



ВЕСТНИК МОСКОВСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА ЛЕСА

ЛЕСНОЙ ВЕСТНИК

Научно-информационный журнал

2013 г. № 7(99)

Главный редактор

Обливин Александр Николаевич, профессор, д-р техн. наук, академик РАЕН и МАНВШ, Заслуженный деятель науки и техники РФ, Президент МГУЛ

Зам. главного редактора

Никишов Владимир Дмитриевич, профессор, канд. техн. наук, академик РАЕН, МГУЛ

Редакционный совет журнала

Бемманн Альбрехт, профессор, Дрезденский дендрологический университет, Институт профессуры для стран Восточной Европы, Германия

Залесов Сергей Вениаминович, профессор, д-р с.-х. наук, УГЛУ

Запруднов Вячеслав Ильич, профессор, д-р техн. наук, МГУЛ

Исаев Александр Сергеевич, академик РАН, Международный институт леса

Карелайнен Тимо, профессор, университет Восточной Финляндии г. ЙОЭНСУУ, лесной НИИ «Метла», Финляндия

Кожухов Николай Иванович, профессор, академик РАСХН, д-р экон. наук, МГУЛ

Комаров Евгений Геннадиевич, профессор, д-р техн. наук, МГУЛ

Корольков Анатолий Владимирович, профессор, д-р физ.-мат. наук, МГУЛ

Липаткин Владимир Александрович, профессор, канд. биол. наук, МГУЛ

Майорова Елена Ивановна, профессор, д-р юр. наук, канд. с.-х. наук, МГУЛ

Мартынюк Александр Александрович, д-р с.-х. наук, ФБУ ВНИИЛМ

Моисеев Николай Александрович, профессор, д-р с.-х. наук, МГУЛ

Редькин Анатолий Константинович, профессор, д-р техн. наук, МГУЛ

Рыкунин Станислав Николаевич, профессор, д-р техн. наук, МГУЛ

Рубцов Михаил Владимирович, профессор, д-р с.-х. наук, член корреспондент РАСХН, Институт лесоведения РАН

Семенов Юрий Павлович, профессор, д-р техн. наук, МГУЛ

Стрекалов Александр Федорович, канд. техн. наук, РКК «Энергия», ЗАО ЗЭМ

Теодоронский Владимир Сергеевич, профессор, д-р с.-х. наук, академик РАЕН, МГУЛ

Тулузаков Дмитрий Владимирович, доцент, канд. техн. наук, МГУЛ

Уголев Борис Наумович, профессор, д-р техн. наук, заслуженный деятель науки РФ, академик ИАВС, почетный член РАЕН, МГУЛ

Федоренчик Александр Семенович, профессор, канд. техн. наук, Белорусского ГТУ

Цветков Вячеслав Ефимович, профессор, д-р техн. наук, академик РАЕН, МГУЛ

Чубинский Анатолий Николаевич, профессор, д-р техн. наук, СПбГЛТУ

Шимкович Дмитрий Григорьевич, профессор, д-р техн. наук, МГУЛ

Ответственный секретарь

Расева Елена Александровна

Журнал зарегистрирован Министерством РФ по делам печати, телерадиовещания и средств массовых коммуникаций

Свидетельство о регистрации
ПИ № 77-12923 от 17.06.2002

Журнал входит в перечень утвержденных ВАК РФ изданий для публикации трудов соискателей ученых степеней

Материалы настоящего журнала могут быть перепечатаны и воспроизведены полностью или частично с письменного разрешения издательства.

Требования к представлению материалов и информация о редакционном совете журнала приведены в конце номера.

Рукописи, не соответствующие указанным требованиям, не принимаются; статьи, отклоненные редакцией, не возвращаются.

Редактор В.Б. Ивлиева
Набор и верстка М.А. Зверев
Электронная версия Н.К. Зверева

© ГОУ ВПО МГУЛ, 2013

Подписано в печать 28.12.2013.
Тираж 500 экз.
Заказ № 015
Объем 21,25 п. л.

Издательство Московского государственного университета леса
141005, Мытищи-5, Московская обл.,
1-я Институтская, 1, МГУЛ. (498)687-41-33
les-vest@mgul.ac.ru

СОДЕРЖАНИЕ

<i>Предисловие</i>	4
Шалаев В.С., Хуторова Н.А. <i>Энвайронментализм как движение в защиту окружающей среды</i>	6
Крапивин В.Ф., Шалаев В.С., Бурков В.Д., Солдатов В.Ю. <i>Биологическая сложность как индикатор состояния лесной экосистемы</i>	23
Крапивин В.Ф., Шалаев В.С., Бурков В.Д., Букатова И.Л., Солдатов В.Ю. <i>Оценка состояния лесной экосистемы по данным эпизодического мониторинга в условиях информационной неопределенности</i>	31
Воробьев О.Н., Курбанов Э.А. <i>Мониторинг состояния растительного покрова на территории республики Марий Эл с использованием Envisat Meris</i>	42
Бурков В.Д., Перминов С.В., Щукин Д.Г., Шалаев В.С. <i>Лидарные методы контроля воздушного бассейна крупного промышленного центра в условиях чрезвычайной ситуации</i>	46
Бурков В.Д., Мартынов П.В., Орлов А.Е., Сулимов Ф.О. <i>Задача синтеза диаграммы направленности в цифровых фазированных антенных решетках</i>	51
Бурков В.Д., Бурлаков А.Б., Капранов Ю.С., Куфаль Г.Э., Перминов С.В., Першин И.М., Шалаев В.С. <i>Влияние электромагнитных полей на конфигурацию биологических объектов</i>	54
Давыдов В.Ф., Батырев Ю.П. <i>Инициирование локальных лавинных процессов в атмосфере</i>	61
Батырев Ю.П., Давыдов В.Ф., Спирин Б.Л. <i>Система контроля состояния диагностируемых параметров вагона</i>	66
Чумаченко С.И., Мухин А.С. <i>Природная пожарная опасность смешанных лесных насаждений. Модельный подход</i>	72
Белов Д.А., Белова Н.К. <i>Ранговое распределение эколого-трофических комплексов членистоногих дендрофагов в насаждениях Москвы</i>	74
Беднова О.В. <i>Метод индикации и оценки рекреационных изменений в лесных биогеоценозах</i>	77
Рысин С.Л. <i>Уникальный опыт создания искусственных насаждений для рекреационного использования</i>	88

Горнов А.В. Особенности формирования лесных сообществ на заброшенных сенокосах в Неруссо-Деснянском полесье (Брянская область)	92
Воробьев Р.А., Тебенюкова Д.Н. Развитие вегетативных и генеративных органов представителей рода ель (<i>Picea L.</i>), интродуцированных в Нижегородской области	97
Федотов Г.Н., Шалаев В.С. О природе гумусовых веществ	105
Федотов Г.Н., Лысак Л.В., Шалаев В.С. Микроорганизмы и образование гумусовых веществ в почвах	111
Липаткин В.А., Пальчиков С.Б., Румянцев Д.Е., Крылов А.М., Епишков А.А. Возможности использования дендрохронологической информации при идентификации лесозащитных страт Муромцевского участкового лесничества Владимирской области	115
Румянцев Д.Е., Черакшев А.В. Дендроклиматическая диагностика состояния сосен секции <i>Strobi</i> в условиях дендрологического сада МГУЛ	121
Каракчиева И.В., Чумаченко С.И. Роль информационно-экономического моделирования стоимостной оценки биоресурсов леса	128
Хуторова Н.А. Экологическая модернизация – от теории к практике	131
Хуторова Н.А. Обзор состояния рынка климатических облигаций. Проблемы и перспективы	138
Самолдин А.Н., Кулагин Д.Е. Инновационный подход к развитию лесопромышленного комплекса в регионе (на примере Красноярского края)	146
Шалаев В.С., Самолдин А.Н., Фролова В.А., Хуторова Н.А. Образовательный проект TEMPUS «Рамка квалификаций и непрерывное образование для устойчивого лесопользования». Австрия–Греция	149

ПРЕДИСЛОВИЕ

Представляемый Вестник Московского государственного университета леса (МГУЛ) подготовлен по итогам работы в 2013 году ученых, работающих по тематике Института системных исследований леса МГУЛ. Публикуемые материалы подчеркивают междисциплинарный характер исследований. Необходимо отметить также традиционную комплексность, которая отражается привлечением к научно-исследовательским работам ученых Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова, Поволжского государственного технологического университета, ряда академических институтов: Центра по проблемам экологии и продуктивности лесов РАН, Института радиотехники и радиоэлектроники имени В.А. Котельникова, Государственного ботанического сада РАН, работников промышленности и лесного хозяйства. Институт системных исследований леса традиционно сотрудничает с этими организациями в рамках соответствующих творческих связей и договоров, таких как Договор о совместной деятельности Московского государственного университета леса Минобрнауки РФ и Центра по проблемам экологии и продуктивности лесов РАН в области развития фундаментальных научных исследований и повышения качества фундаментального образования, Договор о совместной деятельности Московского государственного университета леса Минобрнауки РФ и Института радиотехники и радиоэлектроники Российской академии наук в области развития фундаментальных научных исследований и повышения качества фундаментального образования, Договор о сотрудничестве при создании Центра коллективного пользования уникальным оборудованием «Изучение природных наноматериалов» между факультетом почвоведения Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова и Московским государственным университетом леса от 15 июня 2011 г. и др.

Сборник начинается статьей В.С. Шалаева и Н.А. Хуторовой «Энвайронментализм как движение в защиту окружающей среды», в которой приводится достаточно подробная характеристика этого движения с перечнем основных событий и определенных результатов. Отмечено, что область исследований энвайронментализма находится на стыке таких наук, как социология, философия, экология и политология.

Далее идут статьи группы ученых во главе с В.Ф. Крапивиним и В.Д. Бурковым «Биологическая сложность как индикатор состояния лесной экосистемы» и «Оценка состояния лесной экосистемы по данным эпизодического мониторинга в условиях информационной неопределенности», рассматривающие фундаментальные подходы при исследовании таких сложных совокупностей, как лесные экосистемы. К этой же серии можно отнести последующие статьи, рассматривающие различные аспекты мониторинга лесных и урбоэкосистем. Это «Мониторинг состояния растительного покрова на территории республики Марий Эл с использованием Envisat Meris» О.Н. Воробьева, Э.А. Курбанова, три статьи группы под руководством В.Д. Буркова: «Лидарные методы контроля воздушного бассейна крупного промышленного центра в условиях чрезвычайной ситуации», «Задача синтеза диаграммы направленности в цифровых фазированных антенных решетках» и «Влияние электромагнитных полей на конфигурацию биологических объектов», а также статья В.Ф. Давыдова и Ю.П. Батырева «Инициирование локальных лавинных процессов в атмосфере» и статья Ю.П. Батырева и др. «Система контроля состояния диагностируемых параметров вагона».

Последующая серия статей рассматривает различные вопросы лесного и городского лесного хозяйства: «Природная пожарная опасность смешанных лесных насаждений. Модельный подход» С.И. Чумаченко и А.С. Мухина, «Ранговое распределение эколого-трофических комплексов членистоногих дендрофагов в насаждениях Москвы» Д.В. Белова и Н.К. Беловой, «Метод индикации и оценки рекреационных изменений в лесных биогеоценозах» О.В. Бедновой, «Уникальный опыт создания искусственных насаждений для рекреационного использования»,

С.Л. Рысина, «Особенности формирования лесных сообществ на заброшенных сенокосах в Неруссо-Деснянском полесье (Брянская область)» А.В. Горнова и аспирантов Р.А. Воробьева и Д.Н. Тебенкова «Развитие вегетативных и генеративных органов представителей рода ель (*Picea* L.), интродуцированных в Нижегородской области».

На высоком экспериментальном уровне выполнены работы, результаты которых публикуются в статьях группы под руководством Г.Н. Федотова «О природе гумусовых веществ» и «Микроорганизмы и образование гумусовых веществ в почвах».

Большой интерес представляют работы дендрохронологической направленности. Это статьи В.А. Липаткина, С.Б. Пальчикова, Д.Е. Румянцева и др. «Возможности использования дендрохронологической информации при идентификации лесозащитных страт Муромцевского участкового лесничества Владимирской области» и «Дендроклиматическая диагностика состояния сосен секции *Strobi* в условиях дендрологического сада МГУЛ».

В заключительной части сборника размещены статьи И.В. Каракчиевой, С.И. Чумаченко «Роль информационно-экономического моделирования стоимостной оценки биоресурсов леса», Н.А. Хуторовой «Экологическая модернизация – от теории к практике», рассматривающие экономические, информационно-экономические вопросы» и «Обзор состояния рынка климатических облигаций. Проблемы и перспективы» и А.Н. Самолдина, Д.Е. Кулагина «Инновационный подход к развитию лесопромышленного комплекса в регионе (на примере Красноярского края)»

Завершается сборник информационно-аналитической статьей «Образовательный проект TEMPUS «Рамка квалификаций и непрерывное образование для устойчивого лесопользования». Австрия–Греция» исполнителей проекта Европейского Союза TEMPUS “Qualification framework for sustainable forestry and lifelong learning – SUFAREL”, работающих по плану НИР ИСИЛ, В.С.Шалаева, А.Н. Самолдина, В.А. Фроловой и Н.А. Хуторовой и которые приняли в сентябре с.г. участие в международной тренинг-сессии на базе и с участием Университета ВОКУ г.Вена (Австрия) и Университета АУТ г.Салоники (Греция). При этом следует отметить, что Московский государственный университет леса является одним из 16 исполнителей вышеуказанного проекта, среди которых такие российские лесные вузы, как Поволжский государственный технологический университет, Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет, Башкирский государственный аграрный университет, Воронежская государственная лесотехническая академия, Уральский государственный лесотехнический университет. Среди российских исполнителей также Министерство лесного хозяйства Республики Марий Эл, Фонд экологических инициатив Республики Марий Эл, Гильдия экспертов в сфере профессионального образования, что обеспечивает связь образования, бизнеса и науки. От Евросоюза в проекте участвуют университеты городов Хельсинки (Финляндия), Падуй (Италия), Копенгагена (Дания), Вены (Австрия), Салоник (Греция), Лилля (Франция) и Европейский институт леса. Проект направлен на повышение качества лесного образования в России с учетом опыта и достижений ведущих европейских вузов.

Необходимо отметить, результаты научно-исследовательских работ группы ученых ИСИЛ во главе с профессором Мозолевской Е.Г. публикуются отдельно, в специализированном Лесном вестнике за 2013 год в № 6.

Шалаев В.С., д-р техн. наук, профессор,
директор Института системных исследований леса МГУЛ

ЭНВАЙРОНМЕНТАЛИЗМ КАК ДВИЖЕНИЕ В ЗАЩИТУ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

В.С. ШАЛАЕВ, *проф., директор ИСИЛ МГУЛ, д-р техн. наук,*

Н.А. ХУТОРОВА, *доц., вед. науч. сотрудник ИСИЛ МГУЛ, канд. экон. наук*

shalaev@mgul.ac.ru; khutorova@gmail.com

Нарастающая озабоченность человечества состоянием окружающей среды стимулирует экологизацию общественного сознания и активное развитие экологического образования и культуры. Международное сообщество в полной мере осознало необходимость создания глобальной системы экологической безопасности, пересмотра правовой базы природоохранной деятельности, и формирования действенных экономических механизмов стимулирования хозяйствующих субъектов к снижению уровня загрязнений окружающей среды, к устойчивому развитию.

Международный опыт показывает, что только слаженные системные действия государства, общества и бизнеса способны устранить или минимизировать экологические угрозы в своей среде обитания. За последние 50 лет наблюдался беспрецедентный рост интереса общественности к защите окружающей среды. Глобализация и интернационализация нашей жизни накладывает все больший отпечаток на термины и дефиниции, которыми мы активно оперируем. Во всех англоязычных словарях термин «Environment» переводится на русский язык как окружающая обстановка, окружающая среда. Соответственно «Environmental» – термин, описывающий окружающую среду и относящийся к борьбе с загрязнением окружающей среды, экологический; Environmentalist – защитник окружающей среды. Вместе с тем в англоязычной литературе, научно-технической литературе в последние годы появился новый и весьма содержательный термин «Environmentalism». По содержанию, содержательному смыслу «Environmentalism» – это общественное движение, участники которого выступают в защиту окружающей среды; движение в защиту окружающей среды. Естественно, в этом случае в русскоязычной научно-технической литературе, научной, да и обычной среде

возникает резон, целесообразность и необходимость введения термина «Энвайронментализм». Впрочем, можно предположить, что совершенно также в русский язык вошли термины «Популизм», «Капитализм», «Реализм» и многие другие «-измы». В дальнейшем, в настоящей работе, используя термин «Энвайронментализм», мы принимаем во внимание вышеупомянутый смысл и содержание.

Целью данной работы стало изучение и обобщение накопленного международного опыта в области энвайронментализма. Сегодня все чаще говорят о новой энвайронментальной парадигме. В основе этой парадигмы лежит сама философия энвайронментализма, уже вполне сформировавшаяся к середине XX в. Именно новая энвайронментальная парадигма, берущая основы из социальной экологии, существенно расширила трактовку экосистемы и системы отношений в ней, фактически стала новым этапом в развитии социально-экологической теории, основанной на широком разнообразии междисциплинарных связей социально-гуманитарных наук.

Стоит заметить, что идеи защиты окружающей среды далеко не новы, уже к концу XIX в. понятие «окружающая среда» приобрело современное экологически ориентированное значение, описывающее «систему, включающую в себя все живые организмы, обитающие в воздухе, воде и почве». Современные последователи этих идей исследуют влияние общества на естественную экологическую систему, оценивают эффект от природоохранных мероприятий. Вместе с ростом уровня жизни, удовлетворением материальных потребностей и пониманием опасности истощения природной среды и достижения пределов роста, идеи защиты окружающей среды получали все большее значение, постепенно выделяясь в самостоятельную ветвь науки. Согласно классификации областей че-

ловеческого знания по наукам, на наш взгляд, исследования энвайронментализма целесообразно относить к крупной классификационной группе, такой как общественные и гуманитарные науки (социальные науки). В то же время область исследований энвайронментализма находится на стыке таких наук, как социология, философия, экология и политология.

Пока не существует ни единого свода правил по защите окружающей среды, которого должно придерживаться общество, ни системного движения за ее общую идею. Защита окружающей среды превратилась в сложное и запутанное явление, включающее консервативные, реформистские и даже радикальные идеи о том, как должен выглядеть мир, а также об изменениях, которые необходимо провести. Все эти идеи были распределены по категориям и структурированы учеными так же, как натуралисты проводят классификацию растений и животных. Сформировано несколько позиций, которые отвечают современным идеям о защите окружающей среды. К ним относятся охрана мест обитания диких животных и самих представителей дикой природы, сохранение природных ресурсов, эко-феминизм, эко-теология, эко-психология, глубокая экология, радикальная экология, экологическая справедливость, устойчивое развитие и экологический консюмеризм.

Каждое направление исследований постепенно формулирует новые идеи, методы и инструменты, призванные решить, как человечество должно развиваться и как взаимодействовать с окружающей средой. На протяжении последних десятилетий сформировалась зависимость: какая-либо экологическая катастрофа или опасность ее наступления порождает всплеск новых идей, раунд встреч на международном уровне, совершенствование нормативно-правовой и экономической базы как на национальном, так и на международном уровне.

Как показывает история, несмотря на юность данной науки, вопросы охраны окружающей среды волнуют человечество на протяжении нескольких тысяч лет. Так, по мнению Г.С. Розенберга и Д.П. Мозгово-

го, основы экологии и энвайронментализма были заложены мыслителями древней Индии в VI веке до нашей эры [1]. Следующим этапом развития стали многочисленные работы древнегреческих философов Гиппократ, Аристотеля, Теофраста на стыке тысячелетий. Гиппократ в книге «О воздухе, воде и местности» описывал, какие болезни могут быть вызваны едой, родом занятий или климатом. Далее появились работы ученых периода средних веков, к наиболее известным авторам относят знаменитого Фибоначчи [2]. Впоследствии вопросы взаимоотношений человека с природой все чаще становились предметом изучения мыслителей, наука прирастала работами ученых из Англии, Франции, Германии, Голландии и Италии. Многие имена стали всемирно известными, среди которых Ч. Дарвин, Л. Пастер и другие. Не оставались в стороне и ученые из России. Проследивая генезис российского энвайронментализма, обязательно упоминать М.В. Ломоносова, С.П. Крашениникова, А.А. Каверзнева, К.М. фон Бэр, К.Ф. Рулье, И.М. Сеченова, В.В. Докучаева, Г.Ф. Морозова. В 20-м веке вопросы экологизации сознания и бытия скрупулезно изучались в работах таких корифеев, как В.И. Вернадский, С.А. Северцев, Н.В. Тимофеев-Ресовский, Н.Н. Моисеев. Работы этих великих ученых создали базис для развития научного энвайронментализма в России [3].

Во второй половине 20-го века человечество впервые всерьез озадачилось пределами собственных разрушительных возможностей. Стало очевидным, что продолжение использования предлагаемых моделей развития может представлять глобальные угрозы. Критической массы достигли последствия или возможные последствия таких процессов, как гонка вооружений, разработка бактериологического оружия, растущее вмешательство человечества в земную экосистему. При этом еще в середине 20-го века энвайронментализм был мало популярен, и позволить себе занятия в этой области могли лишь достаточно обеспеченные люди. «Забота о чем-то большем, глобальном» была по карману тем, кто не испытывал насущных материальных нужд. Но уже в 1960-х гг. социальное,

культурное и политическое преобразование общества привело к росту уровня активности в сфере охраны природы среди всех слоев населения, особенно в развитых странах. В результате было создано новое социальное движение, которое смогло сформулировать план дальнейших действий, мобилизовать общественное мнение, а также заставило правительства и частные компании предпринять определенные действия по защите окружающей среды. Новое поколение международных групп и компаний по защите окружающей среды, основанных в тот же период, разработало свод правил по охране природы, выходящий за пределы простой защиты диких животных и их мест обитания. Возникло так называемое «нравственное» или «социальное» предпринимательство, впоследствии трансформированное в корпоративную социальную ответственность бизнеса. Результатом стало усиление влияния природоохранительных организаций, подписание международных соглашений, разработка кодексов социальной ответственности бизнеса и активизация в области экологически ответственного воспитания, образования и культуры [4].

Генезис энвайронментализма второй половины 20-го века составляет ряд основополагающих, на наш взгляд трудов, среди которых «Трагедия общин» Гаррета Хардина (1968) [5]; «Пределы роста» и «За пределами роста» Донателлы Медоуз и др. (1972, 1992) [6–7]; «План выживания» Эдварда Голдсмита и др., работа, опубликованная в журнале «The Ecologist» (1972) [8]; «Малое красиво» И.Ф. Шумахера (1973) [9]; «Наше общее будущее» – доклад комиссии Брундтланд (1986) [10]; «Поверьте Кассандре» Алана Аткиссона (1999) [11]; «Коллапс. Почему одни общества выживают, а другие умирают» Джаред Даймонда (2005) [12]; «Как избежать климатических катастроф» Лестера Брауна (2009) [13]. Все эти труды объединяло беспокойство за будущее планеты, авторы в той или иной мере предлагали экологичные альтернативы стиля жизни (в Приложении 1 по англоязычной версии [14] достаточно подробно и хронологическом порядке приводятся основные

этапы развития энвайронментализма с 1945 по 2012 гг.).

В настоящее время выделяют несколько основных направлений теории энвайронментализма, среди которых особый интерес представляет социальная экология. Здесь можно отметить ряд работ Мюррея Букчина, наиболее значимые из которых Our Synthetic Environment (1962), Post-Scarcity Anarchism (1973), Toward an Ecological Society (1980) [15]; работа Д. Пирагса и П. Эрлиха «Ark II: Social Response to Environmental Imperatives» (1974) [16]. Необходимо отметить также новую экологическую парадигму, разработанную американскими социологами В. Каттоном и Р. Данлэпом в 1978г. [17]; экологический социализм, предложенный рядом социологов из разных стран, в т.ч. D. Pepper (1984), «новый социализм» (Н. Моисеев, 1998), «зеленый капитализм» (Arnaud Comolet, 1991; С. Шмидхейни, 1994) и ряд других. Особо стоит выделить вклад современных российских социологов и естествоведов в формирование теории энвайронментализма. Наиболее авторитетные из них В.И. Данилов-Данильян, Г.С. Розенберг, О.Н. Яницкий, А.В. Яблоков. Все они стали активными последователями и пропагандистами идей сохранения гармоничных отношений человека и окружающей среды. Сегодня мы можем заметить, что поднятые в этих работах проблемы являются одними из самых серьезных и значимых их только возрастает.

