых мер утепления окон и совершенствования систем отопления в школах.

1.3. Рекомендовать введение факультатива и элективных курсов по теме «Энергосбережение», интегрировать эту тему в курсы основных предметов естественнонаучного цикла.

1.4. Включить вопросы энергоэффективности в курсы повышения квалификации педагогических кадров.

1.5. Использовать современные технологии образования и повышения квалификации для образования в области энергетики и устойчивого развития.

1.6. Создавать и развивать в университетах кафедры энергоэффективности, энергосбережения, возобновляемых источников энергии.

2. В сфере энергоэффективности:

2.1. Министерству образования и науки России совместно с региональными органами власти подготовить и внедрять региональные программы повышения энергоэффективности школ.

2.2. Правительству Российской Федерации и компаниям обратить внимание энергетических компаний России на необходимость содействия просветительской деятельности в области энергоэффективности.

2.3. Региональным органам власти создать фонды отчисления от энергетического и другого бизнеса для финансирования просветительских программ и проектов неформального образования и просвещения населения в области энергоэффективности и энергосбережения, осуществляемого общественными и некоммерческими организациями.

2.4. Правительству РФ доработать энергетическую стратегию России в части развития энергосберегающих и энергоэффективных технологий в хозяйственной деятельности и системе жизнеобеспечения населения.

3. В области практических мер внедрения энергосбережения и возобновляемых источников энергии (ВИЭ):

3.1. Правительству РФ провести корректировку Энергетической стратегии России в части:

- ускоренного развития возобновляемой энергетики для достижения приемлемого уровня в общем балансе энергетики страны (например, 10% к 2020 году);
- децентрализации энергоснабжения и преимущественного развития ВИЭ в отдалённых районах страны, в сельских регионах, включая переориентацию сельхозпроизводства на энергоснабжение за счёт переработки органических отходов и других ВИЭ;
- снижения выбросов парниковых газов за счёт замещения использования ископаемых невозобновляемых источников энергии возобновляемыми источниками;
- создание региональных программ исследования местного ресурса возобновляемой энергии;
- создание программ диверсификации источников энергии для регионов с преимущественным использованием местных ВИЭ;
- развитие конкурентной среды энергопроизводителей.

3.2. Правительству РФ разработать Федеральный закон о возобновляемой энергетике и пакет нормативных документов, обеспечивающих правовую базу, налоговые и другие экономические инструменты, и механизмы участия общественности, способствующие её развитию.

3.3. Правительству РФ обеспечить организацию системных и комплексных исследований по развитию возобновляемой энергетики в России, включая не только инженерно конструкторские разработки, но и социально экологический анализ их внедрения.

3.5. Включать строительство объектов с энергообеспечением от ВИЭ в документы стратегического планирования ведомств и компаний.

4. Участники Круглого стола рекомендуют конференцию незамедлительно обратиться:

- к Правительству Москвы с обращением о недопустимости массированного строительства на территории Москвы мусоросжигательных заводов. Технологии мусоросжигания не могут рассматриваться как источники альтернативной энергии, так как являются чрезвычайно опасными для населения;
- к Правительству России о недопустимости проектирования и строительства социально и экологически опасной Эвенкийской ГЭС на Нижней Тунгуске.

Круглый стол «Вода для жизни: устойчивое водопользование и проблемы просвещения»

В работе Круглого стола приняли участие представители 14 общественных, учебных и государственных организаций из 8 регионов России, Белоруссии, Украины.

Дискуссия была посвящена развитию общественных инициатив и общественного участия в решении местных экологических проблем, координации действий экологических групп и различных групп населения в решении общих проблем сохранения бассейнов рек, планированию и проведению совместных проектов и акций, образованию населения в отношении сохранения водных ресурсов.

По итогам Круглого стола приняты следующие рекомендации:

- разместить на сайтах Российской сети рек (РСР) и Российского Зелёного Креста (РЗК) материалы и информацию по выступлениям участников Круглого стола, включая методические издания, обзоры положительного опыта работы и отчёты;
- распространить и расширить опыт проведения работ по мониторингу водных объектов силами школьников и молодёжи;
- особое внимание уделять таким водоёмам городов и других поселений, которые в настоящее время можно отнести к разряду бесхозных;
- активизировать усилия общественности по мониторингу подземных вод, родников, в частности индивидуальных скважин, провести их инвентаризацию;
- пропагандировать через систему образования понятие «Живая вода для жизни».

В адрес Федерального агентства водных ресурсов РФ и других органов государственной власти:

- разработать и реализовать программу мер по просвещению водопользования и охране вод;
- обобщить и распространить положительный опыт по охране рек и других водных объектов;
- ввести в практику проведение региональных и местных круглых столов «Сохранение водных объектов силами общественности» с привлечением руководителей учреждений культуры, образования, экологии, Роспотребнадзора и др.;
- поддержать инициативу проведения в 2009 г. в Нижнем Новгороде очередного Международного молодёжного водного парламента; предварительно провести Всероссийский молодёжный водный парламент;
- провести национальную общественную дискуссию по вопросам влияния плотин на жизнь людей и экосистемы;
- создать водный календарь, включающий ключевые данные о воде (дни рек и др. водных объектов, даты о реках и т. п.);
- организовать выставку, конкурс общественных методик (включая культурно-художественные сценарии), мероприятий образовательной и просветительской работы на водных объектах;

- разработать программы учебных практик для учащихся, воспитанников детсадов, студентов и населения (гидрологических, ботанических, геологических, экологических и других);
- внедрять вопросы экологической этики в практику просветительской и образовательной деятельности;
- разработать психологические рекомендации для обобщения экологического образования (с местными жителями в бассейне водоёма, отдыхающими на берегах водоёмов, местными властями, природопользователями);
- разработать методические рекомендации по подготовке учебных циклов экологического образования для представителей бизнес-структур, органов исполнительной и законодательной власти по охране и восстановлению водных объектов;
- продолжить традиции проведения межрегиональных акций;
- провести инвентаризацию планов строительства крупных природообразующих программ и проектов и обнародовать сводный перечень таких планов.

Круглый стол просит конференцию принять отдельное обращение в отношении опасности реализации планов строительства крупных водохозяйственных объектов: Эвенкийской ГЭС, подъёма уровня Чебоксарской ГЭС.

Круглый стол «Роль библиотек в обеспечении населения экологической информацией»

Основными участниками Круглого стола стали ведущие и сотрудники областной (Новгородской) и районных библиотек.

Отмечено, что на современном этапе всё шире становится участие библиотек в федеральных и региональных мероприятиях экологической тематики, кроме того, они сами часто выступают инициаторами и организаторами таких мероприятий.

Участники конференции предложили комитету по охране окружающей среды и природных ресурсов Новгородской области более оперативно издавать сборник «Обзор состояния природной среды Новгородской области», предоставлять экологическую статистику по области и России на сайте комитета.

Также было обращение к Российскому Зелёному Кресту включить региональные библиотеки в перечень организаций, получающих на безвозмездной основе документы на традиционных и электронных носителях информации по вопросам экологии.

*В.М. Назаренко, д.б.н.,
вице-президент РЗК, г.Москва
Т.Я.Ашихмина, д.т.н.,
профессор, г. Киров*

ОБЩЕСТВЕННЫЙ ФОРУМ-ДИАЛОГ «ВЫПОЛНЕНИЕ РОССИЕЙ КОНВЕНЦИИ О ЗАПРЕЩЕНИИ ХИМИЧЕСКОГО ОРУЖИЯ: СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ К КОНЦУ 2008 ГОДА»

28 – 29 октября 2008 года в Москве состоялся Общественный форум-диалог «Выполнение Россией Конвенции о запрещении химического оружия: состояние и перспективы к концу 2008 года». Организатором форума выступил Международный Зелёный Крест и Российский Зелёный Крест.

В Форуме приняли участие представители регионов России, в которых располагаются объекты хранения и уничтожения химического оружия: представители департамента по вопросам безопасности и разоружения МИД России, Федерального управления по безопасному уничтожению химического оружия, органов исполнительной власти, главы местных администраций, научных и производственных организаций, общественные экологические организации, а также представители иностранных государств, участвующих в процессе уничтожения ХО (США, Канада, Великобритания, Германия, Швейцария), а также СМИ.