Идеологические основы энвайронментализма весьма широки, разнообразны и постоянно меняются. Для понимания идеологии энвайронментализма необходимо изучить историю вопроса, основные вехи развития, которые происходили на разных уровнях.

В 1970–1990-х гг., в ответ на глобализацию, появились новые общественные движения по защите окружающей среды, их количество постоянно увеличивалось, расширяя сферу деятельности, описывая новые модели мышления и поведения. История развития энвайронментализма на уровне общественных организаций и движений, которые получали все большее влияние на национальном и международном уровне, начиналась в

промышленно развитых странах, преимущественно в США и Европе.

Активисты, заручившись поддержкой влиятельных фигур, оказывали влияние на принятие законов и собирали деньги на благотворительность. Руководство такими организациями осуществлялось на добровольной основе, финансирование обеспечивали состоятельные члены общества. Первоначально основным видом их деятельности были акции протеста или аналогичные действия, впоследствии такие организации стали проводить научные исследования, анализировать сложившуюся ситуацию и оценивать изменения. Все это позволило получить общественное признание и авторитет на международном уровне.

Многие европейские экологические партии берут начало во времена студенческих протестов конца 1960-х гг. В 70-е гг. влияние группы американских компаний по защите окружающей среды довольно быстро распространялось по Европе. Общественная организация «Друзья Земли», основанная в 1969 г. в США, уже через 2 года делала первые шаги в открытии зарубежных филиалов путем проведения заседаний при участии представителей Франции, Швеции, Великобритании и США. В 1971 г. «Друзья Земли» начали первую кампанию против невозвратных бутылок, которая была связана с проблемой расточительности общества «разового пользования». Кампания началась с запуска рекламного трюка, который стал характерной чертой этого экологического движения. В рекламе были показаны сотни стеклянных бутылок, сваленных перед входом в главный офис компании «Schweppes» в Лондоне. Отклики на рекламу появились в заголовках газет по всей стране, тем самым создав «лицо» «Друзей Земли». С этого момента начался активный процесс их расширения.

Позиции противников использования ядерной энергии в Европе существенно укрепились после аварии на Чернобыльской АЭС в 1986 г. Марши протеста, организованные «Друзьями Земли», собрали в одной только Великобритании 100 000 человек. Трагические события марта 2011 г. на АЭС в Японии

(Фукусима) еще более обострили отношения между сторонниками и противниками использования ядерной энергии. В ряде стран Европы на фоне протестов были приняты положения о полном отказе от использования ядерного топлива уже к 2020 г., во многих странах экологи жестко сохраняют свои позиции и надеются на успех в переговорах.

На 90-е гг. пришелся этап интеграции экологических организаций. К этому времени, в основном, британские и американские экологические организации собрали большое количество последователей и многие из них расширились и слились с другими компаниями по всему миру. В 1986 г. «Друзья Земли» были объединены из 31 участника, многие из которых существовали и функционировали как самостоятельные учреждения, а к 2010 г. была создана международная сеть, объединяющая 75 членов из 74 стран. Превращение в международную компанию «Друзей Земли» существенно усиливало их позиции по глобальным вопросам и позволяло инициировать крупные программы [18].

В семидесятые годы XX в. энвайронменталисты стали основывать политические партии. В этот период в Европе были созданы экологические политические партии, которые были готовы участвовать в выборах и вели активную агитационную деятельность. Однако это были пока еще слабо взаимодействующие между собой политические группы с неясными программами, в основном привлекающие молодой, хорошо образованный и идеалистический электорат, в равной степени заботившийся о сохранении мира, гражданских прав и защите окружающей среды. Уже в 1980-х гг. группы европейских энвайронменталистов начали позиционировать себя как силу, противопоставляющую политическим партиям. Экологическая политика приобретала все большее влияние и становилась более открытой, так как компании были связаны проведением социальных программ по защите окружающей среды, необходимых для сохранения своих позиций. Все это создавало предпосылки для превращения энвайронменталистов в новую, способную оказывать влияние на политику силу по всей Европе.

Шведская «Партия Зеленых» стала одной из первых экологических партий, получивших внушительную поддержку на выборах в Европе. Основанная в 1981 г., эта партия менее чем за 10 лет утвердилась на национальной арене. К 1988 г. экологические проблемы стали важнейшей темой как на политической арене, так и в избирательных кампаниях. «Партия Зеленых» набрала 5,5 % общего числа голосов и получила 20 мест в Парламенте. Это был настоящий успех, так как новых партий в Парламенте не было уже более 70 лет [14].

В Финляндии партия «Зеленая Лига» получила признание Парламента в 1991 г., а в 1995 г. стала первой экологической партией Западной Европы, вошедшей в национальное правительство. В Центральной и Восточной Европе в 1990-е гг. активистами в области защиты окружающей среды стали бывшие коммунистические партии. Размер, организация и независимость экологических групп в этих странах отражала национальные особенности политических и экологических проблем. В СССР во времена перестройки экологическая деятельность приобретала все большую популярность и созданные экологические группы получали определенную общественную поддержку. Однако в процессе перехода на рыночную экономику защита окружающей среды перестала быть главной темой на политической арене, так как основное внимание граждан было сосредоточено на проведении политических и экономических реформ.

На выборах в Европейский Парламент в 1989 г. «Партия Зеленых» получила голоса 2,2 млн избирателей, что составило 15 % от общего числа проголосовавших. Однако, несмотря на такой успех, на следующих выборах партия не получила ни одного места в Парламенте [14].

Следующим этапом развития энвайронментализма стала разработка национальных законов о климатических изменениях. В Великобритании в 2008 г. был утвержден первый в истории Европы закон о климатических изменениях. А в 2009 г. аналогичные законопроекты были представлены парламентам Австралии, Бельгии, Финляндии,

Мальты, Ирландии и Шотландии. Несмотря на затяжной экономический кризис в Европе, необходимость сокращения государственных расходов и неопределенные перспективы экономического развития, активисты 18 Европейских стран требовали принятия сильных и справедливых законов о климатических изменениях на общеевропейском уровне, призванных обеспечить обязательное сокращение выбросов парниковых газов. В США проходили аналогичные процессы. В мае 2010 г. Администрация Президента представила долгожданный законопроект о климатических изменениях и законопроект об энергетике, которые должны стимулировать сокращение выбросов парниковых газов на 17 % к 2020 г. по сравнению с 2005 г. Первоначальная цель довольно скромна по сравнению с целью Евросоюза в 20 %, однако в дальнейшем планируется снизить выбросы на 42 % к 2030 и на 83 % к 2050 г. по сравнению с 2005 г. [14]. Законопроект основан на системе торговли квотами на эмиссию парниковых газов аналогично «киотским механизмам».

Несомненно, большой интерес представляет наработанный опыт крупных международных организаций в области защиты окружающей среды.

К наиболее влиятельным организациям по защите окружающей среды, основанным в XX веке и получившим широкое признание, относятся Лига Исаака Уолтона (1922); Общество дикой природы, основанное в 1935 г.; Национальная федерация дикой природы (1936); Защитники дикой природы (1947); Всемирный фонд дикой природы (WWF), основанный в 1961 г.; Гринпис, основанный в Канаде в 1971 г., и Союз охраны окружающей среды Германии (BUND), действующий с 1975 г.

В настоящее время на международном уровне действует большое количество международных общественных организаций, наибольшую известность и влияние из которых получили Всемирный фонд дикой природы (World Wildlife Fund) и Гринпис (Greenpeace).

Всемирный фонд дикой природы (WWF) – одна из крупнейших независимых

международных природоохранных организаций, работающая с 1961 г. и объединяющая около 5 млн постоянных сторонников более чем в 100 странах. Миссия WWF состоит в предотвращении нарастающей деградации естественной среды планеты и достижении гармонии человека и природы. Главная цель – сохранение биологического разнообразия Земли. Более половины мирового бюджета WWF составляют пожертвования частных лиц, сторонников. Всемирный фонд дикой природы работает в России с 1988 г., в 1994 г. открылось Российское представительство WWF. В 2004 г. Всемирный фонд дикой природы стал Российской национальной организацией. За годы работы в России WWF успешно осуществил более 200 полевых проектов в более чем 40 регионах России и вложил более 50 млн долл. в работу по сохранению и приумножению природных богатств страны. Основными программами WWF России стали: лесная, морская, климатическая, особо охраняемые природные территории, охрана редких видов животных, экологизация нефтегазового сектора РФ [19].

Всемирный фонд дикой природы активно сотрудничает со многими организациями и компаниями. В 2002 г. они совместно с «Земным патрулем» и Всемирной организацией по охране ботанических садов заключили соглашение о сотрудничестве с банком HSBC на 5 лет, в рамках которого было получено финансирование в 35 млн долларов на экологические проекты, что, несомненно, можно считать успешным примером сотрудничества энвайронменталистов и бизнеса. Безусловно, у любого процесса находятся как сторонники, так и противники. Критики подобного партнерства заявляют, что оно не улучшает экологическую деятельность партнеров, а служит лишь для оправдания разрушения экологической среды.

Стоит отметить, что WWF активно ведет научную работу по всем направлениям деятельности, имея в штате большое количество ученых с мировым именем, и никогда не принимает участия в «прямых акциях протестов».

В 1971 г. началась история еще одной всемирно известной экологической организа-

ции – Гринпис. Небольшая группа активистов антивоенного движения, будущие основатели Гринпис, вдохновленных мечтой о чистом мире без войны и насилия, верили, что даже несколько человек могут сделать многое для своей планеты. В 1970-е гг. Гринпис проводил множество громких кампаний против испытаний ядерного оружия, коммерческой охоты на китов. В 1982 г. Гринпис добился рассмотрения Международной китобойной комиссией моратория на коммерческую охоту на китов, который с 1986 г. вступил в силу, а с 1994 г. зона антарктических морей была объявлена заповедником для китов. В 1985 г. Гринпис эвакуировал жителей тихоокеанского атолла Ронгелап, где 95 % населения пострадали от радиационного заражения после взрыва атомной бомбы на американском полигоне. В 1990-х гг. Гринпис привлекал внимание общественности к проблеме загрязнения воздуха и разрушения озонового слоя. Заслужкой Гринпис считается разработка немецкими учеными технологии Greenfreeze, используемой в производстве экологических безопасных охлаждающих автоматов. В 1996 г. Гринпис начал кампанию против генетически модифицированных продуктов питания, проводились акции против импорта генетически измененной сои в Европу из США, против выращивания генетически модифицированной кукурузы во множестве стран мира. Итогом борьбы стал мораторий правительства ЕС на ввоз и выращивание генетически измененных культур [20].

Сегодня Гринпис представляет собой крупную международную экологическую организацию, у которой более 2,5 млн сторонников по всему миру, представительства Гринпис открыты в более 40 странах мира. В деятельность Гринпис вовлечены миллионы людей, часть которых активно поддерживают ее финансовую независимость для противостояния огромным мировым корпорациям [21]. За последние 20 лет они организовали компании, которые привели к соглашениям или изменениям в корпоративной политике таких гигантов, как Эппл, Байер, Кока-Кола, Дэлл, МакДональдс, Нестле и др. Традиционно большую часть действий Гринписа за пос-

ледние 40 лет выполняли активисты, которые в настоящее время мобилизуются через Интернет. Идеология Гринпис в основном опирается на протесты и акции, противостояние с властями и крупными корпорациями.

Правительства различных стран не всегда с одобрением смотрели на прямые действия Гринписа, особенно в случаях с охотой на китов и ядерными испытаниями. В 1985 г. было заминировано судно Гринписа «Воин Радуги», в результате взрыва погиб один из членов команды корабля и было повреждено само судно. Позже выяснилось, что минирование провела французская разведывательная служба, чтобы помешать Гринпису протестовать против французского испытания ядерного оружия в атолле Муруроа [21]. В России Гринпис активно призывает прекратить разработки в Арктике. Особую огласку получили акции протеста в 2012 и 2013 гг. в Печорском море. В августе 2012 г. активисты Гринпис приняли участие в акции против добычи нефти в Арктике, подойдя на моторных лодках к «Приразломной» и закрепившись на швартовых канатах с помощью альпинистского снаряжения. Они развернули палатки на отвесной стене платформы, но спустя 15 часов экологи, поливаемые из пожарных брандспойтов работниками «Приразломной», отступили. Через несколько дней, 27 августа, была предпринята очередная акция протеста. На этот раз целью экологов стало стоящее на якоре вспомогательное судно «Анна Ахматова». Логическим завершением стало задержание 18 сентября 2013 г. в Печорском море активистов Гринпис, которые пытались повесить баннер на нефтяную платформу «Приразломная». Впервые действия экологов были квалифицированы как пиратство. Эти действия экологов и представителей власти вызвали бурные дискуссии в обществе как с точки зрения законности задержания, так о целесообразности нефтедобычи в Арктике.

Цели и помыслы активистов «зеленых» всегда благородны, но у всяких действий есть последствия как позитивного, так и негативного характера. Очень часто процессы экологизации сознания и поведения тесным образом связывают с движением «зеленых»,

что в общем смысле не совсем верно. Энвайронментализм, на наш взгляд, существенно шире и представляет собой некую природоохранную тенденцию, основанную на широком комплексе идей, в основе которых лежит, в первую очередь, ответственность человека перед природой и окружающей средой. Так, нельзя назвать энвайронменталистами сторонников защиты окружающей среды, когда борьба с загрязнением, по сути, превращается в борьбу с ведением хозяйственной деятельности. Задачами энвайронментализма необходимо считать снижение негативного воздействия на окружающую среду при сохранении темпов экономического роста и даже в условиях активизации экономической деятельности. Так, например, резкое падение ВВП и глубокий экономический спад и кризис в России начала 90-х существенно сократили эмиссию парниковых газов и снизили уровень загрязнения почв и воды, но это, скорее, сопутствующий результат, а не достигнутая цель энвайронментализма.

В развитых странах на протяжении десятилетий широко используются финансовые механизмы для снижения уровня негативного воздействия на экосистему, экономические и этические стимулы сохранения окружающей среды. Просто, но неразумно предлагать и требовать лишь только административных ограничений и запретов. Необходимо найти адекватную модель и механизм снижения негативного антропогенного влияния, в противном случае возникнет перекося, нарушение законов логики. Важно отметить, что за счет действий защитников природы могут возрасти так называемые общественные издержки. Отчасти мы уже наблюдаем такую картину в развитой Европе, где проблемы экологии и экологичности имеют приоритетное значение. Однако именно в Брюсселе вырабатываются смехотворные нормы и требования для фермеров и животноводов, среди которых поддержание правильной цветовой гаммы в коровниках и птичниках, единственным результатом чего становится удорожание продуктов питания. Опасно допускать ситуацию, когда собранные экологические налоги идут, в основном, на поддержание административ-

ного аппарата, механизмов экологического принуждения, проведение различных обязательных экологических исследований, которые часто не имеют необходимости. Также нередко ситуация, когда конечный потребитель оплачивает соблюдение, в том числе и неадекватных, требований в части технологических процессов и готовой продукции. Сейчас часто можно наблюдать такую картину в торговых сетях: на прилавках красиво упакованная продукция с экологической маркировкой, а по сути, происхождение содержимого либо не указано вовсе, либо, как всегда из Поднебесной, экологической является только дорогостоящая упаковка. Еще одним примером перекоса можно назвать дорогостоящие акции прямого действия зеленых, когда активисты наносят серьезный экономический и репутационный ущерб хозяйствующим субъектам, опять же оказывая, скорее, разрушительное воздействие, нежели природоохранное. Одна только эколого-террористическая группировка Фронт освобождения земли (Earth Liberation Front) с 1992 по 2001 г. взяла на себя ответственность за действия, ущерб от которых оценивается в 23 млн долл. [22]. Часто в лагерь настоящих энвайронменталистов попадают экстремисты и радикалы.

Одной из первых серьезных побед энвайронменталистов на глобальном уровне стал запрет на использование пестицида ДДТ в 1972 г. Однако сегодня, по прошествии 40 лет, остаются вопросы: опаснее последствия ДДТ или последствия роста заболеваемости малярией в беднейших странах мира. Еще одним показательным примером категоричности стала антихлорная компания в конце 80-х гг., инициированная Greenpeace. При этом в Перу власти просто отказались от хлорирования водопроводной воды, в результате 1,3 млн чел. заболели холерой, а 11 тыс. из них умерли [22]. Это доказывает, что простые запреты даже с благими целями могут привести к непоправимым последствиям. Нельзя отказаться от прогресса, нужно искать адекватные способы снижения вреда и ущерба. И, безусловно, все глобальные решения должны быть научно обоснованы, иначе они могут привести к глобальным ошибкам.

В 1990-е гг. энвайронментализм приобрел новые очертания, активисты пропагандировали недоверие к мировым брендам и многонациональным корпорациям и призывали к борьбе против ТНК и глобализации как таковой. Фактически с этого момента и выделилось новое направление, получившее название антиглобализм, и уже давно стали заметными антиглобалисты. Антипотребительские акции «День без покупок» впервые прошли в США в 1992 г., данное движение объединило все идеалы контркультурного движения (термин «контркультура» введен американским социологом Т. Роззаком для обозначения новых течений в искусстве). Контркультура имеет парадигму, отличающуюся от парадигмы доминирующей культуры, и противопоставляет себя, ставит под сомнение господствующие культурные ценности, нормы и моральные устои, создает собственную систему норм и ценностей. Расцвет контркультуры пришелся на период «молодежной революции» 1960-х гг., движения хиппи в 70-х. Оно выражалось в протестном движении на улицах города, преследующем торговые сделки и экономические саммиты по всему миру. Первые мелкомасштабные уличные протесты начались с компании под названием «50 лет – достаточно». Это движение собрало участников из торговой справедливости, сообществ по развитию и экологии для протеста против политики Международного валютного фонда, Всемирного Банка, Всемирной торговой организации. Во время празднования даты основания Всемирного Банка в 1994 г. в Мадриде активисты Гринпис забросали участников мероприятия поддельными деньгами, сопровождая громкими и фактически экстремистскими призывами [14]. С тех пор Саммиты Большой Восьмерки также стали мишенью антиглобалистов.

Необходимо отметить одно обстоятельство в развитии общественных организаций и движений энвайронменталистов за последние 30 лет. Некоторые экологические группы перестали набирать членов из общественности, а стали сотрудничать с правительствами и корпорациями. Американская группа Международное сообщество сохра-

нения природы, основанное в 1987 г., стало сотрудничать с другими организациями, в том числе с крупными компаниями, обосновывая это тем, что ни одна организация не сможет ничего сделать в одиночку. Работа со Старбакс и Волмарт позволила «привнести экологический оттенок в их модель бизнеса». Многие группы, занимающиеся экологическими вопросами, в настоящее время взяли на вооружение этот подход. Так, «Форум будущего», основанный в 1996 г., активно сотрудничает с ВР, Теско и Юнилевер [14].

Сегодня количество членов в самых крупных экологических организациях свыше 10 млн, это стократный рост с 1950-х гг. Всего в мире сотни миллионов человек вовлечены в деятельность энвайронменталистов, многие из них участвуют в акциях, подписывают петиции против деятельности компаний или протестуют против разрушения окружающей среды. Часто они соотносят свою деятельность с более широкими экологическими причинами и иногда с большими экологическими группами. Движение обычно состоит из широкой сети кампаний и акций, которые пока еще не часто соединяются в мировом масштабе. Тем не менее, уже на протяжении 40 лет активно развивается процесс международного сотрудничества в области защиты окружающей среды.

Одним из первых явлений в формате международного движения в защиту окружающей среды можно считать создание Международного союза охраны природы (IUCN, International Union for Conservation of Nature) в 1948 г., который в настоящее время объединяет 164 государства (в том числе, Россию), 124 правительственных учреждения, более 800 неправительственных организаций и около 10 000 ученых и экспертов из 181 страны мира. Организация имеет статус наблюдателя при Генеральной Ассамблее ООН. Штаб-квартира расположена в Гланде, Швейцария. Миссия состоит в том, чтобы оказывать влияние, поощрять стремление к сохранению целостности и разнообразия природы. В состав Союза, кроме его организаций-членов, входят 6 научных комиссий и профессиональный секретариат [23].

Международное сотрудничество в области охраны окружающей среды началось в 1972 г. в Стокгольме, где впервые прошла Конференция ООН по проблемам окружающей среды, касающаяся взаимосвязи между экономическим развитием и ухудшением состояния окружающей среды. Тогда, в 1972 г. многие развивающиеся страны изначально отнеслись к такого рода инициативам весьма настороженно, отказались рассматривать проблему окружающей среды как всемирно важную, опасаясь, что ограничительные барьеры в разработке и добычи местных природных ресурсов будут препятствовать их экономическому развитию. Впоследствии представленный Доклад о развитии и окружающей среде, который установил четкую связь между приоритетами экологии и развития, помог убедить развивающиеся страны в важности обозначенных проблем. По итогам Конференции был составлен план действий из 106 рекомендаций и Декларации из 26 законов о среде обитания человека. Данный документ по сути представлял собой беспрецедентное международное соглашение по вопросам экологии, подписанное 113 странами, что явилось началом экологизации международных отношений.

После Конференции в 1972 г. правительства учредили Программу ООН по окружающей среде – ЮНЕП (United Nations Environment Programm), которая остается ведущим учреждением в мире по проблемам окружающей среды. ЮНЕП разрабатывает глобальную экологическую программу, содействует реализации природоохранной составляющей устойчивого развития в рамках системы ООН, неуклонно выступает в защиту природной среды Земли [24].

В 1980-х гг. активно проходили международные переговоры по экологическим вопросам, в том числе о защите озонового слоя и контроле над движением токсичных отходов. Этот период был ознаменован растущим влиянием экологических организаций и активизацией энвайронменталистов на политической арене ведущих стран мира. В 1983 г., по инициативе Генеральной Ассамблеи ООН была создана Международная комис-

сия ООН по окружающей среде и развитию. Целью деятельности этой Комиссии стало формирование новой парадигмы развития, обеспечивающей экономическое благосостояние нынешнего и будущих поколений, наряду с охраной ресурсов окружающей среды. В докладе Комиссии Генеральной Ассамблеи ООН в 1987 г. выдвинута новая концепция устойчивого развития как альтернативы развитию, основанному на неограниченном экономическом росте. Комиссия занималась разработкой концепции устойчивого развития в широких общественных обсуждениях. Комиссию часто называют «комиссией Брундтланд» (Гру Харлем Брундтланд возглавляла Международную комиссию ООН по окружающей среде и развитию (1984–1987)). Под ее руководством была разработана и принята международная Конвенция, в которой впервые было введено понятие «устойчивое развитие». Рекомендации комиссии стали основой для проведения конференций ООН по проблемам окружающей среды и устойчивому развитию в Рио-де-Жанейро). В 1986 г. Комиссия опубликовала доклад «Наше общее будущее», известный также как «Доклад Брундтланд». Доклад посвящен совместному поиску оптимального пути «устойчивого развития». Комиссия участвовала в проведении конференции ООН по окружающей среде и развитию (Саммита Земли) в 1992 г. и принятии программы ООН «Повестка дня на XXI век» [25].

Конференция ООН по окружающей среде и развитию, которая прошла летом 1992 г. в Рио-де-Жанейро, стала следующим серьезным шагом в развитии энвайронментализма. На встрече была принята декларация, которая гласила, что «для достижения устойчивого развития защита окружающей среды должна составлять неотъемлемую часть процесса развития и не может рассматриваться в отрыве от него». Декларация содержала 27 принципов, которые определяют права и обязанности стран в обеспечении развития и благосостояния людей, Главным итогом стал документ «Повестка на 21 век» – программа того, как перейти на рельсы устойчивого развития, причем, впервые во внимание было

принято 3 сферы одновременно: социальная, экономическая и экологическая. По итогам Конференции ООН по окружающей среде и развитию в целях обеспечения эффективной последующей деятельности в 1992 г. Генеральной Ассамблеей ООН была учреждена Комиссия ООН по устойчивому развитию [26].