Кировскую делегацию на 10-м Международном форуме представляли: президент Кировского отделения Российского Зелёного Креста Т.Я. Ашихмина, начальник управления конвенциональных проблем администрации Правительства Кировской области М.Г. Манин, глава Котельничского района С.И. Мартыанов, глава Оричевского района В. Ф. Смирнов, начальник группы по работе и связям с общественностью войсковой части 21228 (п. Мирный) В.А. Фёдоров, директора Кировского и Мирнинского информационно-аналитических центров Российского Зелёного Креста И.А. Жуйкова и П.А. Филёв.

Открыв юбилейный 10-й форум-диалог, президент Российского Зелёного Креста Сергей Иванович Барановский отметил, что такие форумы – это уникальная возможность собраться вместе всем сторонам, заинтересованным в процессе безопасного уничтожения ХО, – представителям районов уничтожения химического оружия, руководителям регионов, представителям федеральных ведомств, средствам массовой информации и поделиться опытом реализации ФЦП «Уничтожение химического оружия в РФ», проблемами, новыми подходами в решении вопросов безопасного уничтожения химического оружия.

С докладом «Роль ОЗХО в уничтожении химического оружия и важность продолжения усилий по уничтожению ХО в странах, имеющих это оружие» выступил директор специальных проектов Организации по запрещению химического оружия (ОЗХО) Хржиштоф Патурай. В своём выступлении он отметил, что в апреле 2008 г. состоялась вторая конференция стран ОЗХО.

К настоящему времени Албания полностью уничтожила запасы ХО, Индия – 97%, Россия – 30%. В рамках конференции Россия подтвердила свои обязательства уничтожить химическое оружие до 2012 года. Докладчик заметил, что ОЗХО надеется на выполнение странами своих обязательств в рамках программы по уничтожению ХО, несмотря на финансовый кризис.

Начальник научно-технического центра Федерального управления по безопасному хранению Андрей Владимирович Шевченко рассказал о ходе реализации ФЦП в регионах России, где хранится и уничтожается ХО. В России уже уничтожено 11700 тонн отравляющих веществ. Была представлена информация по всем 7 объектам уничтожения химического оружия: в п. Горный Саратовской области закончен процесс уничтожения ХО; в п. Камбарка (Республика Удмуртия) уничтожено 97% ОВ; в сентябре 2008 г. начался процесс уничтожения ХО в п. Леонидовка Пензенской области; в п. Щучье Курганской области начата наладка оборудования, и в ближайшее время планируется начать уничтожение ОВ. Отмечено, что в п. Марадьковский Кировской области проводятся плановые работы по термической обработке корпусов боеприпасов и продолжается строительство второй очереди ОУХО для уничтожения других фосфорорганических веществ – зарина и замана. Региональными Центрами государственного экологического контроля и мониторинга в 2008 г. проведено более 22 тыс. анализов компонентов природной среды. Было отмечено, что Российская Федерация увеличила финансирование программы на 4,8 млрд. руб. за счёт того, что сократилась доля международной помощи.

Пауль Уолкер, директор программы «Legacy» (Global Green, США), рассказал об итогах и перспективах химического разоружения США к концу 2008 г. Он напомнил, что программа уничтожения химического оружия в США начала действовать в 1990 г., ещё до подписания Конвенции о запрещении ХО. В Соединённых Штатах существует 9 мест хранения ХО, которые расположены в 6 штатах. К концу 2008 г. в США уничтожено 15,5 М.Т. (метрических тонн), что составляет 57% от имеющихся запасов. Пауль Уолкер отметил, что США уже потратила на уничтожение ХО порядка 12 млрд. долларов, и в связи с тем, что в настоящее время финансирование проекта обеспечивается не полностью, Конгресс США принял решение закончить уничтожение ХО только к 2017 г.

Другие зарубежные представители стран-участниц Программы глобального партнёрства – Джеймс

Харрисон (Министерство обороны, Великобритания), Коллин Пайгин (Канада), Стефан Зипен (Германия), Ханс-Руди Боргис (Швейцария) рассказали о помощи их государств в реализации и выполнении программы уничтожения ХО в России.

Об обеспечении экологической безопасности уничтожения ХО в регионах с докладами выступили представители делегаций всех регионов, где уничтожается или планируется уничтожение ХО.

Представители Кировской области свои выступления посвятили вопросам выполнения Федеральной целевой программы «Уничтожение запасов химического оружия в Российской Федерации» на территории Кировской области (М.Г. Манин), информационному и научному сопровождению системы государственного экологического контроля и мониторинга на объекте «Марадыковский» (Т.Я. Ашихмина), реализации системы экологического воспитания населения, проживающего и работающего в зоне защитных мероприятий объекта УХО (С.И. Мартянов), работе с населением и общественными организациями группы по работе и связям с общественностью в/ч 21228 по информационному обеспечению ФЦП «Уничтожение запасов химического оружия в Российской Федерации» (В.А. Фёдоров).

В рамках конференции прошли Круглые столы «Уроки химического разоружения в России» и «Про-

блемы здоровья населения регионов хранения и уничтожения химического оружия». На Круглом столе по «Проблемам здоровья населения» представители ФМБА РФ, Детской клинической больницы №38 Федерального медико-биологического агентства РФ, НИИ гигиены профпатологии и экологии человека (С.-Петербург), Ижевской государственной медицинской академии рассказали о медико-санитарном сопровождении работ при уничтожении ХО, охране персонала объектов по уничтожению ХО, оценке состояния здоровья детей и подростков, проживающих в ЗЗМ объектов, системе и результатах медицинского обследования граждан, проживающих в ЗЗМ ОУХО, и др.

На форум-диалоге Федеральным управлением по безопасному хранению и уничтожению ХО была организована фотовыставка, на которой были представлены фотоработы, посвящённые процессу уничтожения ХО в Российской Федерации.

*Т.Я. Ашихмина, д.т.н., профессор,
зав. лабораторией биомониторинга Института биологии Коми НЦ УрО РАН и ВятГГУ,
президент Кировского отделения РЗК
И.А. Жуйкова, к.г.н., доцент кафедры
географии ВятГГУ,
директор Кировского ИАЦ РЗК*

ФЛОРА ВЯТСКОГО КРАЯ. ЧАСТЬ 2. ВОДОРОСЛИ (ВИДОВОЙ СОСТАВ, СПЕЦИФИКА ВОДНЫХ И ПОЧВЕННЫХ БИОЦЕНОЗОВ)*

Спустя год после появления первой части монографии «Флора Вятского края», посвящённой высшим растениям (автор Е.М. Тарасова), вышла вторая часть этого уникального издания, подготовленная в соавторстве Л.В. Кондаковой и Л.И. Домрачевой – ведущими учёными-альгологами, посвятившими этот труд памяти своего учителя Эмилии Адриановны Штиной. Положительным моментом рецензируемой книги является впервые предпринятая попытка объединить в ней обширный массив информации по видовому, таксономическому и экологическому разнообразию водорослей почв и водоёмов Кировской области с достаточно разрозненными данными по биоиндикационным возможностям альгофлоры при антропогенных воздействиях. Именно эта особенность книги в сочетании с чётким сжатым изложением большого по объёму материала выдвигает её в число изданий, необходимых широкому кругу биологов разных направлений.

Авторы справедливо отмечают, что альгофлора почв и водоёмов Кировской области изучена более детально, чем в других регионах России. Это связано с тем, что альгологическими исследованиями в области более шестидесяти лет руководила заслуженный деятель науки РФ, профессор Эмилия Адриановна Штина. Созданная ею научная школа почвенных альгологов – наиболее авторитетная в мире и имеет уникальный банк данных по видовому составу водных и почвенных водорослей.