Еще через 10 лет, в 2002 г. был организован Всемирный Саммит по устойчивому развитию (Рио+10), который проходил в Йоханнесбурге, на нем присутствовали представители 100 стран и более 22 000 участников. Встреча получила название «Планета Земля». Этот Саммит трансформировал цели, обещания и обязательства «Повестка на 21 век» в конкретные, практические действия. Однако решение Президента США не присутствовать на Саммите частично сделало его маловлиятельным, в том числе на фоне отказа США от участия в Киотском протоколе. Власти США утверждали, что его принятие подорвало бы экономику США и послужило причиной несправедливых исключений для развивающихся стран. Многие видели позицию США все более изоляционистской и расходящейся с международными проблемами. Но именно на этом Саммите Государственный секретарь Колин Пауэлл, глава делегации США, делал особый акцент на развитие сотрудничества с частным сектором и подчеркивал приоритетность экономического роста над связанными обязательствами глобальными договорами по борьбе с проблемами окружающей среды и нищетой. Именно тогда впервые возникла альтернатива традиционному сотрудничеству, участниками которого были преимущественно правительственные организации. Саммит способствовал продвижению сотрудничества между правительствами, общественными организациями и бизнес-сообществом для реализации целей устойчивого развития. Эта встреча фактически стала первым практическим шагом к устойчивому развитию в глобальном масштабе [27]. Саммит и регулярные конференции ООН по окружающей среде и развитию способствовали интеграции глобальной экологической программы и программы глобального развития. Каждая из

этих конференций пропагандировала объединяющий принцип для глобального движения в защиту окружающей среды, создавая глобальную экологическую программу со всеми атрибутами.

В июне 2012 г., уже спустя 20 лет после Конференции по окружающей среде и развитию в Рио-де-Жанейро, вновь прошла встреча лидеров стран на Саммите «Рио+20», где были обсуждены возникшие проблемы «зеленой» экономики, устойчивого развития и искоренения бедности. Методы решения многих проблем в области устойчивого развития, включая вызовы, связанные с развитием городов, энергией, водой, продовольствием и экосистемами, известны. На «Рио+20» страны попытались найти пути их претворения в жизнь, основными приоритетами дальнейшего развития стали: переход к более безопасной для экологии экономике с акцентом на искоренение нищеты, защита океанов от разрушения морских экосистем и отрицательного воздействия изменения климата, рациональное обустройство городов и создание в них более благоприятных условий для жизни, переход на использование возобновляемых источников энергии, в целях сокращения выбросов углерода и масштабов загрязнения окружающей среды, при содействии экономическому росту, а также повышение эффективности управления лесами в целях сокращения масштабов обезлесения вдвое к 2030 г. и повышение эффективности управления водными ресурсами в целях борьбы с опустыниванием [27]. Итогом «РИО+20» стал документ «Будущее, которого мы хотим». Итоговый документ конференции обсуждался несколько месяцев и был согласован практически только в последний день.

Еще один международный процесс связан с развитием сотрудничества в рамках Рамочной конвенции изменения климата (РКИК) ООН [28]. За всю историю развития многосторонние соглашения по охране окружающей среды не раз сталкивались с проблемами, когда они подвергаются сомнению с научной точки зрения и требуют всеобщей поддержки со стороны международного сообщества, но при этом часто рассматриваются

как угроза экономическим интересам. История РКИК ООН включает все эти факторы и многое другое. Сегодня глобальные последствия действий или бездействия по вопросу изменения климата придают этой проблеме большее значение, чем какой-либо другой проблеме окружающей среды. Из-за неспособности международного сообщества сформировать эффективное юридически обязательное соглашение поднимаются вопросы о будущем многосторонних соглашений по охране окружающей среды. Международные переговоры по изменению климата поддерживаются институциональным аппаратом, направленным на достижение научного и политического консенсуса. Научная поддержка осуществляется Межправительственной группой экспертов по изменению климата (МГЭИК), созданной в 1988 г., Всемирной метеорологической организацией (ВМО) и Программой ООН по окружающей среде (ЮНЕП). Задачи МГЭИК заключаются в оценке информации о причинах изменения климата, их последствиях и вариантах их решения. МГЭИК с 1990 г. регулярно публикует оценочные доклады по изменению климата. С 1990 г. было сделано четыре оценочных доклада МГЭИК, и каждый из них предоставлял новые и все более точные свидетельства о том, что глобальное потепление может быть вызвано деятельностью человека. Для осуществления координации деятельности на международном уровне в области борьбы с изменениями климата в 1992 г. учреждена РКИК ООН. С этого момента РКИК ООН стала основой для переговоров, направленных на ограничение выбросов парниковых газов. РКИК ООН вступила в силу в 1994 г. Начиная с 1995 г. все страны-подписанты РКИК ООН регулярно проводят встречи на высшем уровне на Конференции сторон (КС) для дальнейшего развития соглашений. Итогами третьей КС стал Киотский протокол, рассчитанный на период 2008–2012 гг. Киотский протокол, подписанный в 1997 г. и ратифицированный только в 2005 г., по сути, представляет собой первый глобальный межгосударственный акт. Сегодня по итогам завершения 1 Киотского периода 2008–2012 гг. стоит отметить: что-то удалось и некото-

рые механизмы действительно работают, стимулируя хозяйствующие субъекты внедрять энергосберегающие технологии и снижать эмиссию парниковых газов, но ряд положений остался только на бумаге, а некоторые механизмы работают только на финансовую экономику, а не на реальный сектор. В частности, реализация механизма торговли квотами на выбросы породила новые финансовые деривативы, еще более оторвав финансовый биржевой мир от действительности, доходы от оборота квот часто оседают в руках дилеров и обращаются только на бирже, не достигая заявленных целей [28–29].

Для развитых и развивающихся стран, ведущих переговоры РКИК ООН, предметом разногласий стало разделение ответственности за сокращение выбросов парниковых газов в атмосферу.

Вклад научного сообщества в экологизацию международных отношений состоял в обеспечении международного сообщества научно обоснованной информацией, выявлении тенденций, что было необходимо для развития и проведения политических действий. В 2007 г. группа ученых, членов Межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК) во главе с Альбертом Гором получила Нобелевскую премию мира за «свои попытки заложить основы для мер, необходимых, чтобы противостоять климатическим изменениям». Такой уровень научной согласованности мог бы рассматриваться в качестве модели для поддержки многосторонних соглашений по охране окружающей среды, но противники глобального соглашения подвергли эти данные сомнению с научной точки зрения для оправдания своего бездействия. Существует множество причин, по которым переговоры об изменении климата носят затяжной характер. Но, прежде всего, это причины экономические, а не научные, что и продемонстрировал Киотский процесс. Возникли сложные вопросы, которые затрагивали экономические интересы и положение на мировых рынках. Очень важно было оценить текущее состояние и сделать правильные прогнозы на будущее, так как различия между произведенными ранее, настоящими

и прогнозируемыми выбросами парниковых газов весьма существенны. До 1990-х гг. почти половина выбросов углекислого газа приходилась на США и страны Европы, это было обусловлено высокими производственными мощностями в данных странах. Но уже в 90-х гг. все изменилось, львиная доля производства стала приходиться на развивающийся мир, во главе которого стоит Китай. Именно эта группа стран и является основными эмитентами парниковых газов на современном этапе.

С окончанием срока действия Киотского протокола внимание было обращено на установление нового ряда международных задач, осуществить которые возможно либо продлив срок действия Киотского протокола, либо разработав «договор-преемник». На тринадцатой КС в Индонезии и четырнадцатой КС в Познани усилия были направлены на заложение основ нового соглашения по изменению климата. Все ожидали, что результатом пятнадцатой КС в Копенгагене в 2009 г. станет новое глобальное соглашение по защите окружающей среды. «Мега-конференция» собрала рекордное количество участников: глав национальных правительств, ведущих мировых производителей и общественных движений. К сожалению, мир не получил нового руководства к действиям и даже дорожной карты. В 2010 г. прошла шестнадцатая КС в Мексике. Переговоры были конструктивными, страны согласовали принципы наблюдения, отчетности и контроля за выбросами парниковых газов, а также основали Зеленый климатический фонд для осуществления инвестиций в зеленые проекты в развивающихся странах. Были официально озвучены целевые ориентиры в области сокращения выбросов парниковых газов в рамках процесса РКИК ООН и, несмотря на скромность этих результатов, все же было восстановлено доверие международного сообщества к борьбе с изменениями климата под эгидой ООН. В ЮАР в 2011 г. на семнадцатой КС кропотливая работа продолжилась. Последняя, восемнадцатая Конференция сторон РКИК ООН совпала с восьмой встречей сторон Киотского протокола и проходила в Катаре в конце 2012 г. При этом было достиг-

нута соглашение о продлении действия Киотского протокола с 2013 по 2020 гг. Обсуждения были тяжелыми, поскольку Россия и ряд других государств выступили за ограничения некоторых частей Киотского протокола. Благотворительные организации и защитники экологии встретили решения конференции ООН с явным разочарованием. Предстоит тяжелая работа, сопряженная с необходимостью соотносить интересы экономики и ответственности.

Таким образом, можно резюмировать, что ведущая роль в решении вопросов, связанных с охраной природы на международном уровне, несомненно, принадлежит ООН, в частности, ранее охарактеризованным структурам. Однако стоит заметить, что их работа была бы невозможной без поддержки Генеральной Ассамблеи, Экономического и Социального Совета (ЭКОСОС), региональных экономических комиссий (ЕЭК, ЭСКАТО, ЭКА, ЭКЛА), Конференции ООН по торговле и развитию (ЮНКТАД), по промышленному развитию (ЮНИДО), Международной организации труда (МОТ), Продовольственной и сельскохозяйственной организации ООН (ФАО), Организации Объединенных Наций по вопросам образования, культуры и науки (ЮНЕСКО), Всемирной метеорологической организации (ВМО), Международного банка реконструкции и развития (МБРР), Программы ООН по развитию (ПРООН), Комитета по природным ресурсам (КПР), Межправительственной морской организации (ИМО), Международного агентства по атомной энергии (МАГАТЭ), Международной организации гражданской авиации (ИКАО) и многих других.

Хочется верить, что создание глобальной системы общественного контроля, направленной на сохранение окружающей среды и устойчивое развитие, функционирующей на национальном и международном уровнях, позволит следовать принципам энвайронменталистов «Think globally, act locally» (Думай глобально, действуй локально). Несомненно, человек и природа едины и неотделимы, следовательно, противопоставлять их друг другу в корне неверно и бессмысленно. Человек не в состоянии отменить или изменить законы при-

роды, ибо они объективны и действуют помимо его воли. Человек не может господствовать над природой, он принадлежит ей и находится внутри нее. Господство человека над природой есть не что иное, как деятельность, основанная на использовании ее законов.

Энвайронментализм – это движение, в котором человек играет важнейшую роль, это неоспоримо, но важно отметить, что не отдельно взятый человек, а только люди, объединенные в общество. Очевидно, следует согласиться, что в современном мире уже нет отдельно «человека» и «природы»: человек экологизирован, природа социализирована [30].

В последние годы и в России в условиях определенного экономического роста, повышения благосостояния, формирования и развития гражданского общества идеи энвайронментализма находят все более широкое распространение и понимание.

Глобальной задачей энвайронментализма мы видим кардинальное изменение экологической политики государств и международного сообщества, направленное на экологическую модернизацию мировой экономики, в результате чего в экономике должен преобладать «зеленый рост» при неуклонном повышении качества жизни человека, и все это в условиях сохранения окружающей среды. Инструментарий энвайронментализма должен быть направлен на экологическую модернизацию экономики и общества. Здесь необходимо понимать, что модернизация должна стать результатом повышения экологического сознания, воспитания, образования и поведения, причем, это должно брать начало с каждого конкретно взятого человека, и именно гражданское общество может стать главной движущей силой этих процессов. В противном случае мы еще долго будем продолжать политику истощительного природопользования.

В стратегической программе развития России отмечается, что назрела необходимость утверждения единого документа, определяющего содержание федеральной политики в области экологического развития страны (стратегия «зеленого роста»), предусматривающей его интеграцию с социально-экономическим развитием. Основные усилия должны

быть сосредоточены на получении двойной выгоды, при которой решение социально-экономических проблем сопровождается положительным экологическим эффектом [31].

Мы надеемся, что стоим на пороге новой эры развития экономики России, где рациональное использование природных ресурсов и бережное отношение к окружающей среде определит ключевые меры государственной политики экологического развития.

Библиографический список

1. Розенберг Г.С. Узловые вопросы современной экологии: учебное пособие / Г.С. Розенберг, Д.П. Мозговой. – Тольятти: ИЭВБ РАН; СамГУ, 1992. – 149 с.
2. Николаевская Н.Г. Основы общей экологии: учеб. пособие для вузов / Н.Г. Николаевская, Т.В. Шапа. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: МГУЛ, 2009. – 123 с.
3. Шалаев, В.С. Об угрозах антропогенного воздействия на экосистемы / В.С. Шалаев // Вестник МГУЛ – Лесной вестник – 2010. – № 7(76). – С. 4–9.
4. Хуторова, Н.А. Роль и место экологического менеджмента в системе устойчивого развития / Н.А. Хуторова // Вестник МГУЛ – Лесной вестник – 2012. – № 9(92). – С. 135–138.
5. Garrett Hardin. The Tragedy of the Commons. Science, 162(1968): 1243–1248. <http://eesc.columbia.edu/courses/v1003/lectures/population/Tragedy%20of%20the%20Commons.pdf>
6. Donella H. Meadows, Dennis L. Meadows, Jorgen Randers and William W. Behrens III, The Limits to Growth: A Report for the Club of Rome's Project on the Predicament of Mankind. New-York: Universe Books, 1972. – 205p.
7. Donella H. Meadows, Dennis L. Meadows and Jorgen Randers, Beyond the Limits: confronting global collapse, envisioning a sustainable future // Post Mills, Vt.: Chelsea Green Pub. Co., 1992. 300 p. <http://www.donellameadows.org/wp-content/userfiles/Limits-to-Growth-digital-scan-version.pdf>
8. Edward Goldsmith, Robert Allen, Michael Allaby, John Davoll, Sam Lawrence. A Blueprint for Survival. The Ecologist, 1972. <http://www.theecologist.info/page34.html>
9. Schumacher E.F. Small is Beautiful. 1973. <http://www.ecobooks.com/books/smbeaut.htm>
10. Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future (Oxford: Oxford University Press, 1987). <http://www.un-documents.net/our-common-future.pdf>
11. Аткиссон А. Поверьте Кассандре. Как быть оптимистом в пессимистичном мире / А. Аткиссон; пер. 2-го англ. изд. В.В. Дедюхина; под ред. Н.П. Тарасовой. М.: Бином, 2012. – 264 с.
12. Даймонд Дж. Коллапс. Почему одни общества выживают, а другие умирают: / Джаред Даймонд. – М.: АСТ МОСКВА, 2008. – 762 с.
13. Браун Л. Как избежать климатических катастроф? / Л. Браун. – М.: ИД «Коммерсант», «ЭКМО», 2010. – 413 с.
14. Gary Naq, Alistair Paul. Environmentalism since 1945 / Routledge Taylor and Francis Group, London and New York, 2012. – 124p.
15. Murray Bookchin, Post-Scarcity Anarchism, 1973.1. <http://libcom.org/files/Post-Scarcity%20Anarchism%20-%20Murray%20Bookchin.pdf>
16. Pirages D. and Ehrlich P. Ark II: Social Response to Environmental Imperatives. SanFrancisco: W. H. Freeman & Co Ltd; First Printing edition (June 1974). – 354p.
17. Catton W. and Dunlap R. Environmental Sociology: A New Paradigm // American Sociologist. 1978. Vol. 13. P. 41–49.
18. Материалы сайта «Друзья Земли». <http://www.foei.org/en/who-we-are/member-directory/groups-on-the-map>
19. Материалы сайта Всемирного фонда дикой природы. <http://www.wwf.org/>
20. Материалы сайта Гринпис. <http://www.greenpeace.org/international/en/>
21. Материалы сайта ООН. <http://www.uncsd2012.org/thefuturewewant.html>
22. Каптерев, А. Международный энвайронментализм. 2003. <http://prompolit.ru/thecroaker>
23. Материалы сайта Международного союза охраны природы. http://www.iucn.org/about/union/members/who_members/
24. Материалы сайта Программы ООН по окружающей среде. <http://www.unep.org>
25. Материалы сайта ООН по окружающей среде. <http://www.un.org/ru/development/sustainable/background.shtml>
26. Материалы сайта ООН по окружающей среде. <http://www.un.org/ru/development/sustainable/csd.shtml>
27. Материалы сайта ООН. http://www.un.org/russian/conferen/wssd/docs/plan_wssd.pdf
28. Материалы сайта Рамочной конвенции ООН по изменению климата. <http://unfccc.int/2860.php>
29. Материалы сайта Экосоглашие. <http://www.есоaccord.org/rio20/>
30. Кудинова, Г.Э., Розенберг А.Г., Розенберг Г.С. Экологическая модернизация: становление, современное состояние и перспективы / Институт экологии Волжского бассейна РАН. Тольятти. 2013. http://www.ssc.smr.ru/media/journals/samluka/2013/22_2_02.pdf
31. Стратегия 2020: Новая модель роста – новая социальная политика. Итоговый доклад о результатах экспертной работы по актуальным проблемам социально-экономической стратегии России на период до 2020 г. 864с. <http://strategy2020.rian.ru/>

«Historical timeline of environmentalism»

- 1945 The Second World War ends
The United Nations is established
- 1948 Fairfield Osborn publishes Our Plundered Planet
William Vogt publishes Road to Survival
- 1947 The US Defenders of Wildlife is established
The US Marshall Plan for post-war economic recovery is adopted
- 1949 UN Scientific Conference on Conservation and Utilization of Resources is held in New York
Aldo Leopold publishes A Sand County Almanac
- 1951 The US Nature Conservancy is established
US President Truman establishes the Paley Commission to examine future supply of natural resources
- 1952 The great London smog kills an estimated 12,000 people
The Paley Commission publishes Resources for Freedom report
- 1953 The Keep America Beautiful campaign is established
The Coronation of Queen Elizabeth II takes place in London
- 1954 The UK Beaver Committee concludes levels of air pollution can no longer be tolerated
Food rationing ends in the UK
- 1955 First UK Independent Television channel (ITV) is launched
- 1956 UK adopts its first Clean Air Act
- 1957 A fire occurs at Britain's Windscale nuclear power plant
- 1958 US economist J. K. Galbraith publishes The Affluent Society
- 1961 World Wildlife Fund (WWF) is established
Agent orange - a chemical herbicide - is used in the Vietnam War
- 1962 Rachel Carson publishes Silent Spring
- 1963 USA adopts the Clean Air Act
- 1964 USA adopts the Wilderness Act
- 1965 USA adopts the Land and Water Conservation Act
Ralph Nader publishes Unsafe at Any Speed
- 1966 Kenneth E. Boulding publishes his essay 'The Economics of the Coming Spaceship Earth'
In the USA, The Undersea World of Jacques Cousteau is broadcast
The International Union for Conservation of Nature publishes its first Red Data Book on endangered species
- 1967 US Environmental Defense Fund is established
Torrey Canyon oil spill occurs off the coast of Cornwall
- 1968 Apollo 8 mission produces first images of the Earth from space
A biosphere conference is held in Paris
Garrett Hardin publishes 'The Tragedy of the Commons'
Paul Ehrlich publishes The Population Bomb
- 1969 Friends of the Earth is established
An oil slick occurs at Santa Barbara
Cuyahoga River fire occurs
USA adopts the National Environmental Policy Act
- 1970 Natural Resources Defense Council is established
The first Earth Day is held in the USA
Don't Make a Wave Committee is established to protest against nuclear testing in Canada
MIT's Study of Critical Environmental Problems publishes
Man's Impact on the Global Environment report
The UK Royal Commission on Environmental Pollution is established
- 1971 The Founex Report identifies the link between development and environment

- Greenpeace is established
- The US State of Oregon's Bottle Bill becomes law
- The Environmental Defense Fund wins a court order forcing the US federal government to consider a national DDT ban
- Keep America Beautiful launches the US 'Crying Indian' campaign
- Nicholas Georgescu-Roegen publishes The Entropy Law and the Economic Process
- Barry Commoner publishes The Closing Circle
- Friends of the Earth launches its first UK protest against non-returnable bottles
- 1972 UN Conference on the Human Environment is held in Stockholm
- The UK-based magazine The Ecologist publishes 'A Blueprint for Survival'
- First US Earth Day takes place on 22 April
- Club of Rome publishes The Limits to Growth
- James Lovelock develops his Gaia hypothesis
- Barbara Ward publishes Only One Earth
- USA adopts the Clean Water Act
- 1973 E. F. Schumacher publishes Small is Beautiful
- Murray Bookchin publishes Post-Scarcity Anarchism
- USA adopts the Endangered Species Act
- The US Ecology Center launches a recycling demonstration project in California
- 1974 UK adopts the Environmental Pollution Act
- 1975 Vietnam War ends
- RAMSAR Convention (wetlands) and CITES (wild animal trade) come into force
- 1976 Seveso disaster occurs in Italy, producing a dioxin cloud
- USA adopts the Resource Conservation and Recovery Act
- US Toxic Substances Control Act
- 1977 UK's first bottle bank is sited in Barnsley, South Yorkshire
- 1978 Amoco Cadiz oil disaster occurs near Brittany, France
- Toxic waste in the Love Canal neighbourhood in New York State is discovered
- 1979 Three Mile Island nuclear accident occurs in the USA
- BBC broadcasts David Attenborough's Life on Earth documentary
- Emergency clean-up of the Valley of the Drums - a 23-acre toxic waste dump in Kentucky
- 1980 The Brandt Commission publishes North-South: A Programme for Survival
- 1981 UK adopts the Wildlife and Countryside Act
- International Whaling Commission finally bans commercial whaling
- Miljopartiet de Grona is established as Sweden's first green political party
- Julian Simon publishes The Ultimate Resource
- 1982 Residents of Afton, a predominantly black community, protest against the construction of a hazardous waste site in North Carolina
- 1983 Brandt Commission publishes Common Crisis
- Times Beach in Missouri is evacuated due to toxin scare
- 1984 Union Carbide Bhopal disaster occurs in India
- Friends of the Earth launches its first UK campaign on acid rain
- 1985 Greenpeace's Rainbow Warrior is blown up by French
- Intelligence in Auckland, New Zealand
- Live Aid concert takes place to raise money for Ethiopian famine
- 1986 Chernobyl nuclear power plant explodes in Ukraine
- UK government accepts link between British air pollution and Scandinavian acid rain
- Brundtland Commission publishes Our Common Future
- US United Church of Christ's Commission for Racial Justice publishes Toxic Wastes and Race
- 1987 Monsanto undertakes its first GM field trials
- Economist Robert Costanza and colleagues attempt to value ecosystem services
- 1988 Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) is established

- Miljopartiet de Grona is the first new political party to enter the Swedish parliament for seventy years
- 1989 Exxon Valdez oil spill occurs in Alaska
Swedish government establishes the Stockholm Environment Institute as an international environment development research institute
US Time magazine declares Endangered Earth as Planet of the Year
UK Green Party receives 2.2 million votes in the European elections - 15 percent of the vote
British musician Sting establishes Rainforest Foundation International
- 1990 UK publishes its first environment White Paper
IPCC publishes its first assessment report on the science of climate change
UK adopts the Environmental Protection Act
- 1991 A road protest camp at Twyford Down hits the UK national news
- 1992 Earth Summit is held in Rio de Janeiro, Brazil
European Union introduces a voluntary Eco-labelling scheme Anti-consumerist 'Buy Nothing Day' is launched in the USA
- 1994 US President Clinton signs an Executive Order reinforcing civil rights and environmental laws
World Bank anniversary celebrations take place in Madrid, Spain
- 1995 Anti-road protests take place at Newbury by pass in Berkshire, England
Greenpeace opposes the deep-sea disposal of Brent Spar oil storage buoy
Finnish Greens become the first party in Western Europe to enter a national government
- 1996 UK Forum for the Future is established
- 1997 The Kyoto Protocol on climate change is adopted
- 1998 Veterans of the anti-roads movement and Reclaim the Streets participate in the Global Street Party to coincide with the G8 summit in Birmingham
- 1999 Protests take place at the Seattle World Trade Organization negotiations
- 2000 UK Commission on Sustainable Development is established
- 2001 Terrorist attacks take place on the World Trade Center in New York on 11 September
G8 summit in Genoa (Italy) is attended by an estimated 200,000 protestors; security forces shoot dead a protestor
IPCC publishes its third assessment report on climate change
- 2002 UN World Summit on Sustainable Development held in Johannesburg, South Africa
- 2005 Kyoto Protocol on climate change comes into force
The UN Millennium Ecosystem Assessment is published
- 2006 US magazine Vanity Fair publishes a special Green Issue
Al Gore produces the Oscar-winning climate change documentary film An Inconvenient Truth
The Stern Review estimates the cost of not taking action on climate change
- 2007 Al Gore holds a Live Earth concert to raise awareness to combat climate change
IPCC publishes its fourth assessment report on climate change
- 2008 UK adopts the world's first Climate Change Act with a legally binding commitment to reduce carbon emissions
UNEP launches a Global Green New Deal
- 2009 COP 15 climate change talks held in Copenhagen (Denmark)
Tim Jackson publishes Prosperity Without Growth
University of East Anglia deals with the implications of 'climategate' email scandal
- 2010 US President Obama introduces the Climate Change Bill
BP Deepwater Horizon oil spill in the Gulf of Mexico
COP 16 UN climate talks take place in Cancun, Mexico
Caroline Lucas is elected as Britain's first Green Party Member of Parliament
- 2010 UNEP publishes Towards a Green Economy report
UK coalition government abolishes the Royal Commission on Environmental Pollution and the Commission on Sustainable Development
An earthquake and tsunami threaten the operation of nuclear power plants in Japan
- 2012 UN Earth Summit (Rio+20) takes place in Rio de Janeiro, Brazil
- 2014 IPCC publishes its fifth assessment report on climate change

**БИОЛОГИЧЕСКАЯ СЛОЖНОСТЬ КАК ИНДИКАТОР
СОСТОЯНИЯ ЛЕСНОЙ ЭКОСИСТЕМЫ**

В.Ф. КРАПИВИН *проф.*, *Ин-т радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова РАН*,
д-р физ.-мат. наук,

В.С. ШАЛАЕВ *проф.*, *директор ИСИЛ*, *д-р техн. наук*,

В.Д. БУРКОВ *проф.*, *МГУЛ*, *д-р техн. наук*,

В.Ю. СОЛДАТОВ *научн. сотр. Фрязинского филиала Института радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова РА*, *канд. физ.-мат. наук*

shalaev@mgul.ac.ru

Для оценки состояния лесной экосистемы желательно иметь простой и легко рассчитываемый показатель. В качестве такого показателя можно предложить индикатор биологической сложности (биосложности), который определяет соотношение живой и неживой субстанций на рассматриваемой территории и определяет живучесть экосистемы, а также отвечает на вопрос, является ли она живой [1, 2]. Для лесной экосистемы такой индикатор может служить показателем направленности ее естественной эволюции в зависимости от изменений внешней среды и тем самым своевременно обнаруживать наступление критических состояний. Для урбоэкосистемы, где наряду с природными ландшафтами существуют урбанизированные территории, введение такого индикатора может способствовать принятию эффективных решений при выборе альтернативных вариантов развития территории и помогать при планировании инфраструктуры ее окружающей среды. Такой индикатор также может помогать оценивать последствия взаимодействия урбанизированных территорий с прилегающими природными ландшафтами.