Работа состоит из 5 глав. В первой главе содержатся сведения об истории альгологических исследований в вятском крае, проведённых Э.А. Штиной и Кировской научной школой: Л.С. Балезиной, Е.А. Бусыгиной, Л.И. Домрачевой, Т.А. Ельшиной, Л.В. Кондаковой, Р.М. Куликовой, О.М. Малышевой, Г.И. Марковой, Л.Б. Негановой, К.А. Некрасовой, Т.С. Носковой, Е.М. Панкратовой, Г.Н. Перминовой, Г.И. Помеловой, А.Н. Третьяковой. Отмечается, что за период с 1952-го по 2007 год альгологами Кирова опубликовано более 1000 научных статей. В 1966, 1972, 1977, 1980 годах в Кирове проведены Всесоюзные конференции, привлёкшие большое число участников со всей страны. С 2003 года в рамках всероссийской школы «Актуальные проблемы регионального экологического мониторинга», проводимой ежегодно на базе ВГГУ, работают секции, посвящённые альгологическим проблемам. Выделены новые и наиболее важные в теоретическом и практическом плане направления.

Далее следуют методы изучения водорослей пресноводных водоёмов, почвы и методологические аспекты изучения «цветения» почвы, полезные и важные для дальнейших альгологических исследований.

Вторая глава посвящена флоре пресноводных водорослей. В ней собраны и систематизированы материалы, полученные с 1935-го по 1997 год Э.А. Штиной с сотрудниками при обследовании реки Вятки и её притоков, озёр Чваниха, Шайтан, ряда искусственных водоёмов (водохранилищ, прудов, мелиоративных каналов, отстойников сточных вод и т. д.) на территории Кировской области. Описана биология и экология видов водорослей – доминантов пресноводных экосистем. Для каждого представителя альгофлоры авторы приводят таксономию, диагноз и указывают места обнаружения на территории области. Описания сопровождаются оригинальными рисунками водорослей, выполненными Л.В. Кондаковой.

Третья глава открывается описанием биологических особенностей почвенных водорослей. Далее приводится характеристика основных отделов и некоторых доминантных видов. Количественные показатели биомассы и продукции позволяют судить о вкладе отдельных видов и популяций в процесс почвообразования и повышения плодородия в разных экосистемах. Авторские рисунки водорослей, выполненные Л.В. Кондаковой, несомненно, будут полезными при определении видов, что делает возможным использование монографии в качестве определителя.

Дан обобщающий анализ альгофлоры всех типов почв Кировской области. Приведены результаты по изучению видового состава, численности и биомассы водорослей в лесных, луговых и болотных экосистемах. Всесторонне анализируется феномен «цветения» почвы, обусловленный массовым развитием водорослей и цианобактерий из внутрипочвенного пула.

Выделена особая роль тех видов водорослей, которые являются доминантами-эдификаторами в почвенных альгоценозах.

Влияние агрогенных факторов на видовой состав и структуру альгоценозов анализируется в четвёртой главе монографии. С использованием синэкологических показателей авторы убедительно показывают «отклик» почвенных водорослей на различные виды обработки почвы, мелиорацию, удобрения, пестициды, севообороты, заключающийся в изменении структуры и разнообразия сообществ, их численности

*Книга вышла в свет в рамках реализации областной целевой программы «Экология и природные ресурсы Кировской области» при поддержке Управления охраны окружающей среды и природопользования Кировской области

ти и биомассы. На основании результатов работ различных исследователей сделано заключение, что окультуренные почвы характеризуются большим таксономическим разнообразием водорослей по сравнению с почвами целинными.

Последняя, пятая, глава носит явную практическую направленность и обобщает материалы по использованию водорослей в биоиндикации и биотестировании состояния окружающей среды. Представлены оригинальные авторские разработки, связанные с использованием группового анализа наземных альгоразрастаний при «цветении», а также новый альго-микологический метод для диагностики состояния почвы. Рекомендуемые методы авторы сопровождают полученными экспериментальными данными, подтверждающими целесообразность их использования в биомониторинге состояния почв как агроценозов, так и техногенно загрязнённых территорий. Обсуждаются перспективы создания на основе водорослей биопрепаратов для защиты высших растений от грибных заболеваний, а также для биоремедиации загрязнённых почв.

Завершают книгу словарь терминов и списки латинских названий водных и почвенных водорослей.

Отметим в заключение, что книга содержит множество таблиц, графиков, диаграмм, иллюстрирована великолепными авторскими микрофотографиями, выполненными при участии Г.Я. Кантора, изящно издана и имеет твёрдый переплёт.