Биосложность является производной биологических, физических, химических, социальных и поведенческих взаимодействий подсистем окружающей среды, включая живые организмы и население территории. По существу понятие биосложности в окружающем нас мире тесно связано с закономерностями функционирования биосферы как единства образующих ее экосистем и природно-хозяйственных систем различного масштаба, от локального до глобального.

Поэтому для определения биосложности и ее оценки необходимо совместное формализованное описание биологических, геохимических, геофизических и антропогенных факторов и процессов, происходящих на данном уровне пространственно-временной иерархии шкал и масштабов. В лесной экосистеме в этом случае в первую очередь необходим учет сети связей и взаимодействий между видами, приводящих к множественным нелинейным эффектам в динамике изучаемой экосистемы.

Проявление биосложности является характерным признаком всех систем окружающей среды, связанных с жизнью. Элементы этого проявления изучаются в рамках теории устойчивости и живучести экосистем [2]. Здесь следует отметить, что формирование биосложности включает показатели степени взаимной модификации взаимодействующих систем, а это значит, что изучение биосложности необходимо вести с учетом как пространственных, так и биологических уровней организации. Трудность этой задачи определяется сложностью поведения объекта исследования, особенно, если учитывать человеческий фактор, из-за которого количество стрессовых ситуаций в окружающей среде постоянно возрастает. Конкретно для лесной экосистемы определение биосложности требует учета тенденции динамики разных ярусов лесной растительности, характера и уровня взаимозависимостей между ними. Особенно важно учитывать характерные периоды динамики древостоя, моменты и время восстановления исходной структуры лесной экосистемы при вмешательстве внешних факторов [3, 4].

Происходящие в окружающей среде процессы можно представить как совокупность взаимодействий между ее подсистемами. Поскольку человек является одним из ее элементов, однозначного расчленения окружающей среды, например, на биосферу и общество выполнить невозможно. Вопрос состоит в том, чтобы найти такие механизмы описания подобных корреляций и взаимозависимостей, которые бы достоверно отображали динамику окружающей среды и давали ответы на вопросы:

1. Каким образом сложность биологических, физических и социальных систем в окружающей среде возникает и изменяется?

2. Каковы механизмы спонтанного развития многих явлений в окружающей среде?

3. Каким образом системы окружающей среды с живыми компонентами, включая и те, которые созданы человеком, реагируют и приспосабливаются к стрессовым ситуациям?

4. Какими путями информация, энергия и вещество движутся внутри систем окружающей среды и через их уровни организации?

5. Возможно ли предсказать адаптивность системы и прогностически оценить изменения в ней?

6. Как человек влияет и реагирует на биосложность в природных системах?

К этому ряду можно добавить еще многие другие не менее важные и значимые вопросы. Например, до какого уровня сложности необходимо довести спутниковые системы наблюдений за окружающей средой, чтобы поставляемой ими информации было достаточно для достоверной оценки состояния среды хотя бы на момент получения информации? Не менее важен вопрос об оптимальности размещения средств геоинформационного мониторинга на различных уровнях уже сложившейся его организации [1, 2, 5].

Концептуально-формализованная модель биологической сложности

Для определения биосложности лесной экосистемы необходимо описать ее

структуру и функции, а в случае урбоэкосистемы также параметризовать действия человека по их изменению. В общем случае, биосложность окружающей среды в определенной степени является индикатором взаимосвязанности ее систем. На описательном уровне обычно выделяются четыре группы обменных процессов в экосистеме, охватывающих этапы последовательных и взаимосвязанных циклов от синтеза органического вещества растительностью до минерализации органического вещества почвы. Здесь важно задание количественных показателей, которые отражают уровни проявления этих циклов и характеризуют направленность и продолжительность этапов продукционно-деструкционных процессов [1, 6, 7].

В этой связи, можно ввести шкалу Ξ биосложности, изменяющуюся от условий, когда в окружающей среде все взаимодействия прекращены (оборваны) до уровня, когда они соответствуют естественному процессу эволюции. Мы получаем, таким образом, интегральный показатель состояния окружающей среды в целом с учетом биологической способности, биологического разнообразия и выживаемости [1, 2].

Подобный показатель характеризует все виды взаимодействия компонентов окружающей среды. Так, например, при биологическом взаимодействии, связанном с отношениями типа «хищник–жертва» или «конкуренция за энергетический ресурс», существует некоторый минимальный уровень наличия ресурсов (пищи, минеральных солей, солнечной энергии), когда они становятся практически недоступными и взаимодействие консумента с продуцентом прекращается. Химический и физический процессы взаимодействия элементов окружающей среды также зависят от наборов определенных критических параметров [8].

Все сказанное подчеркивает, что биосложность относится к категориям, которые трудно измерить и выразить количественно. Однако попытаемся перейти от чисто словесных рассуждений к формализованным количественным определениям. Для перехода к градациям шкалы Ξ с числовым масштабом

постулируем, что между двумя значениями индикатора шкалы существуют отношения типа $\Xi_1 < \Xi_2$, $\Xi_1 > \Xi_2$ или $\Xi_1 \equiv \Xi_2$. Другими словами, всегда имеет место такое значение этой шкалы ρ , которое определяет уровень биосложности $\Xi \rightarrow \rho = f(\Xi)$, где f – некоторое преобразование понятия биосложности в число.

Попытаемся найти удовлетворительную модель, которая отобразит качественный портрет биосложности в область понятий и признаков, подчиняющихся формализованному описанию и преобразованию. С этой целью выделим в изучаемой системе m элементов – подсистем низшего уровня, взаимодействие между которыми определим бинарной матричной функцией: $A = ||a_{ij}||$, где $a_{ij} = 0$, если элементы i и j не взаимодействуют; $a_{ij} \neq 0$, если элементы i и j находятся во взаимодействии. Это самый простейший вариант определения биосложности. В общем виде следует для каждого взаимодействия количественно определять его уровень.

В общем случае показатель a_{ij} можно интерпретировать как уровень взаимодействия элементов i и j . Тогда любая точка $\xi \in \Xi$ определяется как сумма

$$\xi = \sum_{i=1}^m \sum_{j>i}^m a_{ij}. \quad (1)$$

Характер коэффициентов a_{ij} зависит от природы элементов экосистемы. Выделим три основных типа элементов: живые (в том числе растительность), неживые элементы и антропогенные компоненты. Живые элементы характеризуются плотностью, исчисляемой в количестве особей на (в) единице площади (объема) или концентрацией биомассы. Растительность характеризуется типом и долей занимаемой площади. Неживые элементы разделяются по уровню их концентраций, отнесенных к площади или объему пространства. Антропогенные компоненты включают население, технологические процессы воздействия на природную среду.

В общем случае каждому элементу i приписывается некоторый коэффициент d_i , который соответствует его значимости. В результате получаем уточнение для расчетной

формулы при переходе от понятия биосложности к шкале Ξ ее индикатора

$$\xi = \sum_{i=1}^m \sum_{j>i}^m d_j a_{ij}. \quad (2)$$

Ясно, что $\xi = \xi(\varphi, \lambda, t)$, где φ и λ – географическая широта и долгота соответственно, t – текущее время. Для некоторой территории Ω индикатор биосложности определим как среднее значение

$$\xi_{\Omega}(t) = (1/\sigma) \int_{(\varphi, \lambda) \in \Omega} \xi(\varphi, \lambda, t) d\varphi d\lambda, \quad (3)$$

где σ – площадь территории Ω .

Таким образом, индикатор $\xi_{\Omega}(t)$ выступает как интегральный показатель сложности системы, отражая индивидуальность ее структуры и поведения в каждый момент времени t в пространстве Ω . В соответствии с законами естественной эволюции уменьшение (увеличение) величины ξ_{Ω} будет отслеживать возрастание (сокращение) биоразнообразия и способности природно-антропогенных систем к выживанию. Так как уменьшение биоразнообразия нарушает замкнутость биогеохимических круговоротов и приводит к увеличению нагрузки на невозобновимые ресурсы, то бинарная структура матрицы A сдвигается в направлении усиления позиций ресурсоисточающих технологий, и вектор энергетического обмена между подсистемами экосистемы смещается в состояние, когда уровень ее выживаемости понижается.

Как лесная, так и урбозкосистема состоит из элементов – подсистем B_i ($i = 1, \dots, m$), взаимодействие между которыми формируется во времени в зависимости от многих факторов. Биосложность складывается из структурной и динамической сложности составляющих систему элементов. Другими словами, биосложность системы формируется в процессе взаимодействия ее частей $\{B_i\}$. С течением времени подсистемы B_i могут изменять свои состояния и, следовательно, будет изменяться топология связей между ними. Эволюционный механизм приспособления подсистем B_i к окружающей их среде позволяет выдвинуть гипотезу о том, что каждая подсистема B_i , независимо от ее типа, обладает структурой $B_{i,S}$ поведением $B_{i,B}$ и целью

$B_{i,G}$. Таким образом, $B_i = \{B_{i,S}, B_{i,B}, B_{i,G}\}$. Целью $B_{i,G}$ подсистемы B_i является ее стремление достигнуть определенных предпочтительных для нее состояний. Целесообразность структуры $B_{i,S}$ и целенаправленность поведения $B_{i,B}$ подсистемы B_i оценивается эффективностью достижения цели $B_{i,G}$.

Конечно, такая формализация состояния лесной или урбэко системы требует создания достаточно объемной базы данных и проведения исследований по взаимодействию их подсистем. Тем не менее, имеющиеся данные подтверждают возможность именно такого подхода к параметризации биологической сложности лесных экосистем. Известно, что при уменьшении осадков над лесом зеленая биомасса уменьшается пропорционально с коэффициентом много меньшим единицы, а численность первичных консументов сокращается еще медленнее.

Поскольку взаимодействие подсистем $\{B_i\}$ связано с химическим и энергетическим кругооборотом, то естественно предположить, что каждая подсистема B_i так организует геохимические и геофизические преобразования вещества и энергии, чтобы сохранить устойчивое состояние. Формализованный подход к этому процессу состоит в предположении, что в структуре экосистемы между подсистемами B_i происходят обмены некоторых количеств V расходуемых ресурсов на некоторые количества W потребляемых ресурсов ((V, W) – обмен). В общем случае $W = W(V, B_i, \{B_k, k \in K\})$, где K – множество номеров подсистем, находящихся в контакте с подсистемой B_i .

Обозначим $B_K = \{B_k, k \in K\}$. Тогда результатом взаимодействия подсистемы B_i с ее окружением B_K являются следующие (V, W) -обмены:

$$\begin{aligned} W_{i,0} &= \max_{B_i} \min_{B_K} W_i(V_i, B_i, B_K) = W_i(V_i, B_{i,opt}, B_{K,opt}); \\ W_{K,0} &= \max_{B_K} \min_{B_i} W_K(V_K, B_i, B_K) = W_K(V_K, B_{i,opt}, B_{K,opt}). \end{aligned} \quad (4)$$

Отсюда видно, что при определении уровней V_i и V_K имеется некоторое размазывание цели подсистемы B_i . Поскольку в природе действуют факторы лимитирования, то, в данном случае, естественно предположить

наличие некоторого порога $V_{i,min}$, при достижении которого энергетический ресурс подсистемы перестает тратиться на добывание внешнего ресурса, т.е. при $V_i \leq V_{i,min}$ подсистема B_i переходит в режим регенерации внутреннего ресурса. Другими словами, при $V_i \leq V_{i,min}$ происходит уменьшение индикатора биосложности $\xi_{\Omega}(t)$ за счет обрыва связей подсистемы B_i с другими подсистемами.

В общем случае $V_{i,min}$ является структурной функцией ступенчатого типа, т.е. переход a_{ij} из состояния $a_{ij} \neq 0$ в состояние $a_{ij} = 0$ не для всех j происходит одновременно. В самом деле, в любой трофической пирамиде отношения хищник–жертва прекращаются при уменьшении концентрации жертвы ниже некоторого критического уровня. В других случаях взаимодействие подсистем $\{B_i\}$ между собой может прекращаться в зависимости от различных сочетаний их параметров.

Алгоритм расчета индикатора биосложности на основе углеродного обмена

Одним из важных показателей состояния природной экосистемы является уровень углеродного обмена между ее элементами. Наряду с этим, безусловно, имеется множество других потоков, коррелирующих с этим обменом. В целом, углеродный обмен характеризует уровень взаимодействия всех живых организмов и растений между собой. Поэтому в качестве матрицы $A = \|a_{ij}\|$ рассмотрим потоки углерода между элементами экосистемы леса, структура которой представлена на рис. 1. Потоки углерода a_{ij} в общем случае являются функциями времени t , температуры T , влажности w и энергии солнечного освещения E . Следует здесь заметить, что структура, представленная на рис. 1, может быть детализирована с учетом разделения каждого элемента на уровни. При этом в качестве a_{ij} могут рассматриваться отношения C:N, но схема расчета индикатора биосложности остается неизменной. Безусловно, существует множество альтернативных моделей, в которых органическое вещество почвы может делиться на лабильное и устойчивое. Соот-

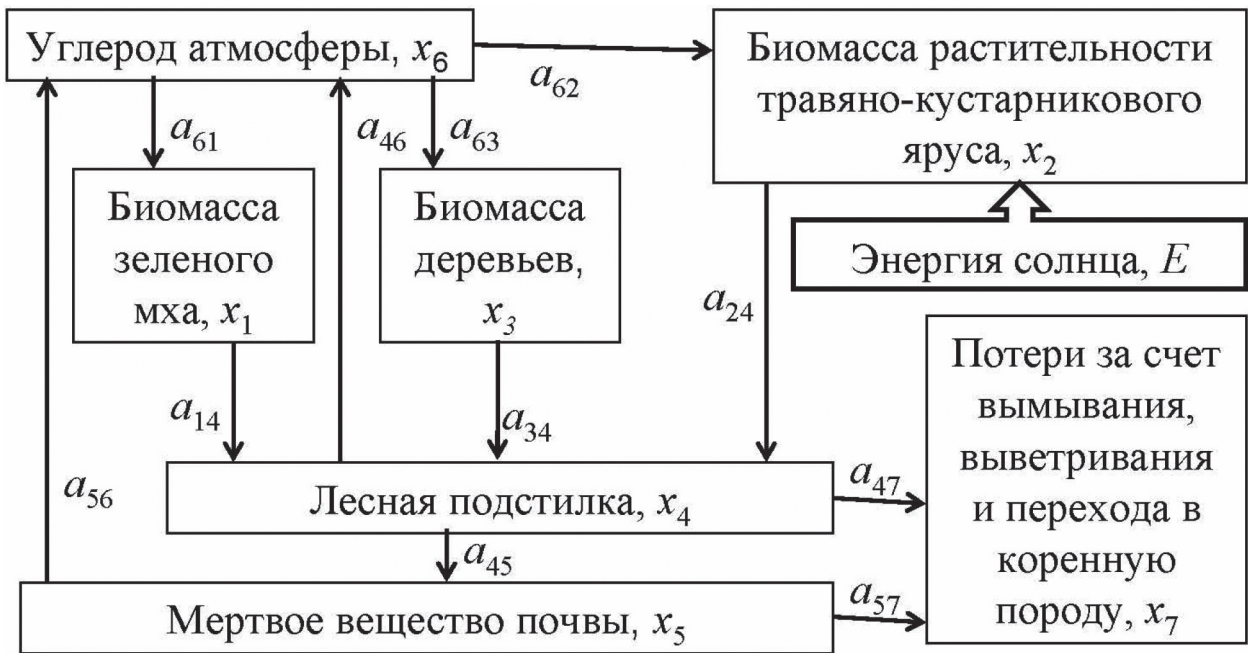


Рис. 1. Схема круговорота углерода в лесной экосистеме

ветственно изменяются оценки констант разложения органического вещества.

Следуя схеме рис. 1, запишем балансовые уравнения.

$$\begin{aligned} dx_1/dt &= a_{61} - a_{14} \\ dx_2/dt &= a_{62} - a_{24} \\ dx_3/dt &= a_{63} - a_{34} \\ dx_4/dt &= a_{14} + a_{34} + a_{24} - a_{45} - a_{47} \\ dx_5/dt &= a_{45} - a_{56} - a_{57} \\ dx_6/dt &= a_{56} + a_{46} - a_{62} - a_{61} - a_{63} \\ dx_7/dt &= a_{47} + a_{57} \end{aligned} \quad (5)$$

Потоки a_{6i} ($i = 1, 2, 3$) параметризуются уравнениями фотосинтеза с учетом транспирации. Скорости разложения подстилки и органического вещества почвы обычно описываются линейными или экспоненциальными моделями. Скорости отмирания биомассы моделируются линейными соотношениями. Выбор формы параметризации каждого потока углерода зависит от наличия данных о параметрах лесной экосистемы. Рассмотрим конкретные модели.

Зависимость фотосинтеза от параметров экосистемы опишем уравнением

$$A_{6i} = \beta_i \varphi_i(T) \Psi_i(E) f_i(x_5) h_i(w), \quad (i = 1, 2)$$

$$A_{63} = \beta_3 \varphi_3(T) \Psi_3(E) f_3(x_5) h_3(w) \xi(x_3), \quad (6)$$

где β_i ($i = 1, 2, 3$) – коэффициенты, отражающие зависимость фотосинтеза от типа растительности;

$\varphi_i(T)$ – зависимость фотосинтеза от температуры T под пологом леса.

Функции Ψ_i , f_i и h_i отражают зависимость фотосинтеза от освещенности, содержания минеральных солей и влаги при температуре T . Функция ξ характеризует зависимость фотосинтеза от биомассы деревьев.

Функции в уравнениях (6) имеют вид

$$\varphi_i(T) = 1 + (\delta_i/100)(T - T_{opt,i}) \quad (i = 1, 2),$$

$$\varphi_3(T) = 1 + (\delta_3/100)(T - T_{A,opt}),$$

$$\Psi_i(E) = \exp(-\alpha_i E) \quad (i = 1, 2, 3),$$

$$f_i(x_5) = \exp(-a_i/x_5) \quad (i = 2, 3),$$

$$f_1(x_5) = 1, \quad h_i(w) = \exp\{-b_i[w - (w_{A,opt,i} - w_{opt,i})/\sigma_i]\} \quad (i = 1, 2, 3),$$

где δ_i , α_i , b_i , σ_i ($i = 1, 2, 3$) и γ – постоянные коэффициенты;

T_{opt} и $T_{A,opt}$ – оптимальные температуры под пологом леса и свободной атмосферы для фотосинтеза соответственно;

w_{opt} и $w_{A,opt}$ – оптимальная влажность под пологом леса и свободной атмосферы для фотосинтеза.

Потоки углерода из растительных ярусов лесной экосистемы опишем моделями

$$a_{i4} = k_i x_i \quad (i = 1, 2); \quad a_{34} = k_3 x_3 / [1 + d(T - T_A)],$$

где k_i ($i = 1, 2, 3$) и d – постоянные коэффициенты пропорциональности.

Процессы разложения подстилки и органического вещества почвы тесно связаны с температурой и влажностью. Опишем их мультипликативными моделями

$$\begin{aligned} a_{47} &= k_4 x_4 (1 - \nu \exp\{-\varepsilon w\}); \\ a_{45} &= (1 - \lambda) [x_4 - a_{47}] 1 + (\delta_4 / 100)(T - T_{opt}); \\ a_{46} &= \lambda [x_4 - a_{47}] 1 + (\delta_4 / 100)(T - T_{opt}); \\ a_{57} &= (1 - \mu) k_5 x_5 (1 - \nu \exp\{-\varepsilon w\}); \\ a_{56} &= \mu [x_5 - a_{57}] 1 + (\delta_5 / 100)(T - T_{opt}) \end{aligned}$$

где константы k_4 , ν , ε , λ , μ , δ_4 , k_5 и δ_5 определяются в зависимости от типа экосистемы.

Использование приведенных зависимостей для вычисления индикатора $\xi_{\Omega}(t)$ по формуле (3) для ограниченной территории требует оценки ряда коэффициентов в этих зависимостях. При этом точность оценки индикатора биосложности будет зависеть от однородности растительного покрова в каждом пикселе пространственной дискретизации территории Ω .

Важным моментом в рассмотренной модели является соотношение температур свободной атмосферы и под пологом леса. Используем формулу [6]

$$T(x_3, T_A) = T_A \begin{cases} g(x_3) \text{ при } 1 \leq g(x_3) \leq T_{\max} / T_A, \\ T_{\max} / T_A \text{ при } g(x_3) \geq T_{\max} / T_A, \\ 1 \text{ при } g(x_3) \leq 1. \end{cases} \quad (7)$$

Здесь для уточнения формулы (7) зависимость $g(x_3)$ выбирается при условии, что температура воздуха под пологом леса не может быть меньше внешней температуры

$$g(x_3) = 1 - c_1 x_3^2 + c_2 x_3,$$

где коэффициенты c_1 и c_2 определяются эмпирически.

Влажностный режим на территории Ω и для каждого пикселя Ω_{ij} описывается моделью регионального водного баланса [1, 5], исходные данные для которой определяются в режиме микроволнового мониторинга [2, 3].

Результаты моделирования

Летом 2007 г. Институт радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова выполнил работы по внедрению технологии дистанционного зондирования [5] на территории Болгарии для создания элемента национальной службы по контролю развития

гидрологических процессов и оценки состояния окружающей среды. Измерения проводились с помощью самолета-лаборатории голландской фирмы Miramar, оборудованного радиометрами диапазона 6 и 21 см.

Самолет Компании Miramar выполнил требующуюся съемку выбранных районов 30 июля, 31 июля и 2 августа. Погода благоприятствовала работе: 30 и 31 июля было сухо и солнечно, а 1 августа полил проливной дождь и 2 августа был произведен полет над теми же участками, что и 30 и 31 июля, но эти участки были исключительно сильно увлажнены. Таким образом, за краткий 4-дневный период была накоплена представительная информация о динамике увлажнения и переувлажнения земель в изученных районах [2, 5].