Рецензируемая книга является большим и радостным событием в отечественной альгологии. Её выпуск показал, что дело, начатое нашим учителем Э.А. Штиной, живёт, продолжается в работах многих её последователей, включая новых молодых учёных – участников экспедиций лаборатории биомониторинга Института биологии Коми НЦ УрО РАН и ВятГГУ под руководством д.т.н. Т.Я. Ашихминой. Книга знаменует собой новый этап перехода с описательного на функциональный уровень изучения водорослей. Направляет исследователей на поиск путей их практического использования в биоиндикации и биотехнологии.

*Е.А. Бусыгина,
И.Г. Широких,
лаборатория биомониторинга
ИБ Коми НЦ УрО РАН и ВГГУ*

«ВОРКУТА И АКАДЕМИЧЕСКАЯ НАУКА: ВЗГЛЯД ЧЕРЕЗ ПОКОЛЕНИЯ»

(Научно-популярное издание. Сыктывкар, 2007, 352 с.)

Трудно определить жанр книги, написанной Маргаритой Васильевной Гецен. Данная книга, по определению, не является ни монографией, ни сборником научных статей, ни мемуарами. В то же время в ней присутствуют элементы, присущие вышеупомянутым жанрам. Объёмный труд включает в себя около 350 страниц текста, иллюстрирован более чем 350 фотографиями, многие из них помещены на цветные вкладыши.

Книга построена по следующему плану: треть содержания посвящена Учителям М.В. Гецен и носит название «За нами стояли научные школы». Вторая треть книги рассказывает о развитии научных исследований в Республике Коми. И завершающая часть носит название «Подрастает поколение, которое имеет шанс...».

Самые проникновенные и пронзительные строки в книге связаны со страницами, посвящёнными памяти любимых учителей М.В.: Ольги Степановны Зверевой, Максимилиана Максимилиановича Голлербаха и Эмили Адриановны Штиной. Эта глава, по существу, могла бы стать основой для отдельной книги – рассказа о жизни

людей, беспредельно преданных науке. О.С. Зверева была научным руководителем Гецен при выполнении ею кандидатской диссертации. Она внесла значительный вклад в изучение биологических ресурсов тундры, особое внимание уделив состоянию и классификации водоёмов.

Лично мне наиболее близкими оказались страницы, связанные с именами М.М. Голлербаха и Э.А. Штиной. В истории мировой почвенной альгологии (науки о водорослях) два этих имени навсегда останутся вместе, ибо Штина и Голлербах фактически стали зачинателями, основоположниками этой науки. И две их книги «Почвенные водоросли» и «Экология почвенных водорослей» не только первые в мире сводки об уникальных почвенных микротофотрофах, они стали своеобразной библией всех последующих поколений альгологов.

С любовью и нежностью М.В. Гецен пишет о своих учителях, показывая по письмам и воспоминаниям учеников, соратников и коллег, что они были не только выдающиеся учёные, руководители крупных научных школ, мировые авторитеты, но со страниц книги мы видим и ощущаем их как ярких, самобытных личностей.

Они не только фанаты науки, беспредельно преданные ей, но в то же время мудрые, талантливые, отзывчивые, высокоэрудированные знатоки литературы и искусства. Они несли в себе гены истинной интеллигентности, душевной щедрости, свободы от меркантильных интересов. Попадающие в сферу их влияния оказывались в ней навсегда.

Слова благодарности своим Учителям, которые звучат со страниц книги М.В., могли бы произнести сотни и тысячи людей – учеников, аспирантов, коллег и друзей Максимилиана Максимилиановича и Эмилии Адриановны, тех людей, которым выпала высокая честь работать с ними. Опыт их служения науке показывает, что даже в самые трудные и голодные годы, даже в блокадном Ленинграде (Голлербах) научная мысль продолжала биться, исследования продолжались вопреки всему, люди творили и совершали открытия. И поэтому так беспомощно звучат сегодня слова о трудных днях для науки, о том, что она не приносит денег и поэтому бесперспективна для молодых. Наверное, в образовании в нашей стране, особенно в высшей школе, необходимо как обязательные ввести курсы «История науки. Её герои и мученики», специфичные для профильного образования. Такие примерно мысли возникают при прочтении раздела «За нами стояли научные школы». И стократ права Маргарита Васильевна, когда говорит: «Подводя итоги, строя планы, мы помним о тех, кто стоял над нами, о наших Учителях».