В качестве одного из объектов для изучения был природный парк Русенски Лом [9]. Этот парк характеризуется большим разнообразием растительных сообществ, включающих дуб, липу, граб, клен, ясень, сосну и др. Это биологическое разнообразие проявляется в широком диапазоне территориальной изменчивости потоков углерода. Это наглядно видно на рис. 2, где приведены результаты расчетов индикатора биосложности по формуле (3) с учетом данных дистанционных измерений влажности почвы, содержания влаги в растительном покрове, биомассы, температуры атмосферы и под растительным пологом. Биометрические характеристики растительных покровов были предоставлены болгарскими специалистами и уточнены с учетом публикаций [4, 8–14]. Считалось, что все уровни наземных экосистем в пикселях пространственной дискретизации равнозначны по углеродному обмену, т.е. $d_i = 1$ ($i = 1, \dots, 7$).

Результаты расчетов индикатора биосложности, представленные на рис. 3, показывают, что с изменчивостью влажности происходит изменение индикатора. Однако видно, что динамика изменчивости влажности нелинейно проявляется в изменчивости индикатора. Это, по-видимому, можно объяснить тем, что за четверо суток не успело проявиться запаздывание реакции процес-

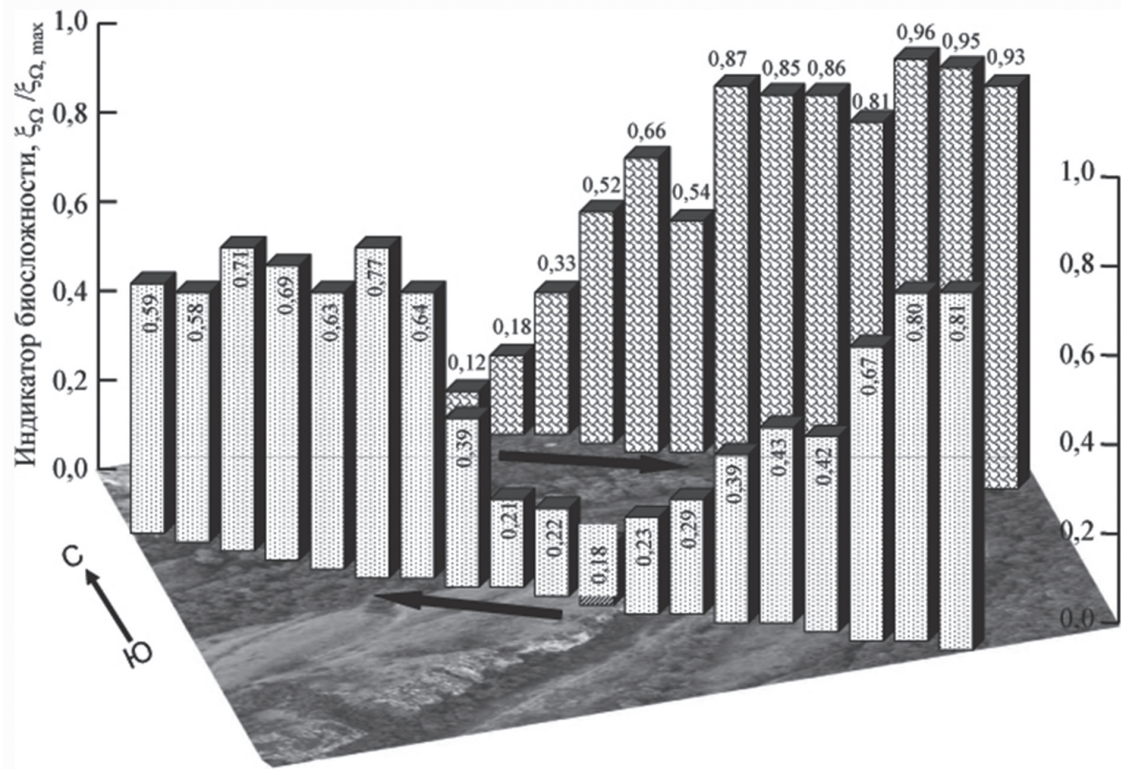


Рис. 2. Пример расчета индикатора биосложности фрагментов территории национального парка Русенски Лом в 20 км от г. Русе на северо-востоке Болгарии 31 июля 2007 г. Толстые черные стрелки указывают направление полета самолета-лаборатории. Пространственное разрешение 15 м

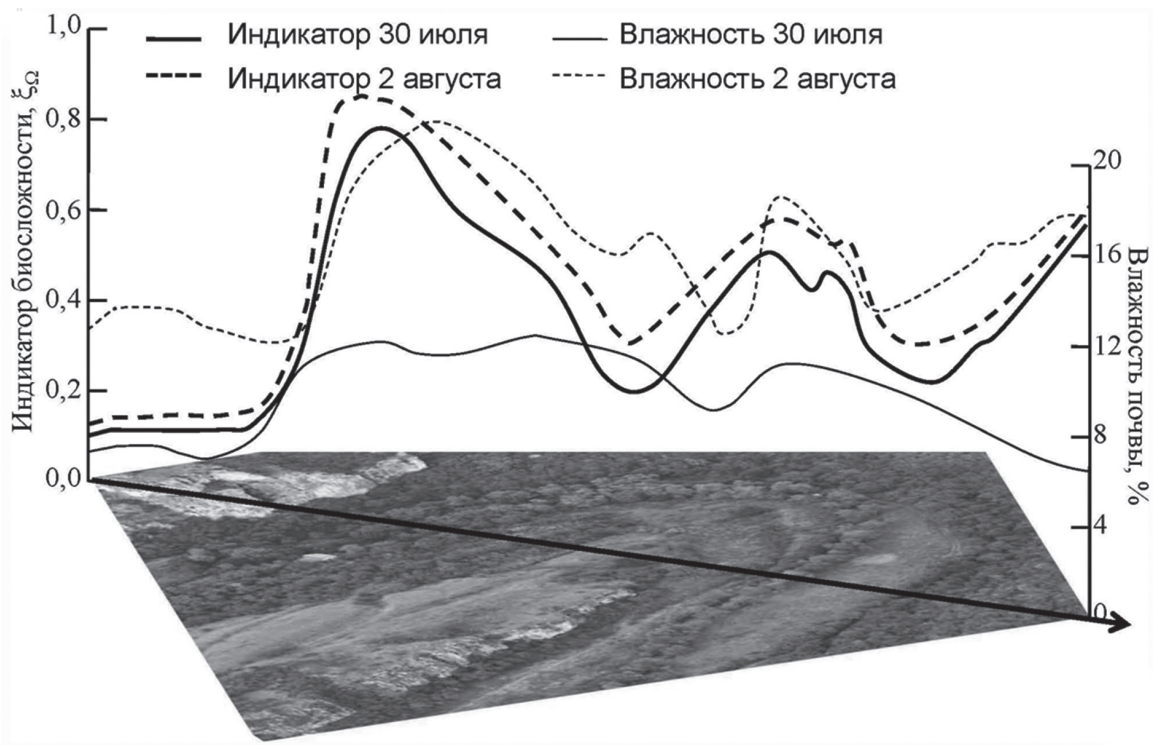


Рис. 3. Пример расчета индикатора биосложности по трассе полета самолета-лаборатории над природным парком Русенски Лом (Болгария) с учетом динамики интегральной влажности за период с 30 июля по 2 августа 2007 г.

сов углеродного обмена. Следовательно, для практического применения рассмотренный здесь индикатор необходимо уточнить путем включения в формулы (6) реакции запаздывания фотосинтеза на изменения параметров внешней среды.

Как следует из приведенных здесь оценок индикатора биосложности, этот индикатор может служить показателем состояния растительного сообщества в его динамике при изменении характеристик окружающей среды. В случае лесной экосистемы необходимо выделить в ней характерные уровни организации и описать потоки энергии и вещества между ними. В случае урбоэкосистемы помимо этого требуется определение уровней взаимодействия природных и антропогенных элементов территории с введением в модели функционирования природных экосистем антропогенных факторов. В любом случае рассчитываются элементы матрицы $A = \|a_{ij}\|$ и по формуле (3) оценивается индикатор биологической сложности.

Предложенный алгоритм расчета индикатора биосложности может быть уточнен за счет более детального описания структуры лесной экосистемы и рассмотрения альтернативных моделей энергетического и вещественного взаимодействия элементов этой структуры. Важным здесь является отражение в этих моделях процесса конкуренции между растительными элементами экосистемы за свет и минеральными веществами.

Библиографический список

1. Бурков В.Д. Экоинформатика: алгоритмы, методы и технологии / В.Д. Бурков, В.Ф. Крапивин. – М.: МГУЛ. – 2009. – 428 с.
2. Krapivin V.F. and Shutko A.M. Information technologies for remote monitoring of the environment. –Springer/Praxis, Chichester U.K. – 2012. – 498 pp.
3. Бурков В.Д. Микроволновый мониторинг влажности почвы как элемента регионального водного баланса / В.Д. Бурков, В.Ф. Крапивин, В.С. Шалаев, А.М. Шутко // Вестник МГУЛ – Лесной вестник. –2012. –№ 9(92).– С. 122–135.
4. Conant R.T., Ryan M.G., Ran G.I., Gren A., Birge H.E., Davidson E.A., Eliasson P.E., Evans S.E., Frey S.D., Giardina C.P., Hopkins F.M., Nen R.H., Kirschbaum M.U.F., Lavallee J.M., Feld J.L., Parton W.J., Steinweg J.M., Wallenstein M.D., Wetterstedt J.A.M. and Bradford M.A. Temperature and soil organic matter decomposition rates– synthesis of current knowledge and a way forward // *Global Change Biology*.– 2011.– No.17. P. 3392–3404.
5. Канев В. Региональная геоинформационная мониторинговая система Болгарии (ГИМС-регион) / В. Канев, В.Ф. Крапивин, Е.П. Новичихин, К. Миленов и др. // Экологические системы и приборы. – 2009. – № 7. – С. 8–19.
6. Богатырев Б.Г. Моделирование переходных процессов на границе растительных зон при антропогенных изменениях климата: дисс. ... канд. техн. наук / Б.Г. Богатырев. – М.: МГУ. – 1988. – 114 с.
7. Крапивин В.Ф. Моделирование продукционного процесса в лесной экосистеме / В.Ф. Крапивин, В.Д. Бурков, И.И. Потапов, В.С. Шалаев // Проблемы окружающей среды и природных ресурсов. – 2009. – № 2. – С. 32–45.
8. Chen , Liu J., Cihlar J., and Goulden M.L. Daily canopy photosynthesis model through temporal and spatial scaling for remote sensing applications // *Ecological Modelling*. –1999. –V.124 – P. 99–119.
9. Rashid R., Seizov P. Assessment of carbon stocks as an ecosystem service at Rusenski Lom nature park. // Geosogt EOOD. WWF Danube-Carpathian Programme, Viena, Austria. – 2012. <http://www.panda.org/dcpo>.– 20 pp.
10. Hyvonen R., Berg M.P. and Agren G.I. Modelling carbon dynamics in coniferous forest soils in a temperature gradient // *Plant and Soil*.– 2002.– V.242. – P. 33–39.
11. Mercado L.M., Lloyd J., Dolman A.J., Sitch S., and Patico. Modelling basin-wide variations in Amazon forest productivity – Part 1: Model calibration, evaluation and upscaling functions for canopy photosynthesis // *Biogeosciences Discussions*.– 2009. – No.6.– P. 2965–3030.
12. Neill C. and Gignoux J. Soil organic matter decomposition driven by microbial growth: A simple model for a complex network of interactions // *Soil Biology & Biochemistry*. – 2006. – V.38.– P. 803–811.
13. Sierra C.A., Muller M., and Trumbore S.E. Models of soil organic matter decomposition: the SOILR package, version 1.0 // *Geoscientific Model Development Discussions*.– 2012. – V. 5.– P. 993–1039.
14. Zhang, C.F., Meng, F.R., Bhatti, J.S., Trofymow, J.A., and Arp, P.A. Modeling forest leaf-litter decomposition and N mineralization in litterbags, placed across Canada: a 5-model comparison // *Ecological Modelling*.– 2008. – V.219.– P. 342–360.

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ЛЕСНОЙ ЭКОСИСТЕМЫ ПО ДАННЫМ ЭПИЗОДИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА В УСЛОВИЯХ ИНФОРМАЦИОННОЙ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ

В.Ф. КРАПИВИН, *проф., Ин-т радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова РАН, д-р физ.-мат. наук,*

В.С. ШАЛАЕВ, *проф., директор ИСИЛ МГУЛ, д-р техн. наук,*

В.Д. БУРКОВ, *проф. каф. ИИС и ТП МГУЛ, д-р техн. наук,*

И.Л. БУКАТОВА, *Ин-т радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова РАН, д-р физ.-мат. наук,*

В.Ю. СОЛДАТОВ, *Ин-т радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова РАН, канд. физ.-мат. наук*

shalaev@mgul.ac.ru

Любая мониторинговая система поставляет данные, которые характеризуют фрагменты контролируемой экосистемы. Поэтому оценка состояния лесной экосистемы или урбоэкосистемы на обширной территории возможна лишь с привлечением согласованного комплекса технических и алгоритмических средств. Технические средства, базирующиеся на различных носителях, обеспечивают фрагментарную по пространству и эпизодическую во времени информацию о параметрах экосистемы. Восстановление пространственного образа экосистемы возможно с применением алгоритмических и модельных средств, которые осуществляют восстановление оценок параметров экосистемы в координатах и моментах времени, когда технические средства не использовались по различным причинам. Такая ситуация неизбежно возникает при дистанционных и контактных измерениях на обширных территориях. Летящие носители сенсоров производят измерения по трассам их перемещения, а наземные измерения реализуются в изолированных координатах. Восстановить пространственный образ изучаемой территории помогает ГИМС-технология [1]. Возникающие здесь задачи решаются с применением методов экоинформатики [2, 3].

Методы экоинформатики базируются на расширении роли вычислительной техники и математического моделирования в предположении наличия более или менее адекватной модели функционирования экосистем на контролируемой территории. Для конкретной работы с моделью в виде определенной серии

вычислительных экспериментов необходима универсальная ЭВМ. Как правило, здесь возникают непреодолимые трудности, связанные с ограниченностью памяти и быстродействия. И в результате исследователь постоянно сталкивается с неразрешимым противоречием между стремлением повысить точность модели и возможностями ЭВМ. Ведь очевидно, что создание модели, адекватной реальному объекту, в конечном счете, не представляется возможным. С одной стороны, полный учет всех параметров объекта приводит исследователя к проблеме непреодолимой многомерности. С другой стороны, простые модели, учитывающие малое число параметров, не адекватны интересующим исследователя сложным объектам и процессам [4]. Кроме того, создание адекватной модели лесной экосистемы, а особенно урбоэкосистемы, принципиально невозможно из-за практической недостижимости полноты информации. Здесь также часто невозможно определить тип модели, следовательно, использование развитых технологий моделирования оказывается бесперспективным. В частности, попытки комплексного подхода к синтезу модели урбоэкосистемы уже показали, что традиционные методы формализации процессов в окружающей среде и обществе не могут дать достоверные оценки и прогнозы изменений ее характеристик. Тем не менее, поиск новых эффективных путей синтеза системы контроля состояния окружающей среды, способной давать достоверные оценки последствий антропогенной активности, привел к идее обучающихся вычислитель-

ных систем эволюционирующего типа [5]. В результате возникла новая теория моделирования, получившая название эволюционной информатики [6].

Алгоритм преодоления информационной неопределенности

Сохраним термин «модель», хотя ее интерпретация здесь имеет несколько другой смысл. Будем иметь дело с описанием объектов, изменяющихся во времени непредвиденным образом и вследствие этого обеспечивающих неустранимость информативной неопределенности в любой момент времени. Следовательно, модель в широком понимании должна обеспечивать непрерывную адаптацию к изменяющимся поведению и структуре наблюдаемого объекта.

Итак, пусть реальный объект A имеет неизвестный алгоритм функционирования, известна лишь некоторая предыстория $\{Y\}^n$ конечной длины n . Необходимо имитировать функционирование A с помощью моделей, создаваемых в системе, которая работает в реальном масштабе времени. Ясно, что должна быть сформирована последовательность все более адекватных моделей $\{A_k\}$, достоверность которых проверяется на предыстории. В результате исследований многих авторов возник новый подход к созданию обучающихся систем, основанный на моделировании механизмов эволюции. Эволюционное моделирование в целом можно представить иерархической двухуровневой процедурой (рис. 1). На первом уровне имеется два постоянно чередующихся процесса, названных условно процессом структурной адаптации и процессом использования. На k -м этапе адаптации в процессе работы алгоритма структурной адаптации синтезируются последовательность моделей $\{A_{s,i}\}$, $i = 1, \dots, M_s$, из которых формируется память из K наиболее эффективных моделей $\langle A_s^1, \dots, A_s^K \rangle$. На s -м этапе использования (следующим за k -м этапом адаптации) система использует модели, хранящиеся в памяти, продолжая выбирать из них наиболее эффективные.

Принципиальная схема i -го шага k -го этапа адаптации моделей представлена на рис.

2. Здесь блок «объект» означает, что реальный объект представлен предысторией $\{Y\}^n$. Всеми остальными блоками осуществляется структурный адаптивный синтез моделей (структурная адаптация). Работа i -го шага начинается с выбора «мутанта» A_{ki}^j , которым является либо A_{ki}^j , либо модель, уже использованная на предыдущем ($i-1$) – м шаге k -го этапа адаптации. В блоке «синтез структуры» из структуры $|A_{ki}^j|$ с помощью режимов случайных изменений синтезируется структура $|A_{ki}|$. Модель A_{ki} поступает в блок эволюционный отбор», где в соответствии с критерием F либо запоминается, либо забывается.

Процедура эволюционного отбора моделей обеспечивает практически неограниченное во времени функционирование системы в условиях неустранимой информационной неопределенности. При этом кроме предыстории $\{Y\}^n$, как правило, не удовлетворяющей требованиям статистической однородности, в распоряжении исследователя не имеется другой информации. Ясно, что в этих условиях приходится максимально использовать всю доступную информацию и, в частности, информацию о работе этапов адаптации и использования. В алгоритме параметрической адаптации она используется уже для адаптации параметров первого уровня: характеристического числа каждого режима изменений, кратности использования режима изменений, объема списка режимов изменений, вероятностного распределения режимов изменений списка, вероятностного распределения K -моделей A_{ki}^j , объема памяти на этапе адаптации, длины предыстории и др. [6].

Одним из возможных путей повышения эффективности эволюционных программных средств является разработка архитектуры спецпроцессорной реализации эволюционных систем обработки информации, включающей укрупненный функциональный базис, крупноблочное (мультипроцессорное) конструирование при однородности элементной базы, разнотипное распараллеливание вычислительных процессов на уровне системы, процессоров и элементов, переменность функционирования и структуры (состава и связей) синтезируемых моделей, иерархичес-

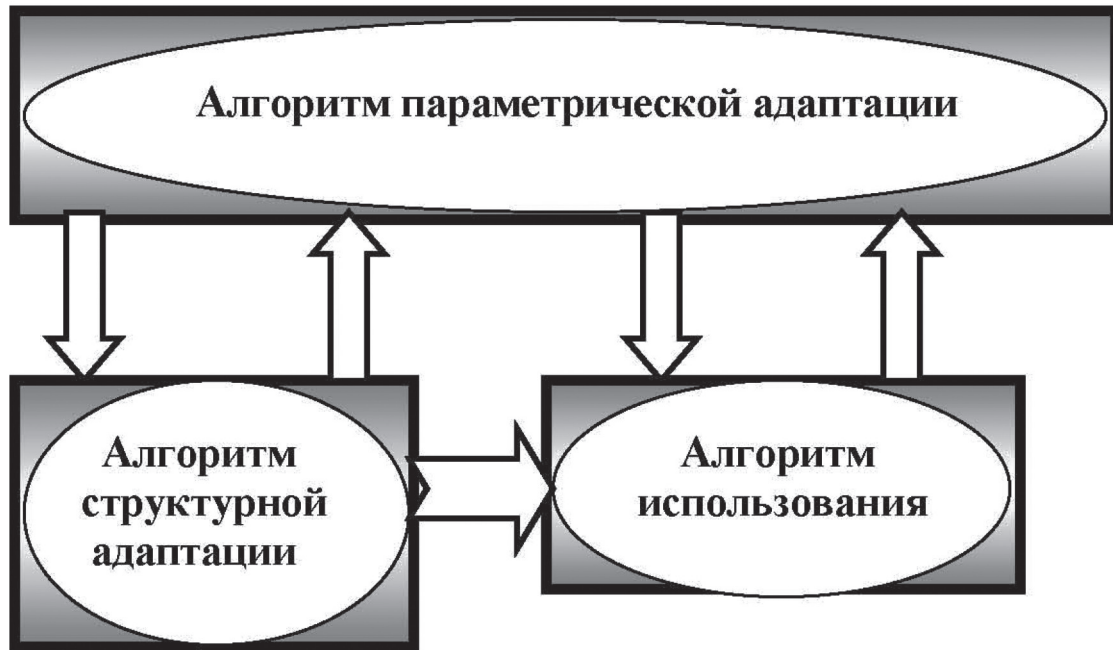


Рис. 1. Схема двухуровневой процедуры эволюционного моделирования

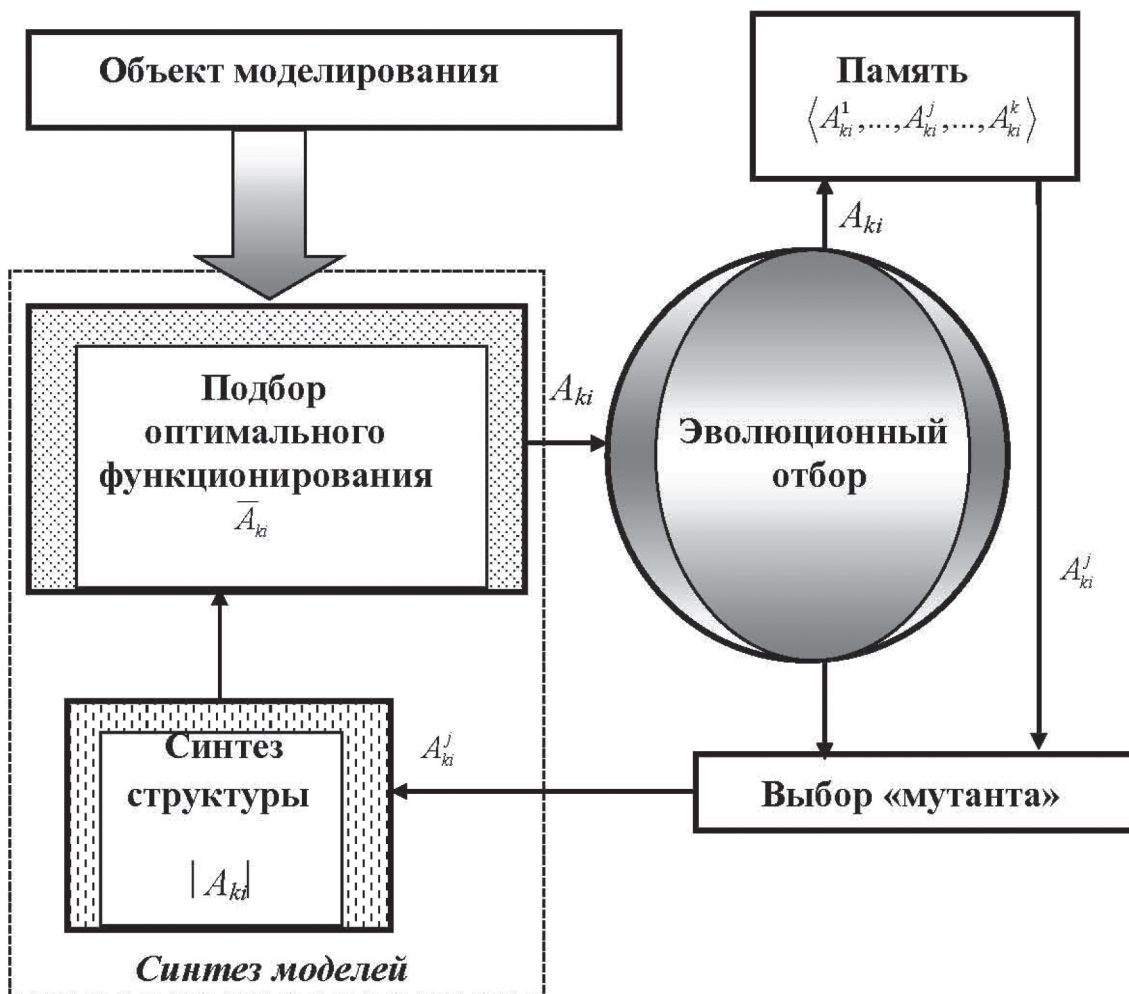


Рис. 2. Концептуальная блок-схема i -го шага k -го этапа адаптации моделей

кое распределенное по всем уровням управления.

Анализ алгоритмических аспектов эволюционных спецпроцессоров позволяет сформулировать основные требования и задачи, которые необходимо обеспечить и решить при разработке эволюционных аппаратных средств. Здесь возникают задачи алгоритмического характера, свойственные для системного, процессорного (блочного) и элементного уровней реализации: максимальное распараллеливание, укрупнение базовых операций, обеспечение максимальной перестраиваемости, формирование распределенных памяти и управления, отбор моделей, синхронизация и диспетчеризация, ввод–вывод информации и т.д.

Максимальное распараллеливание может быть обеспечено за счет параллельной аппаратной организации вычислительных процессов, включающих обмен информацией между отдельными процессорами, выполнение базовых операций микропроцессорами (операций по структурным изменениям и оценке синтезируемых моделей) и т.д. Например, для аппаратных реализаций систем перцептронного типа распараллеливание повышает быстродействие системы на 2–3 порядка, а параллельность операций в базовых элементах еще добавляет к этому 1–2 порядка. Так что здесь заложены определенные резервы повышения быстродействия, если учесть, что распараллеливание функционирования синтезируемых моделей в каждом микропроцессоре еще более повысит этот выигрыш во времени.

Задача укрупненных базовых операций требует разработки микропроцессоров, проблемно ориентированных на выполнение процесса эволюционного структурного синтеза в заданном классе моделей при фиксированных процедуре случайного поиска, списке режимов изменения и оценивающих функционалах. Аппаратурная реализация таких базовых микропроцессоров сопряжена с трудностями разработки аппаратных средств управления, по преодолении которых с созданием оптических сверхбольших интегральных схем появляются определенные

возможности, связанные с расширением функциональных свойств элементной базы [6].

Максимальная перестраиваемость обеспечивает адаптивность к изменениям характеристик входных сигналов, к динамике условий обработки (в том числе к изменению мультипроцессорности), к закладываемой априорной информации и к другим факторам эволюционного вычислительного процесса. В полном объеме такая перестраиваемость обеспечивается текущей корректировкой параметров, переходом к иным вычислительным процедурам и другим вычислительным процессам, а также переменностью состава и структуры связей между базовыми элементами. Все это увеличивает вероятность достижимости требуемого состояния спецпроцессора и обеспечивает его надежность.

Распараллеливание эволюционных систем обработки на различных уровнях требует соответствующего распределения по уровням функций накопления и хранения информации, используемой далее для контроля и управления соответствующих процессов, процедур и базовых операций. Тем самым преодолевается существенный недостаток последовательной (Фон – Неймановской) архитектуры традиционных вычислительных устройств, в которых обработка и хранение информации разделены, что приводит к потерям времени на адресную передачу данных.

В общем случае многоуровневая структура распределенной памяти иерархична, когда накопленная информация, например относительно работы элементов, используется при оценке функционирования микропроцессора, а информация относительно процессов используется в оценке работы спецпроцессора.

Процесс управления в традиционных вычислительных устройствах осуществляется централизованно в последовательном адресном режиме, что требует относительно больших затрат времени, особенно в многопроцессорных системах. В результате же распределенного по уровням управления можно существенно за счет распараллеливания процессов корректировки (обучения) повысить быстродействие системы. Становится ясной



Рис. 3. Принципиальная структура системы автоматизации научных исследований с использованием устройств типа предсказывающих и распознающих процессоров

взаимосвязь распределенных памяти и управления, аппаратные реализации которых осуществляют одни и те же принципы. В частности, распределенная память позволяет осуществить индивидуальную реализацию интегральных коррекций на любом уровне системы.

Синхронизация и диспетчеризация базовых операций и процедур внутри совокупностей процессоров, а также типовых вычислительных процессов между совокупностями процессов и другими блоками спецпроцессора является алгоритмической и схемотехнической задачей. В рамках мультипроцессорной реализации эволюционного вычислительного процесса целесообразно асинхронное взаимодействие параллельных фрагментов алгоритма и, вообще, необходима асинхронная схемотехника.

Таким образом, наличие возможности аппаратной реализации эволюционной технологии моделирования открывает большие перспективы в системах геоинформационного мониторинга. Элементная база микроэлектроники позволяет повысить уровень автоматизации научных исследований в области окружающей среды за счет включения в структуру систем мониторинга специализированных устройств типа предсказывающих и распознающих процессоров (рис. 3).

Во многих случаях цель системы обработки данных состоит в установлении или уточнении модели исследуемого процесса, а также одновременное управление им. Эволюционная технология обеспечивает достижение этой цели в условиях, когда другие подходы не работают. Оснащение же систем мониторинга окружающей среды специали-

зированными оптоэлектронными процессорами позволит универсализировать их функции и сделать их возможности более широкими. Например, при использовании метода управления со структурным идентификатором, принципиальная схема которого подробно описана в монографии Крапивина, Кондратьева [3], система мониторинга сможет принимать решения при отсутствии информации о функциональных связях в исследуемом процессе.

Одной из успешных реализаций описанной методики является многофункциональная информационно-моделирующая система для гидрофизического эксперимента (МИМСГЭ) [8, 9].

Реконструкция пространственного образа по отрывочной информации

Эволюционная технология позволяет в условиях неустранимой информационной неопределенности восстановить пространственный образ, например, лесной или урбоэкосистемы, когда измерения их характеристик осуществляются эпизодически во времени и фрагментарно в пространстве. В качестве примера реализации этой технологии рассмотрим эксперименты по определению влажности лесной подстилки и оценке пожарной опасности. В работе [9] эволюционная технология была реализована в виде многофункциональной информационно-моделирующей системы для гидрофизического эксперимента (МИМСГЭ), одной из функций которой является восстановление пространственного распределения характеристик регионального водного баланса.

Летом 2007 г. Институт радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова выполнил работы по внедрению технологии МИМСГЭ на территории Болгарии для создания элемента национальной службы по контролю развития гидрологических процессов в национальном парке Ровенски Лом и в окрестностях села Николово (Русенская область). Измерения проводились с помощью самолета-лаборатории голландской фирмы Miramar, оборудованного радиометрами диапазона 6 и 21 см производства НПО «Вега» [7].

Самолет Компании Miramar прилетел из Голландии в Болгарию в конце июля 2007 г. и выполнил требующуюся съемку выбранных районов 30 июля, 31 июля и 2 августа. Погода благоприятствовала работе: 30 и 31 июля было сухо и солнечно, а 1 августа полил проливной дождь и 2 августа был произведен полет над теми же участками, что и 31 июля, но эти участки были сильно увлажнены. Таким образом, за краткий 3-дневный период была накоплена представительная информация о динамике увлажнения и переувлажнения почвы и лесной подстилки.

Входными данными были оцифрованные топографические карты с разрешением 9x9 м, метеорологические данные на момент проведения измерений, классификационные карты почвенно-растительных формаций. Полученные результаты верифицировались с использованием контрольных данных наземных измерений. Результаты реконструкции пространственного образа двух объектов представлены на рис. 4 и 5.

На рис. 6 приведены результаты применения технологии МИМСГЭ для оценки пожарной опасности в Северо-Енисейском районе Красноярского края. Рассмотренный случай основан на использовании текущих метеорологических данных за рассматриваемый период с учетом ранее проведенных в этом регионе дистанционных измерений [10].

Вероятность P пожарной опасности рассчитывалась по методу последовательного анализа Вальда [1, 11]

$$P(\tau < y) = W_c(y) = \int_0^y w_c(z) dz,$$

где

$$w_c(z) = \sqrt{\frac{c}{2\pi}} z^{-\frac{3}{2}} \exp\left[-\frac{c}{2}(z+z^{-1}-2)\right],$$

$$c = [E(v)]^2 [D(v)]^{-1},$$

v – ожидаемое время достижения влажностью подстилки τ уровня y .

В качестве критической пороговой величины y влажности лесной подстилки принималась граница 15 % [12] и оценивалась вероятность достижения этой границы текущим значением этой влажности. Безусловно, при-

веденный пример лишь показывает функциональные возможности технологии МИМСГЭ. Для более надежной оценки пожарной опасности необходимо иметь детальные данные о типе леса и распределении лесных горючих материалов, а также регулярные сведения об осадках, температуре, давлении и ветре. Технология МИМСГЭ позволяет оптимизировать информационную базу, необходимую для достоверной оценки пожарной опасности леса.

Оценка риска снижения биосложности лесной и урбоэкосистем с учетом особенностей регионального климата и социально-экономических характеристик

В той или иной степени состояние лесной и урбоэкосистем является функцией биологической сложности территории, которая, в свою очередь, за длительный промежуток времени определяется природными и антропогенными процессами на сопредельных территориях, а в долговременной

перспективе – и глобальными процессами. Одним из важных обстоятельств формирования биологической сложности территории является защита растительных сообществ от возникновения инфекционных заболеваний. Так, Foley и др. [13] изучили процессы заражения различных уровней лесной экосистемы и показали, что нарушение устойчивого равновесия в экосистеме за счет внедрения дополнительных специй на любом уровне может существенно изменить биоразнообразие других уровней и, в конечном счете, привести к необратимому изменению уровня биологической сложности. При этом, как показано Carey [14] и Bakke [15], применение, например, пестицидов может повысить экологические риски для населения территории и особенно для клещей, грызунов и других диких животных.

Очевидно, что лесная и урбоэкосистемы являются многофакторными системами, включающими чисто природные и соци-

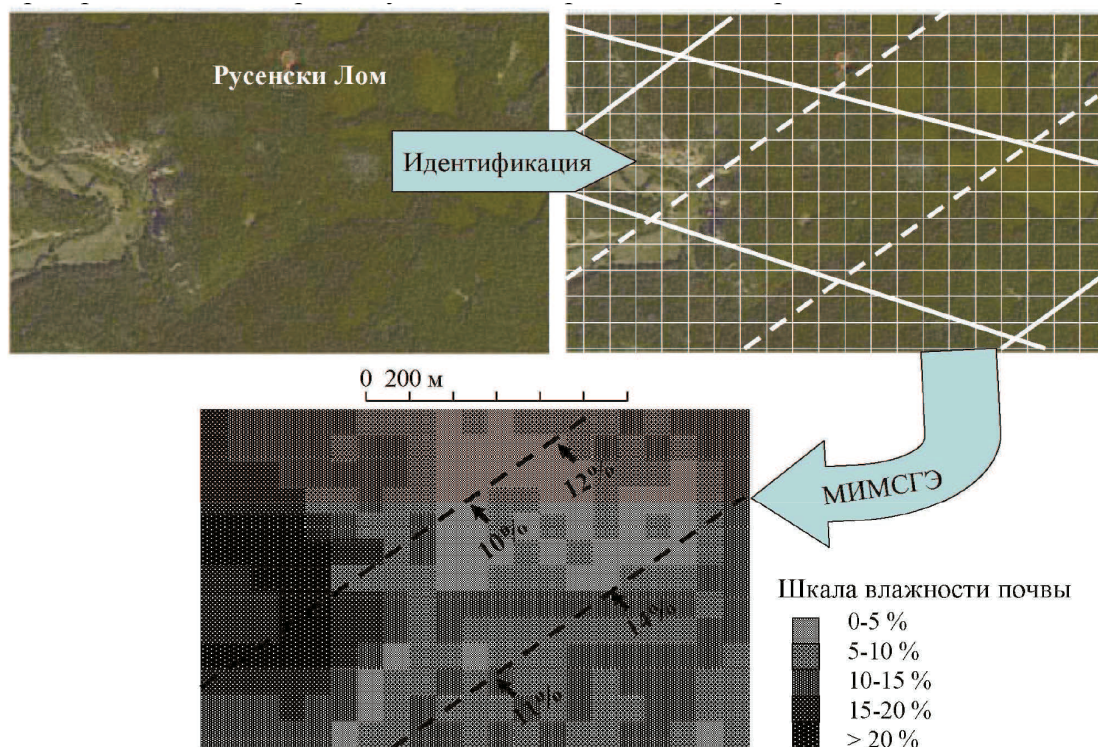


Рис. 4. Схема и результаты применения технологии МИМСГЭ для реконструкции пространственного распределения параметров влажности почвы и лесной подстилки в регионе национального парка Болгарии Ровенски Лом по данным дистанционного микроволнового мониторинга. Сплошными и пунктирными линиями указаны трассы полета самолета-лаборатории. Пунктирными линиями отмечены трассы, на которых осуществлялась калибровка радиометров. Стрелками отмечены места наземных измерений и указаны погрешности применения технологии МИМСГЭ

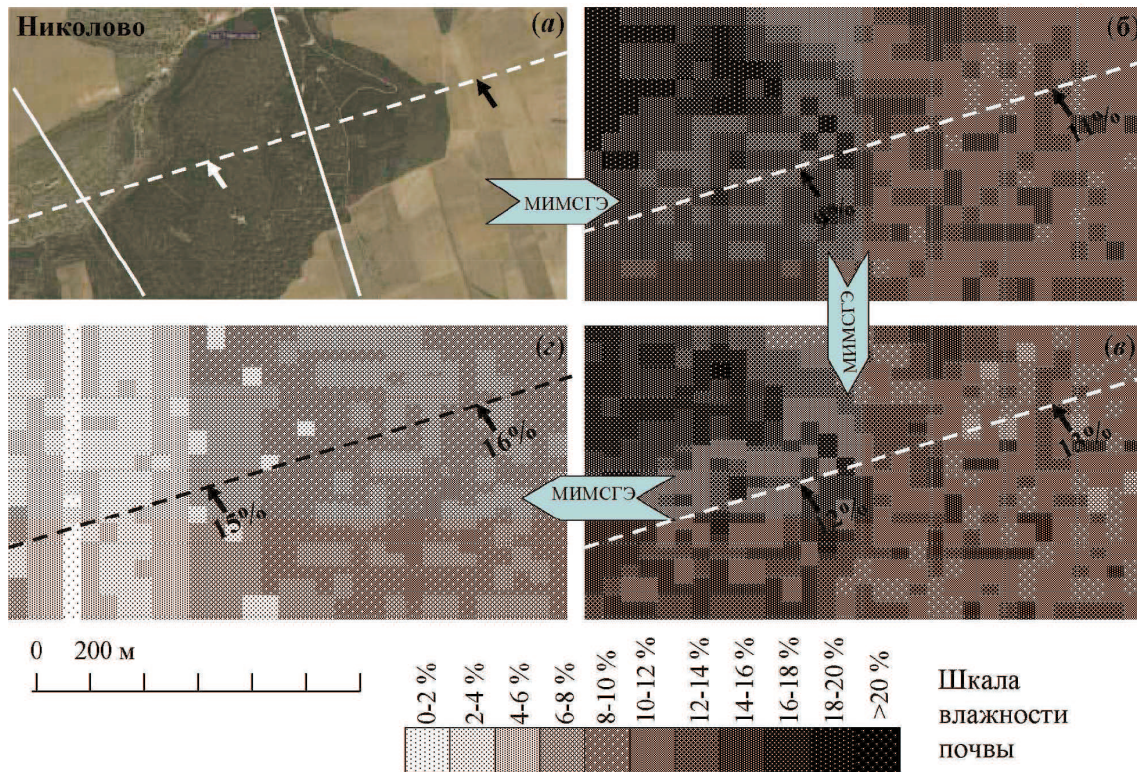


Рис. 5. Пример восстановления пространственного распределения влажности почвы и лесной подстилки в регионе села Николово (Болгария) – (а) в динамике ее изменения спустя сутки (б), двое суток (в) и четверо суток (з) после проливного дождя. Обозначения указаны на рис. 4

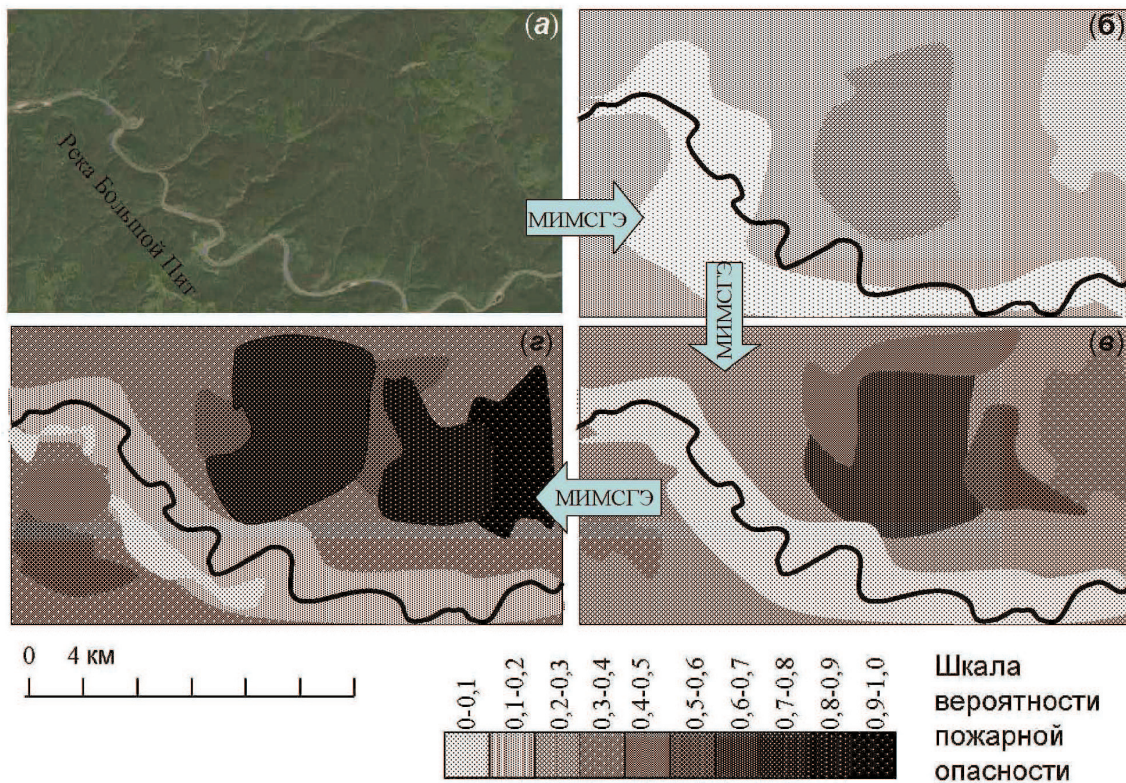


Рис. 6. Пример расчета вероятности пожарной опасности в Северо-Енисейском районе Красноярского края (а) в среднем за летние месяцы – май (б), июнь (в) и июль (з)



Рис. 7. Структурная схема мониторинговой системы поиска и обнаружения зон возможного загорания в лесу

альные аспекты. Взаимодействие населения с природной компонентой в обоих случаях связано с процессом обезлесивания и замены элементов экосистем. В случае лесной экосистемы проблема заключается в управлении процессом заготовки древесины, который включает факторы замены лесной экосистемы другими типами экосистем, в основном имеющих сельскохозяйственное назначение. В этой связи Moreno и др. [16] применили многофакторную модель для решения возникающих здесь задач, рассмотрев набор сценариев замены лесной экосистемы сельскохозяйственными экосистемами и вторичным лесом, и на примере ряда регионов Венесуэлы показали, что существуют решения, обеспечивающие устойчивое развитие всех

процессов под глобальным административным контролем.

Pukkala и др. [17] изучили проблему устойчивого управления биоразнообразием лесной экосистемы путем регулирования пространственной однородности леса за счет вырубki высоких деревьев. На примере разновозрастной норвежской ели, растущей на юге Финляндии, показано, что существует экономически оптимальное управление прореживанием такого леса, приводящее к восстановлению пространственной однородности экосистемы с ориентацией на использование этого леса в качестве зоны отдыха и снижения уровня пожарной опасности.

Как уже отмечалось, одной из серьезных угроз устойчивому развитию территории

является лесной пожар. Риски возникновения лесных пожаров зависят от состояния почвенно-растительной формации на залесенной территории. Их расчет на основе регулярного мониторинга, согласно схеме рис. 7, позволяет обнаруживать очаги возможного загорания в лесу с упреждением во времени и тем самым давать время соответствующим службам провести подготовку к своевременному уничтожению очага загорания. Схема достаточно проста. В едином центре мониторинга леса в режиме реального времени регистрируются данные о температуре атмосферы, влажности лесной подстилки и полога леса, а также другие сопутствующие данные о скорости и направлении ветра, давлении и т.д. На основе этих данных по заранее выбранным алгоритмам рассчитываются индикаторы Ξ_m , на основе которых с помощью технологии МИМСГЭ оценивается риск загорания леса. В случае превышения определенного уровня риска на конкретной территории система мониторинга начинает собирать статистику таких превышений и на ее основе принимает окончательное решение с выдачей сигнала тревоги службам тушения пожаров. Поскольку измеряемые характеристики x_i лесной экосистемы содержат шумы ξ_p , то для принятия решений применяются статистические методы и, в частности, кластерный анализ.

В штате Флорида (США) Агентство по обслуживанию леса создало систему оценки риска пожара FRAS (Fire Risk Assessment System), которая через Интернет предоставляет оперативную информацию о риске возникновения лесного пожара в заданном районе-пикселе [18]. Основной принцип диагностики покрытой лесом территории базируется на индексе чувствительности WFSI (Wildland Fire Susceptibility Index).

Norman и др. [19] рассмотрели ряд концептуальных моделей для оценки риска возникновения лесного пожара в зависимости от информационной неопределенности и характера горючих материалов и их состояния с оценкой риска загрязнения атмосферы. Описана процедура оценки риска CRAFT (Comparative Risk Assessment Framework and Tools), позволяющая идентифицировать уровень опасности лесного пожара на террито-

рии города. Другой вариант аналогичной системы описан в работе [20].

Brillinger и др. [21] предложили модель риска возникновения лесного пожара как функцию ключевых характеристик локальной территории и времени с особым акцентом на социальные аспекты проблемы. Модель конкретизирована для территории штата Орегон (США). Аналогично технологии МИМСГЭ вся территория делится на районы-пиксели и на основе анализа пространственно-временного потока данных от систем мониторинга оценивается вероятность выхода точечного процесса за пределы определенной зоны, определяемой в процессе обучения модели на основе случившихся событий. Социальные аспекты риска возникновения лесного пожара также проанализированы в работе [22].

Как правило, решения об оценке риска возникновения пожара на локальной территории носят частный характер и не дают возможности принимать решение с учетом состояния более обширных территорий. Технология МИМСГЭ обеспечивает универсальность процедуры принятия решения об уровне пожарной опасности независимо от размеров контролируемой территории и ее географического положения. Тем не менее, дальнейшее развитие этой технологии зависит от уровня изученности взаимной зависимости социальных и природных процессов, обусловленной их интерактивностью. Поэтому регулирование социальных процессов неизбежно сказывается на функционировании природных систем, а это неизбежно приводит к необходимости развития правовых механизмов перехода к устойчивому развитию.

Как справедливо заметил McConnel [23], до сих пор остается в значительной мере загадкой, почему некоторые леса подверглись фрагментации, деградации и потере видового разнообразия, тогда как другие леса остаются в хорошем состоянии и даже расширяются. В конечном счете, динамика и структура лесного покрова определяется сложной и интерактивной совокупностью таких факторов, как биогеофизические процессы, рост плотности населения, рыночные отношения, различные возмущающие воздействия (включающие лесные пожары) и институциональные микроструктуры.

Лесные пожары воздействуют на формирование глобального круговорота углерода. Действительно, глобальные масштабы лесных пожаров за последние годы стали эквивалентны по площади территории Австралии. В атмосферу выбрасывается почти 40 % глобальных выбросов CO₂. При этом 90 % лесных пожаров имеет антропогенное происхождение. Это означает, что естественный баланс природных факторов сильно нарушается и законы естественной эволюции подвергаются мощному воздействию. Возникновение лесного пожара по антропогенным причинам невозможно предсказать с помощью любой современной технологии. Поэтому совершенствование, например технологии МИМСГЭ, необходимо осуществлять путем развития методик учета роли социальной составляющей.