В разделе «Сохраняя традиции научных школ» идёт речь о становлении научных стационаров, целью которых было изучение природы высоких широт. В частности, большое внимание уделено Воркуте как арктическому форпосту науки в Коми. Показаны исследования, которые проведены в Заполярье в период от Международной биологической программы до Международного полярного года, как реализовывались конкретные экологические программы.

В частности, показано, что научными приоритетами первого десятилетия лаборатории экологии и охраны тундры было изучение биоразнообразия экосистем тундры; биоиндикации с использованием таких групп организмов, как водоросли и лишайники; проблем, связанных с биологическим азотом (азотфиксация). Этот раздел включает фактический научный материал, подводит итоги деятельности научных работников различных профилей. Особое внимание уделено образованию и деятельности первого в Воркуте Эколо-

гического центра республиканского значения, директором которого с момента его основания является М.В. Гецен.

В заключительном разделе «Подрастает поколение, которое имеет шанс...» ставятся проблемы формирования государственной политики в области экологического образования и воспитания; проблемы формирования экологического мышления; приводятся примеры деятельности детской Полевой экологической академии. И завершается раздел Экологическим манифестом XXI века, цель которого – показать и детям, и взрослым, какие глобальные мировоззренческие сдвиги на переломе веков должны произойти в сознании людей: «Поколение XXI века, родившись недавно, уже несёт на себе бремя проблем, не им созданных. Пусть наше стремление осмыслить экологический кризис современности, наше признание нашей вины и ответственности станут для юных и дерзновенных примером мужества и мудрости. Все понимают, что отношения между человечеством и биосферой не могут оставаться, как есть. Глубокие мировоззренческие сдвиги не должны быть следствием стихийных процессов. Горизонты, ясно различимые для серьёзных учёных, для нравственных и религиозных гениев человечества, должны стать известны каждому и осмыслены каждым. Популяризация экологического – необходима, дилетантизм – недопустим. Слишком высока цена возможных ошибок. Традиции российской духовности дают основание полагать, что народы нашей страны научатся относиться к природе как к дару, который дан не только на потребление, но и для любования, любовного восхищения... Не потреблять совсем мы не можем, но чрезмерно алчное потребление не только грозит полным разорением земли, уничтожением природы, но и уничтожает достоинство человека. Мы надеемся, что исход двадцатого века станет началом исхода из области экологических катастроф».

Книга по стилю и форме написания доступна и, на мой взгляд, интересна всем – от школьника до академика. Маргарита Васильевна Гецен предстаёт в ней сама не только как серьёзный учёный, благодарная ученица своих великих Учителей, но и как превосходный популяризатор науки и талантливый очеркист.

*Л.И. Домрачева,
каф. ботаники, физиологии растений
и микробиологии им. Э.А. Штиной Вятской ГСХА*

ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ

К публикации принимаются статьи в соответствии с тематикой журнала, объемом (включая подписи к рисункам, таблицы, аннотацию и список литературы) до 16 машинописных страниц.

В предлагаемых для публикации научных статьях должно содержаться:

- обоснование актуальности,
- четкая постановка целей и задач исследования,
- методика, результаты и их обсуждение, заключение или выводы.

Заглавие должно быть кратким (8-10 значащих слов), информативным и по возможности точно отражать содержание статьи.

Статья должна иметь индекс УДК.

К статье прилагается аннотация на русском и английском языках (объемом до 400 знаков), **ключевые слова (до 6 слов и словосочетаний)**. В английском переводе перед текстом аннотации помещается английское название статьи: инициалы и фамилия автора в английской транскрипции, название учреждения и почтовый адрес на английском языке.

Все материалы должны быть набраны в текстовом редакторе Word книжным шрифтом (14 кегль) с одной стороны листа бумаги стандартного формата (A4). На странице рукописи должно быть не более 30 строк, отпечатанных через 1,5 интервала, в каждой строке не более 65 знаков, включая пробелы между словами. Все поля рукописи должны быть не менее 20 мм. Размер абзацного отступа – 5 знаков.

Ссылки на литературу даются цифрами в квадратных скобках по порядку упоминания в тексте.

Список литературы прилагается в конце статьи. Приводятся фамилии всех авторов и полное название цитируемой работы. Следует строго соблюдать следующий порядок библиографического описания.

Для журнальных статей:

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

2. Gautret P., De Wit R., Camoin G., Golobic S. Are environmental conditions

recorded by the organic matrices associated with precipitated calcium carbonate in cyanobacterial microbialites? // Geobiology. 2006. V. 4. № 2. P. 93-107.

Для сборников научных трудов, материалов конференций и тезисов докладов:

1. Левин С.В., Гузев В.С., Асеева И.В., Бабьева И.П., Марфенина О.Е., Умаров М.М. Тяжелые металлы как фактор антропогенного воздействия на почвенную микробиоту // Микроорганизмы и охрана почв. М.: Изд-во МГУ, 1989. С. 5-46.

2. Мишарин С.И., Колесниченко А.В., Антипина А.И., Войников В.К. Влияние низких температур на синтез белков озимой ржи и пшеницы // 2-й Съезд Всерос. о-ва физиологов раст.: Тез. докл. Ч. 2. М. 1992. С. 139.

3. Ханисламова Г.М. Использование коллембол для лабораторной оценки токсичности загрязняющих почву соединений // Проблемы охраны окружающей среды на Урале. Уфа. 1995. С. 152-157.

Для авторефератов диссертаций:

1. Ступникова И.В. Термостабильные белки злаков в период низкотемпературной адаптации: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Иркутск: СИФИБР СО РАН. 2001. 20 с.

Для монографий:

1. Гублер Е.В., Генкин А.А. Применение непараметрических критериев статистики в медико-биологических исследованиях. Л.: Медицина, 1973. 141 с.

Таблицы не должны быть громоздкими. Каждая таблица должна иметь порядковый номер и название. Табличный материал приводится в тексте. Нумерация таблиц сквозная. Не следует повторять и пересказывать в тексте статьи цифры и данные, приведённые в таблицах.

Рисунки предоставляют с приложением подрисуночных подписей для всех рисунков на отдельной странице. Рисунки снабжаются всеми необходимыми цифровыми или буквенными обозначениями, пояснениями в подписях к ним. На обороте каждого рисунка карандашом указывается его номер и фамилия авторов.

Иллюстративные материалы выполняются в программах Corel DRAW, Adobe Photoshop, Adobe Illustrator. Электронный вариант каждой таблицы и рисунка записывается в отдельный файл в формате программы, в которой они были созданы. Подписи

к иллюстрациям следует давать отдельным списком.

Фотоснимки (размером не менее 9x12 см) представляются с чётким контрастным изображением и хорошо проработанными деталями. На обороте иллюстрации необходимо указать фамилию автора, название статьи и номер рисунка. Ксерокопии не принимаются.

Направляемая в редакцию статья должна быть подписана всеми авторами с указанием фамилии, имени и отчества (полностью) и содержать следующие данные: наименование организации, в которой выполнена работа, должность, учёная степень и звание, почтовый адрес, телефоны (рабочий и домашний) факс, адрес электронной почты автора (соавторов), отпечатанные на отдельном листе. В названиях учреждений не следует использовать сокращения.

Для публикации представляется электронный вариант (на магнитном носителе или пересылкой по электронной почте) и распечатка статьи в двух экземплярах. К статье прилагается экспертное заключение о возможности публикации материалов в открытой печати.

При несоблюдении этих требований статья не рассматривается редакцией и возвращается авторам на доработку.

Статьи проходят обязательное рецензирование. **Рецензия авторам предоставляется.** Решение о принятии их для публикации в журнале принимается на заседании редколлегии.

Экземпляр журнала с опубликованной статьёй авторам не высылается и распространяется только по подписке. Гонорар не выплачивается. **Плата с аспирантов за публикацию рукописей не взимается.**

Электронный вариант и бумажная копия статьи автору не возвращаются.