Библиографический список

1. Krapivin V.F. and Shutko A.M. Information technologies for remote monitoring of the environment. Springer/Praxis, Chichester U.K. – 2012. 498 pp.
2. Бурков В.Д. Экоинформатика. Алгоритмы, методы и технологии / В.Д. Бурков, В.Ф. Крапивин. – М.: МГУЛ, 2009. – 430 с.
3. Крапивин В.Ф. Глобальные изменения окружающей среды: экоинформатика / В.Ф. Крапивин, К.Я. Кондратьев. – С.-Пб.: Изд-во Санкт-Петербургского государственного университета, 2002. – 724 с.
4. Дегерменджи А.Г. Глобальные малоразмерные модели динамики и устойчивости биосферы / А.Г. Дегерменджи, С.И. Бартцев // Пробл. окр. среды и природных ресурсов. 2003. – № 7. – С. 32–49.
5. Букатова И.Л. Эвоинформатика: теория и практика эволюционного моделирования / И.Л. Букатова, Ю.И. Михасев, А.М. Шаров. – М.: Наука, 1991. – 205 с.
6. Гуляев Ю.В. На пути к эволюционной информатике / Ю.В. Гуляев, В.Ф. Крапивин, И.Л. Букатова // Вестник АН СССР, 1987. – № 11. – С. 53–61.
7. Канев В. Мониторинговая система Болгарии (ГИМС-регион) / В. Канев, В.Ф. Крапивин, Е.П. Новичихин, К. Миленов и др. // Проблемы окружающей среды и природных ресурсов. – 2008. – № 5. – С. 87–95.
8. Солдатов В.Ю. Диагностика физических явлений и процессов в гидрофизических системах / В.Ю. Солдатов // Материалы IX Международного Симпозиума «Проблемы Экоинформатики», Москва, 9–11 декабря 2010 г. – М.: НТОР и ЭС им. А.С. Попова. – С. 100–104.
9. Солдатов В.Ю. Многофункциональная информационно-моделирующая система для гидрофизического эксперимента: дисс. ... канд. техн. наук, ИРЭ им. В.А. Котельникова РАН, / В.Ю. Солдатов. – Москва, 2011. – 150 с.
10. Бородин Л.Ф. Дистанционные измерения характеристик земной поверхности / Л.Ф. Бородин, В.Ф. Крапивин // Пробл. окр. среды и природных ресурсов. – 1998. – № 7. – С. 38–54.
11. Крапивин В.Ф. Таблицы распределения Вальда / В.Ф. Крапивин. – М.: Наука, 1965. – 183 с.
12. Матвеев А.М. Загораемость лесной подстилки в связи с величиной показателя влажности / А.М. Матвеев, Т.А. Матвеева // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований, 2012. – № 4. – С. 30–32.
13. Foley J.E., Nieto N.C., Foley P. Emergence of tick-borne granulocytic anaplasmosis associated with habitat type of forest change in northern California. Am. J. Trop. Med. Hyg., 2009. 81(6), 1132–1140.
14. Carey A.B. Biocomplexity and restoration of biodiversity in temperate coniferous forest: inducing spatial heterogeneity with variable density thinning. Forestry, 2003, 76(2), 127–136.
15. Bakke D. Forest service pesticide risk assessment. Proceedings of the Wildlife and Invasive Plants Symposium, January 31, 2007. 17 pp.
16. Moreno N., Quintero R., Ablan M., Barros R., Dóvila J., Ramirez H., Tonella G., Acevedo M. Biocomplexity of deforestation in the Caparo tropical forest reserve in Venezuela: An integrated multi-agent and cellular automata model. Environmental Modelling & Software. 2007. 22(5), 664–673.
17. Pukkala T., Lhdde E., Laiho O. Variable-density thinning in uneven-aged forest management – a case for Norway spruce in Finland. Forestry, 2011, 84(5), 557–565.
18. Fire Risk Assessment System (FRAS). Florida Forest Service. Salt Lake City. 2002. 129 pp.
19. Norman S.P., Lee D.C., Jacobson S., Damiani C. Assessing risk to multiple resources affected by wildfire and forest management using an integrated probabilistic framework. In: J.M. Pye, H.M. Rauscher, Y. Sands, D.C. Lee, J.S. Beatty (Eds.) Advances in threat assessment and their application to forest and rangeland management. Tech. Rep. PNW-GTR-802, Portland OR, US Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest and Southern Research Stations. 2010. 361–370.
20. Pence M., Zimmerman T. The Wildland Fire Decision Support System: Integrating science, technology, and fire management. Fire Management Today, 2011, Vol. 71, No.1, pp. 18–22.
21. Brillinger D.R., Preisler H.K., Benoit J.W. Risk assessment: a forest fire example. In: D.R. Goldstein (Ed.) Statistics and science: a Festschrift for Terry Speed. Beachwood, OH. Institute of Mathematical Statistics. 2003. 177–196.
22. Sutton L. Common denominators of human behavior on tragedy fires. Fire Management Today. 2011. 71(1). 13–18.
23. McConnel W.J. Cover change – tales of the unexpected. Global Change Newsletter, 2004, Vol. 57, pp. 8–11.

МОНИТОРИНГ СОСТОЯНИЯ РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА НА ТЕРРИТОРИИ РЕСПУБЛИКИ МАРИЙ ЭЛ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ENVISAT MERIS

О.Н. ВОРОБЬЕВ, доц. каф. лесоводства ПГТУ, канд. с.-х. наук,

Э.А. КУРБАНОВ, проф. каф. лесоводства ПГТУ, руководитель центра устойчивого управления и дистанционного мониторинга лесов, д-р с.-х. наук,

vorobievon@marstu.net, kurbanovea@volgatech.net

Спутниковый мониторинг растительного покрова является важным элементом современной дистанционной оценки состояния окружающей среды [2, 6]. Для проведения исследований в этой области используются современные программные средства и спутниковые снимки различного пространственного разрешения. В последние годы для мониторинга состояния растительного покрова широко используются данные спектрометра среднего разрешения MERIS (Medium Resolution Imaging Spectrometer), расположенного на спутнике ENVISAT-1. Прибор MERIS обладает широкой зоной захвата территории и имеет высокую периодичность съемки.

Содержание и концентрация хлорофилла в зеленых частях растений является одним из важных индикаторов, характеризующих состояния древостоя. Оценка состояния насаждения проводится по диапазону красной (инфракрасной) спектральной зоны поглощения хлорофилла [11]. При высокой концентрации хлорофилла в растительном покрове происходит смещение границы спектрального диапазона в сторону длинных волн, а при низкой концентрации спектральная яркость, отраженная от полога, больше характерна для коротковолновой зоны [8, 10]. Положение красной границы поглощения обычно определяется по значениям спектральной яркости в красном и ближнем инфракрасном каналах спутниковых изображений при помощи вегетационных индексов [3, 9].

Целью работы является оценка и мониторинг состояния растительного покрова в зонах воздействия промышленных предприятий в республике Марий Эл по данным спектрометра MERIS. Для решения этой цели

были решены следующие задачи: 1) изучены разновременные спутниковые снимки ENVISAT; 2) построены полигональные слои и определены три индекса для лесного покрова на исследуемую территорию; 3) проведена оценка состояния лесов за 2002–2011 гг.

Для оценки состояния растительного покрова на территории РМЭ были использованы снимки MERIS – MER_RR_2P (Reduced Resolution Geophysical Product) с разрешением 1,2×1,2 км. Снимки группировались в композиты из 4–5 изображений на территорию исследования, полученные за каждый исследуемый вегетационный период. Изменения значений индексов для каждого года анализировались по линейным трендам. Для выявления динамики изменений состояния древесно-растительного покрова определялись средние значения индексов на основе «скользящего среднего». Всего на исследуемую территорию было отобрано 39 изображений (сцен) MERIS, полученных с мая по август 2002 – 2011 гг. В первую очередь отбирались снимки, на которых отсутствовала облачность. Оценка содержания хлорофилла в пологе лесных насаждений и мониторинг его пространственно-временного тренда проводился в программном пакете ENVI-5.0 на основе широко используемых вегетационных индексов и соотношений спектральных каналов:

- нормализованный разностный вегетационный индекс NDVI;
- хлорофилльный индекс MTCI (MERIS Terrestrial Chlorophyll Index);
- индекс красной границы поглощения солнечной радиации (REP – red-edge position).

Оценка и мониторинг загрязнений включает три этапа.

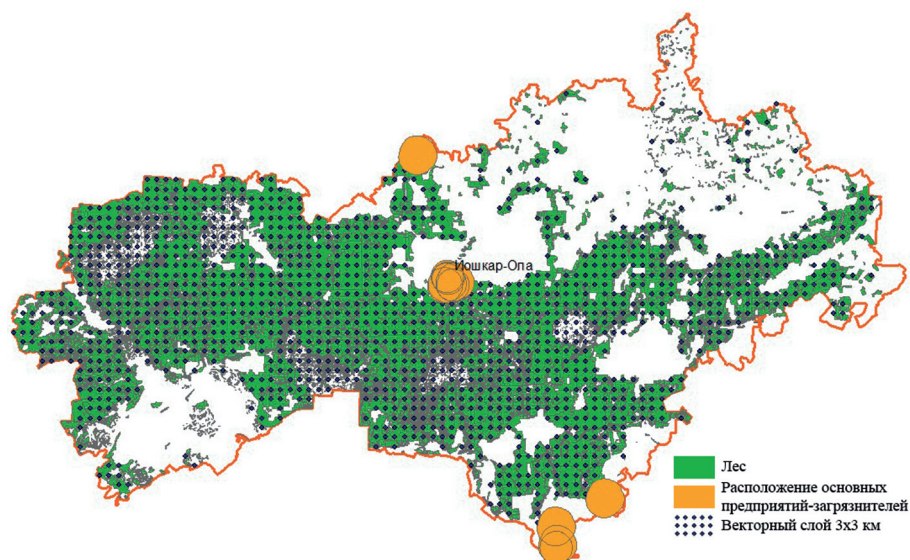


Рис. 1. ГИС слои: полигональные – «лес» и «буферные зоны промышленных предприятий загрязнителей», точечный векторный «регулярная сеть 3×3 км» на территорию РМЭ

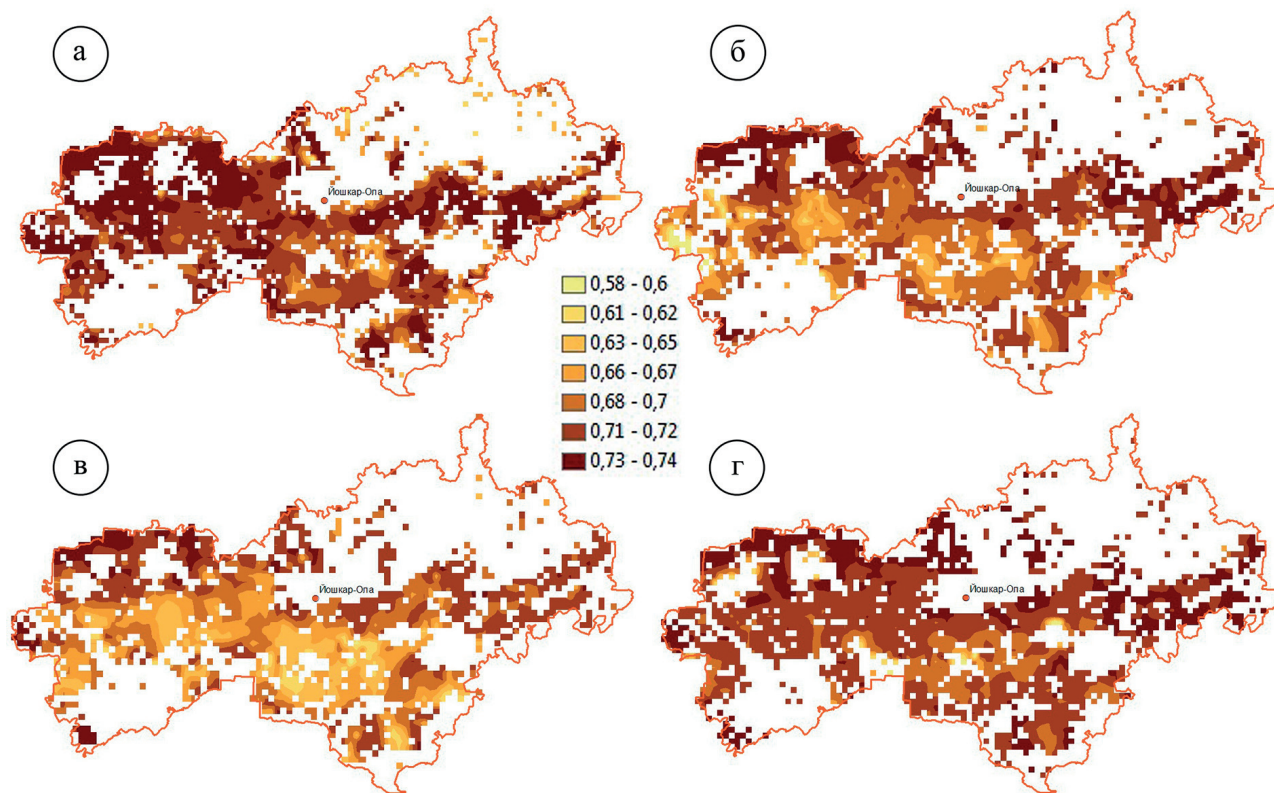


Рис. 2. Тематические карты пространственно-временного распределения значений индексов, позволяющие оценить динамику состояния растительного покрова на изучаемой территории

1) Приобретение спутниковых снимков MERIS и выделение из них 10 сцен для Республики Марий Эл, полученных с 2002 по 2011 гг.

2) Создание векторных слоев СЗЗ (санитарно-защитных зон) предприятий РМЭ и регулярной сети 3×3 и 10×10 км для оценки

состояния растительного покрова на основании используемых индексов.

3) Создание тематических растровых и векторных карт на основе индексов.

Для оценки значений индексов каждого полученного композитного изображения, на этапе 2 были созданы два полигональных

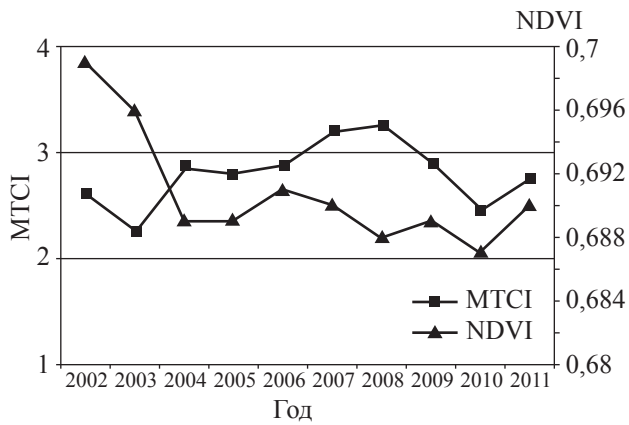


Рис. 3. Временные тренды значений индексов NDVI и MTCI на территорию исследований с 2002 по 2011 гг.

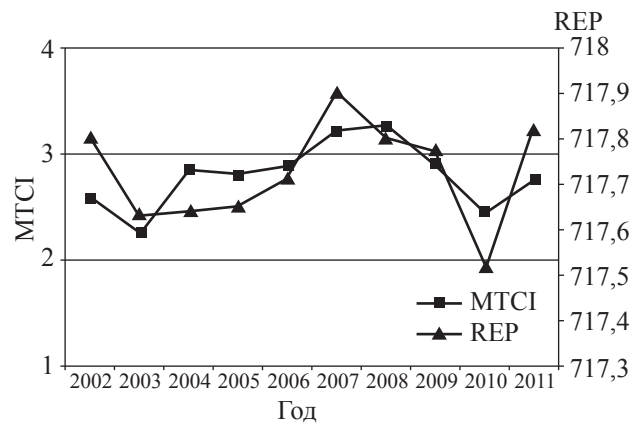


Рис. 4. Временные тренды значений индексов MTCI и REP на территорию исследований с 2002 по 2011 гг.

сложь с размером ячеек 3×3 км и 1×1 км. Километровая сеть с размером ячейки 1×1 км, что фактически соответствует разрешению изображения MERIS, была использована для оценки индексов в пределах 1,3 и 5 км СЗЗ и буферных зон промышленных предприятий, построенных с учетом «розы ветров». Состояние лесного покрова на этих участках было изучено во время полевых исследований 2009–2012 гг. Для оценки динамики изменений состояния древесно-растительного покрова на основе полученных индексных карт использовалась сеть с размером ячейки 3×3 км (рис.1). Общее число тестовых участков в этом случае составило 1430 шт.

В работе использовались ранее созданные тематические карты растительного покрова на территорию РМЭ [4]. Оценка распределения плотности значений индексов вегетации на исследуемой территории для всего временного ряда снимков была проведена в программном пакете ArcGIS-10 с использованием модуля интерполяции данных IDW (Метод обратного взвешивания расстояний). Для получения однородной плотности индексов каждой из тематических карт всего временного тренда в программе ENVI-5.0 использовался модуль Reclassify (переклассификация). С целью проведения статистических расчетов все значения индексов вегетации для всех тестируемых участков полигона «лес» были сформированы в табличные данные с дальнейшей их обработкой в среде EXCEL.

В результате проведенных исследований были получены тематические карты пространственно-временного распределения значений индексов, позволяющие оценить динамику состояния растительного покрова на изучаемой территории (рис. 2). Для мониторинга состояния растительного покрова РМЭ по уровню содержания хлорофилла в биомассе древостоя за 2002–2011 гг. был проведен детальный анализ верхнего полога древостоя вблизи предприятий-загрязнителей. В частности, подобные исследования были проведены в районе предприятия по производству силикатного кирпича. При этом оценивались значения вышеприведенных индексов в пределах границ СЗЗ и дополнительной буферной зоны, сформированной с целью получения более полной картины состояния древостоя вокруг предприятия [4]. Оценка состояния лесного полога проводилась по индексу MTCI, который является наиболее чувствительным к содержанию хлорофилла. Значения индекса определялись на территории закладки тестовых участков во время проведения полевых исследований. Полученные результаты сравнивались со значениями индекса по данным регулярных точечных сетей размерами 3×3 и 1×1 км в пределах буферных зон промышленных предприятий.

Анализ полученных результатов свидетельствует об устойчивых показателях состояния растительного покрова на территории РМЭ в течение 2002 – 2011 гг. В целом за

исследуемый период наблюдается небольшое снижение биомассы лесов в РМЭ, о чем свидетельствует тренд NDVI (рис. 2, 3). Тренд МТСИ (хлорофилльный индекс) показывает относительно стабильные значения его содержания в лесном пологе. Исключение составляет снимок 2010 г., на котором видно его заметное снижение для всей территории РМЭ в связи с лесными пожарами. В 2010 г., по нашим оценкам, в Марий Эл сгорело порядка 100 тыс. га [1] лесов, что, конечно, не могло не сказаться на общей картине спектральных характеристик растительного покрова. Динамика значений коэффициента REP также соответствует общему тренду состояния лесного покрова (рис. 4) и высоко коррелирует со значениями МТСИ.

В целом полученные данные свидетельствуют о незначительном влиянии выбросов промышленных предприятий на лесные насаждения в Республике Марий Эл. В большей степени на динамику МТСИ и NDVI оказывают лесные пожары и засухи, которые значительно снижают хлорофилльный индекс и могут привести к дальнейшему усыханию и гибели насаждений. Общая картина динамики изменений растительного покрова на уровне республики не позволяет дать оценку влияния конкретных предприятий на прилегающие лесные насаждения. Для более точных оценок такого влияния рекомендуется использовать разновременный ряд мультиспектральных изображений высокого пространственного разрешения. Между тем, использование индексов МТСИ, REP и NDVI показало их приемлемость для оценки хлорофилльного индекса и биомассы лесов.

Работа выполнена в рамках федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009–2013 гг. соглашение № 14.В37.21.1245 Министерства образования и науки Российской Федерации «Дистанционный мониторинг и прогнозирование состояния лесных насаждений по спутниковым снимкам» и тематического плана Министерства науки и образования РФ на 2012–2014 гг. «Оценка, мониторинг и прогнозирование

биологической продуктивности лесов по данным спутниковой съемки».

Библиографический список

1. Воробьев О.Н. Дистанционный мониторинг лесных гарей в Марийском Заволжье / О.Н. Воробьев, Э.А. Курбанов, А.В. Губаев, С.А. Лежнин и др. // Вестник ПГТУ. – № 1. – 2012. – С. 12–22.
2. Галкин Ю.С. Определение по космическим снимкам биометрических и продукционных характеристик растительности / Галкин Ю.С., Шалаев В.С., Батырев Ю.П., Потапов В.Н. и др. // Вестник МГУЛ – Лесной вестник. – № 6. – 2009. – С. 20–24.
3. Корец М.А. Оценка состояния растительного покрова в зоне воздействия промышленных предприятий с использованием данных ENVISAT MERIS и SPOT Vegetation / М.А. Корец, В.А. Рыжкова, С.А. Баргалева // Третья всероссийская открытая конференция «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса». – М.: ИКИ РАН, 14–17 ноября 2005 г.
4. Курбанов Э.А. (а) Тематическое картирование и стратификация лесов Марийского Заволжья по спутниковым снимкам Landsat / Э.А. Курбанов, О.Н. Воробьев, С.А. Незамаев, А.В. Губаев и др. // Вестник ПГТУ. – № 3. – 2013. – С. 72–82.
5. Курбанов Э.А. (б) Оценка загрязнений древостоями отходами силикатного производства по снимку Rapid Eye / Э.А. Курбанов, О.Н. Воробьев, С.А. Лежнин, Ю.А. Полевщикова // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2013. – Т. 10 – № 2. – С. 88–97.
6. Лупян Е.А. Спутниковый сервис мониторинга состояния растительности («Вега») / Е.А. Лупян, И.Ю. Савин, С.А. Баргалева, В.А. Толпин и др. // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2011. – Т.8. – № 1. – С. 343–351.
7. Давыдов В.Ф. Дистанционное определение деградации почвенного покрова / В.Ф. Давыдов, Ю.П. Батырев // Вестник МГУЛ – Лесной вестник – 2012. – № 9 (92). – С. 115–122.
8. Boyd D.S. Phenology of vegetation in Southern England from Envisat ERIS terrestrial chlorophyll index (MTCI) data / D.S. Boyd, S. Almond, J. Dash, P.J. Curran, R.S. Hill // International Journal of Remote Sensing. – 2011. № . 23. – vol. 32, p. 8421–8447.
9. Clevers J.G. Derivation of the red edge index using the MERIS standard band setting / J.G. Clevers, S.M. De Jong, G.F. Epema // International Journal of Remote Sensing. – 2002. № 16. vol. 23 – p. 3169–3184.
10. Curran P.J. Exploring the relationship between reflectance red edge and chlorophyll concentration in slash pine leaves / P.J. Curran, J.L. Dungan, H.L. Gholz // Tree Physiology. – 1990. № 1–4. vol. 7 – p. 33–48.
11. Dash. J. The MERIS terrestrial chlorophyll index / J. Dash., J. Curran // International Journal of Remote Sensing. – 2004. № 23. vol. 25 – p. 5403–5413.

ЛИДАРНЫЕ МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ ВОЗДУШНОГО БАССЕЙНА КРУПНОГО ПРОМЫШЛЕННОГО ЦЕНТРА В УСЛОВИЯХ ЧРЕЗВЫЧАЙНОЙ СИТУАЦИИ

В.Д. БУРКОВ, *проф. каф. ИИС и ТП МГУЛ, д-р техн. наук,*
С.В. ПЕРМИНОВ, *научн. сотр. каф. ИИС и ТП МГУЛ, канд. техн. наук,*
Д.Г. ЩУКИН, *асп. каф. ИИС и ТП МГУЛ,*
В.С. ШАЛАЕВ, *проф., директор ИСИЛ МГУЛ, д-р техн. наук*

av60017@comtv.ru

Лидарные методы измерения параметров атмосферы на сегодняшний день представляются одними из наиболее перспективных для дистанционного оперативного контроля, а также краткосрочного прогнозирования состояния воздушного бассейна в районах аварий на крупных промышленных объектах, содержащих запасы ядовитых веществ в жидком и газообразном состоянии [1, 2]. Высокое пространственное и временное разрешение, оперативность и возможность исследовать большой сектор пространства выделяют эти методы среди существующих методов диагностики окружающей среды. Существенным преимуществом методов лазерного зондирования атмосферы по сравнению со стандартными методами, помимо указанных выше, является то, что первые позволяют определять ряд важных параметров атмосферы, которые не измеряются стандартными методами. Это относится, прежде всего, к компонентам индустриального происхождения, т.е. загрязнителям атмосферы.

Разработанный передвижной лидарный комплекс, входящий в состав автоматизированной системы дистанционного контроля и экомониторинга воздушного бассейна крупного промышленного центра, позволяет проводить дистанционные измерения в районе чрезвычайной ситуации. Аппаратура передвижного комплекса размещена на автомобильном носителе, оборудованном системами автономного электропитания и жизнеобеспечения. Общая структурная схема передвижного лидарного комплекса показана на рис. 1.

В состав комплекса входят две лидарные системы: инфракрасный гетеродинный лидар (ИКГЛ) и импульсный лидар ВУФ диапазона, имеющие общую оптическую систе-

му наведения и приемный телескоп. Диаметр приемной апертуры оптической системы составляет 0,4 м. Система наведения обеспечивает сканирование всей верхней полусферы со скоростью до 3 град/с, при точности позиционирования $10'$. Переключение режимов работы лидара осуществляется поворотным зеркалом, расположенным внутри телескопа. Такая компоновка системы позволяет уменьшить объем, занимаемый аппаратурой, и повысить надежность эксплуатации. Вычислительно управляющий комплекс, являющийся общим звеном обеих лидарных систем, позволяет осуществлять управление работой измерительного комплекса и оперативно получать лидарную информацию. Полученные результаты заносятся в память компьютера и могут быть переданы в центр управления. Система кондиционирования воздуха позволяет поддерживать оптимальный температурный режим работы аппаратуры. Оперативная связь осуществляется посредством сотовой телефонной связи, которая позволяет также передавать компьютерные данные. Две лидарные системы, работающие в различных спектральных диапазонах, основанные на разных принципах действия, позволяют получать наиболее полную информацию о зоне поражения.

ИКГЛ представляет собой непрерывный гетеродинный лидар дифференциального поглощения. Длины волн зондирования данной системы находятся в ИК-диапазоне (9–11 мкм). Принцип работы измерительного комплекса заключается в зондировании участка атмосферы сфокусированным пучком когерентного оптического излучения. Излучение рассеивается содержащимися в воздухе частицами аэрозоля во всех направ-

СТРУКТУРНАЯ СХЕМА МОБИЛЬНОГО ЛИДАРА

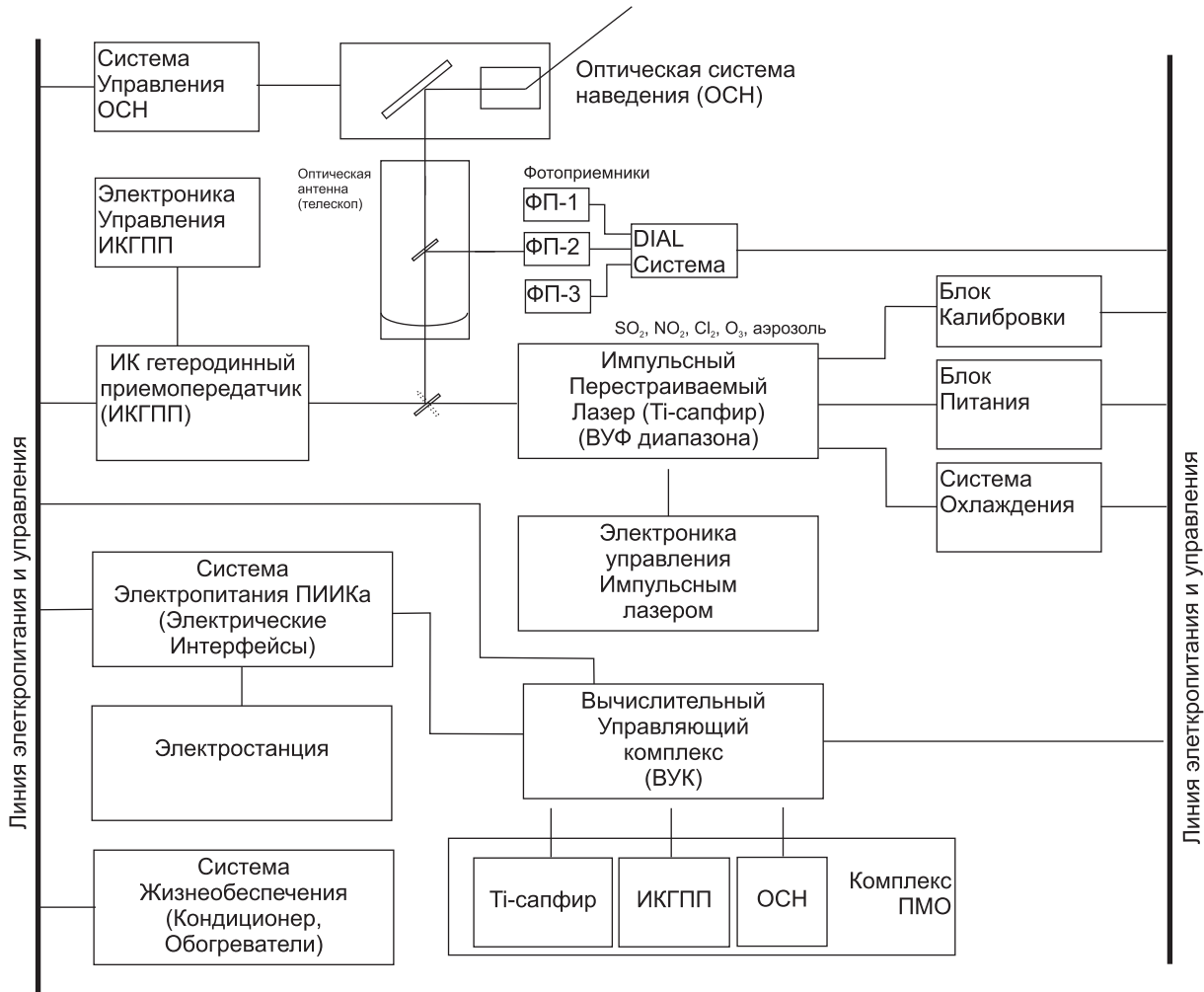


Рис. 1. Структурная схема мобильного лидара

лениях. Гетеродинный метод приема обратно рассеянного сигнала позволяет обнаруживать изменение частоты излучения, вызванное доплеровским эффектом от рассеяния на атмосферных частицах, что лежит в основе метода измерения скорости ветра. Из регистрируемого когерентным лидаром эхосигнала можно получить оценку радиальной составляющей скорости ветра, турбулентности воздушного потока, концентрации и размеров частиц аэрозоля. Перестройка лидара по дальности осуществляется перефокусировкой выходного излучения, что перемещает область перетяжки, из которой принимается сигнал. Лидар позволяет получать вертикальный профиль вектора скорости ветра (ВСВ) и турбулентности атмосферы в зоне аварии, а также степень загрязненности атмосферы аэрозольными частицами, на расстоянии до

2 км от измерительного комплекса. Для определения ВСВ использован алгоритм последовательного измерения проекции скорости по трем направлениям. Данный метод подробно анализируется в [3]. Для его реализации измеряются проекции скорости ветра по трем неколлинеарным направлениям. По измеренным значениям проекций ВСВ и углов выставки луча определяются три ортогональные составляющие ВСВ в земной системе координат. Для определения ВСВ проекции измеряются послойно. Диапазон измерения радиальной составляющей скорости ветра от 0,5 до 50м/с. Время проведения измерения одного вертикального профиля ВСВ не превышает 15 мин. Примеры измерения ВСВ приведены на рис. 2. Измерения проводились по одному алгоритму через определенные промежутки времени. Графики показывают



Рис. 2. Профили скорости ветра, измеренные ИКГЛ

динамику изменения скорости ветра с течением времени, в продолжение суток. Наблюдается сильная изменчивость ВСВ в нижнем слое измерений (до 250 м), что обусловлено нестабильностью ветрового потока в приземном слое, при высокой повторяемости результатов в верхних слоях измерительной области. В системе также реализован принцип дифференциального поглощения для измерения концентрации газовых примесей в атмосфере, описанный в ряде монографий, напр. [2]. Для измерения концентрации NH_3 выбрана пара близкорасположенных длин волн генерации двух CO_2 лазеров (10,6/10,716 мкм), один из которых настроен на линию поглощения аммиака ($\lambda = 10,716$ мкм), другой – на длину волны ($\lambda = 10,6$ мкм), где поглощение практически отсутствует, позволяет одновременно с ВСВ проводить измерение концентрации аммиака на расстоянии до 3 км от измерительного комплекса. Одновременный прием и обработка сигнала по двум каналам позволяет исключить влияние временной нестабильности атмосферы. Таким образом, одновременно с ВСВ проводится измерение концентрации аммиака. Возможен также алгоритм панорамных измерений. Система позволяет проводить измерения в широком диапазоне измерений концентраций от 100 мг/м^3 до 40 г/м^3 (что соответствует от 5 до 2000 ПД- $K_{\text{рз}}$). Время измерений концентрации газа по трассе зондирования в пяти точках не более 60 с.

Импульсный лидар ВУФ диапазона позволяет проводить измерения concentra-

ции атмосферных загрязнителей (Cl_2 , NO_2 , O_3 и др.) методом прямого детектирования, при этом одновременно получается информация об аэрозольном загрязнении. Принципы построения таких лидаров изложены в [4]. Появление нового класса твердотельных перестраиваемых лазеров открыло новые возможности импульсных лидаров. Новые лазеры имеют большой диапазон перестройки, простоту перестройки, при высокой энергии импульса [5]. В состав системы входят: лазерный излучатель с компьютерным управлением на основе импульсного перестраиваемого титан-сапфирового лазера с нелинейным преобразованием частоты генерации, блок калибровки длин волн и энергии выходного излучения, блок оптической фильтрации, детектор приемного излучения на основе ФЭУ. Оптическая накачка перестраиваемого лазера осуществляется второй гармоникой Nd:YAG лазера. Предусмотрено расширение перечня исследуемых газов, спектры поглощения которых лежат в диапазонах перестройки лазера. Импульсный лазер позволяет получать излучение в следующих диапазонах длин волн: 750–900 нм (базовое излучение титан-сапфирового лазера), 450–480 нм (оптическое смешение базового излучения с излучением Nd:YAG лазера, работающим на длине волны 1064 нм.), 375–450 нм (вторая гармоника базового излучения), 280–305 нм (оптическое смешение излучения второй гармоники с излучением лазера накачки).

Зондирование атмосферы осуществляется на двух длинах волн последовательно.

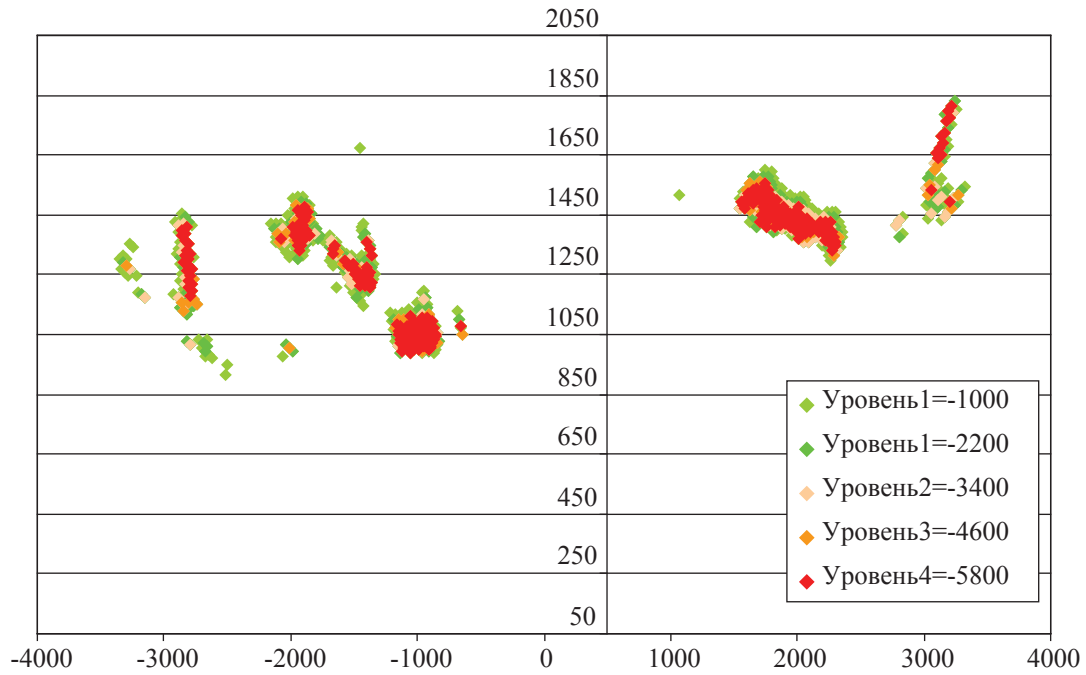


Рис. 3. Панорама распределения аэрозоля, полученная с помощью импульсного лидара в режиме обнаружения аэрозольного загрязнения. Время съемки 1,5 мин

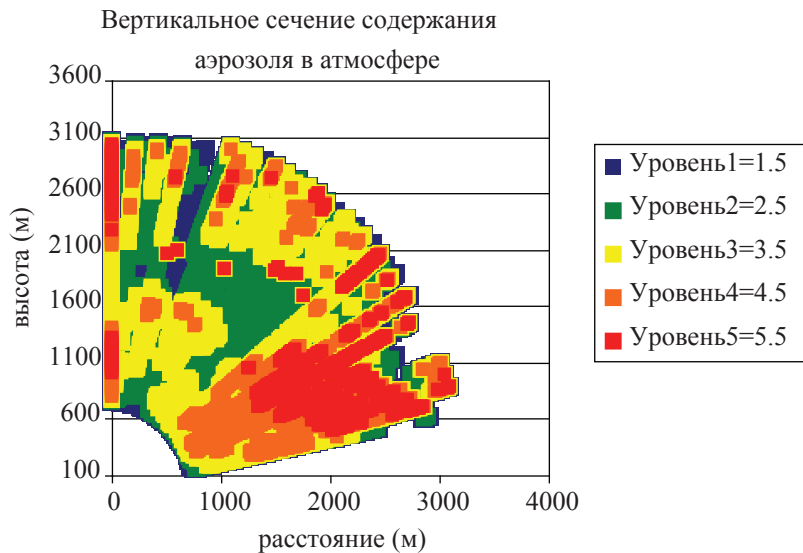


Рис. 4а. Панорама распределения аэрозоля, полученная с помощью импульсного лидара в режиме измерения концентрации аэрозоля

После каждой пары импульсов производится съемка фонового сигнала. Синхронизация работы системы осуществляется по сигналу фотодиода, установленного в блоке калибровки, куда отводится часть выходного излучения. Поскольку период следования импульсов (частота повторения импульсов 16 Гц) превосходит время стабильности атмосферы, для восстановления профиля концентраций применен метод накопления с последующей

фильтрацией данных. В целях уменьшения погрешностей измерений применен регуляризирующий алгоритм вычисления производных, входящих в уравнение концентраций. В системе реализована также обработка лидарных данных в режиме вычисления профиля атмосферного аэрозоля методом интегрального накопления. На рис. 3, 4, 5 приводятся примеры лидарных измерений загрязнения атмосферы. Максимальная дальность дей-



Рис. 4б. Распределение концентрации NO_2 по трассе зондирования, получено на мобильном лидаре

твия лидара достигает 5 км, с разрешением по дальности 15 м. На рис. 3 показан разрез дымового шлейфа, снятый в режиме быстрого сканирования (время съемки панорамы составило 1,5 мин). Данный режим позволяет обнаруживать области аэрозольного загрязнения и отслеживать их динамику в реальном времени. Для определения относительной концентрации частиц аэрозоля и концентрации загрязняющих веществ используется режим измерения. На рис. 4а показана панорамная съемка в режиме измерения относительной концентрации частиц аэрозоля в условно чистой атмосфере, градации цвета отображают уровни загрязненности. Результат измерений концентрации примеси NO_2 в атмосфере по трассе зондирования отображен на рис. 4б. Измерения проводились в чистой атмосфере, в условиях фоновых концентраций загрязнителя. График отображает фоновую концентрацию NO_2 на уровне 50ppbv, сравнимую с ПДК_{мр}(NO_2) = 40ppbv, в то время как ПДК_{рз} более чем в 50 раз превосходит измеренное значение. Время измерения по одному направлению составило 15 с.

Незначительные доработки систем позволят увеличить количество обнаруживаемых загрязняющих веществ до 10. Так, с помощью ИК гетеродинного лидара в диапазоне длин волн 9–11 мкм возможно обнаружение загрязнений сложными молекулами органического и неорганического происхождения, имеющими линии поглощения в ИК-

диапазоне (NH_3 , фреон, акролеин и др.)(6). В то время как импульсный лидар позволит контролировать наличие примесей простых молекул в атмосфере, таких как NO_2 , SO_2 , O_3 , галогены, формальдегид и др. Сопоставление аэрозольных данных, полученных на длинах волн от УФ до ИК диапазона, позволит определить распределение частиц по размерам, и их концентрацию в атмосфере.

Время развертывания системы позволяет оперативно менять точку наблюдения и проводить измерения в непосредственной близости от источника выбросов и отслеживать направление и скорость распространения облака с повышенной концентрацией загрязнителя.

Экипаж мобильного лидара состоит из 4-х человек, включая водителя. Время развертывания системы на местности составляет около 5 мин, при этом полный цикл измерений, включающий измерение ВСВ, секторную съемку, картирование концентраций NH_3 , Cl_2 и аэрозоля, составляет около 20 мин. Циклы измерений вредных примесей по трассе не превышают 1 мин. Данные измерения позволяют получать оперативную информацию о загрязнении атмосферы в зоне чрезвычайной ситуации, что позволит контролировать ситуацию в зоне ЧС по измеряемым параметрам.

Таким образом, создан передвижной информационно-измерительный комплекс, включающий одно из самых современных средств дистанционного контроля состава

атмосферы крупных промышленных центров в условиях чрезвычайной ситуации – лидар дифференциального поглощения. Данная система является уникальной по величине динамического диапазона, а также по оперативности, точности и достоверности получаемой информации. Комплекс позволяет проводить оперативные измерения содержания наиболее опасных для здоровья человека газов-загрязнителей (Cl_2 , NH_3 и др.), находясь вне зоны их действия.

Наличие в составе комплекса двух средств измерения – импульсного лидара и непрерывного гетеродинного лидара инфракрасного диапазона значительно расширяет полосу рабочих длин волн, что значительно расширяет возможности системы.

Наличие в составе комплекса инфракрасного гетеродинного лидара позволяет наряду с контролем состава аварийного выброса проводить в реальном времени измерения метеопараметров атмосферы, таких как скорости воздушных потоков на различных высотах, степень их турбулентности. Данные измерения позволяют не только контролировать чрезвычайную ситуацию, но и прогнозировать ее развитие.

Рассмотренный передвижной лидарный комплекс, прошедший метрологическую аттестацию, может применяться для поверочных испытаний волоконного оптического лидара для контроля утечек газовых выбросов в задачах мониторинга атмосферы.

Библиографический список

1. Бурков В.Д. Нанотехнологии и проблемы экологического мониторинга / В.Д. Бурков, В.Ф. Крапивин // Вестник МГУЛ – Лесной вестник, 2011. – № 3 (79) – С. 62–68.
2. Бурков В.Д. Оптические методы контроля утечек газовых выбросов в задачах мониторинга атмосферы / В.Д. Бурков, Д.Г. Щукин // Вестник МГУЛ – Лесной вестник, 2012. – № 6 (89). – С. 4–17.
3. Бурков В.Д. Испытательный стенд для исследования оптических и волоконно-оптических приборов и систем / В.Д. Бурков, Д.Г. Щукин и др. // Вестник МГУЛ – Лесной вестник, 2012. – № 3 (86). – С. 180–184.
4. Зуев, В.Е. Лазерное зондирование промышленного аэрозоля / В.Е. Зуев, И.В. Самохвалов, Б.В. Кауль и др. – Новосибирск: Наука, 1986.
5. Лазерный контроль атмосферы, под общ. Ред. Е.Д. Хинкли. – М. Мир, 1979.
6. Kormakov A.A., Kosovsky L.A., Kurochkin N.N. Coherent CO_2 lidars for wind velocity and atmospheric turbulence./opt. Eng./oct. 1994/V33 N10/p3206–3213.

ЗАДАЧА СИНТЕЗА ДИАГРАММЫ НАПРАВЛЕННОСТИ В ЦИФРОВЫХ ФАЗИРОВАННЫХ АНТЕННЫХ РЕШЕТКАХ

В.Д. БУРКОВ, *проф. каф. ИИС и ТП МГУЛ, д-р техн. наук,*
П.В. МАРТЫНОВ, *инженер ОАО «НПО ИТ»,*
А.Е. ОРЛОВ, *асп. каф. ИИС и ТП МГУЛ,*
Ф.О. СУЛИМОВ, *асп. каф. ИИС и ТП МГУЛ*

syfo-dias@mail.ru, orlov1114@rambler.ru, fsul@mail.ru

В последнее время в связи с созданием многофункциональных радиоэлектронных средств различного назначения и значительным усложнением радиоэлектронной обстановки особую актуальность приобретают вопросы использования и размещения фазированных антенных решеток, обеспечивающих решение широкого круга задач на объектах-носителях. Широкое применение находят плоские ФАР, имеющие раскрыт с

произвольной формой границы, что обусловлено необходимостью размещения раскрывов различных диапазонов на ограниченном участке поверхности, выделенном для антенных систем. Указанные ситуации возникают при установке антенн на кораблях, автомобилях и т.п. Другой особенностью, связанной с необходимостью работы ФАР в сложной помеховой обстановке, является формирование диаграмм направленности (ДН) с произволь-

ным законом изменения уровня боковых лепестков, в том числе и низким уровнем.

Антенны с электрически управляемым фазовым распределением обеспечивают сканирование луча в пространстве со скоростью, которая может быть на несколько порядков выше скорости механически сканирующих антенн. Время установки в заданную точку пространства луча фазированных решеток практически определяется быстродействием электрического фазовращателя или перестройкой частоты при частотном сканировании и не связано с весом и размерами антенны. ФАР из остронаправленных антенн позволяют увеличить предельно реализуемую разрешающую способность, усиление и максимальную мощность антенны. Решетки позволяют создать многофункциональные антенны, в которых с помощью электрически управляемых устройств СВЧ меняется форма и ширина диаграммы направленности в зависимости от выполняемых радиосистемой функций.

В известной литературе, например [1–3], как правило, приведены рекомендации по формированию произвольного закона изменения и снижения боковых лепестков для ФАР с канонической формой раскрыва (раскрывов прямоугольной и круглой формы). Для таких раскрывов хорошо изучена взаимосвязь параметров раскрыва (размер раскрыва, закон изменения амплитудного распределения в раскрыве) с шириной главного максимума ДН и законом изменения уровня боковых лепестков. При этом данные закономерности относятся к случаю использования строчно-столбцевого закона управления амплитудно-фазовым распределением (АФР) в раскрывах прямоугольной формы или осесимметрично-го распределения в круглых раскрывах.

Однако в случае раскрывов с произвольной формой границы использование схемы построения ФАР, реализующей, например строчно-столбцевой закон управления амплитудно-фазовым распределением, может приводить к неточности установки главного луча, а также к существенному повышению уровня боковых лепестков. Указанные недостатки обусловлены отказом от учета формы раскрыва при использовании строчно-столб-

цевого закона управления амплитудно-фазовым распределением. Кроме того, в известной литературе отсутствуют результаты исследований взаимосвязи параметров излучающего раскрыва и формируемой ДН.

В соответствии с отмеченными особенностями формирования АФР физически реализуемые ДН для раскрывов с произвольной формой границы могут быть определены только в главных плоскостях [4, 6].

В связи с изложенным важной задачей является рассмотрение алгоритма синтеза амплитудно-фазового распределения для ФАР с произвольной формой границы.

Одним из путей решения поставленной задачи является предложение ввести эквивалентный плоский раскрыв с канонической формой границы, в частности, прямоугольный, круглый и т.п., в который наилучшим образом вписывается реальный раскрыв ФАР.

В качестве эквивалентного был рассмотрен прямоугольный раскрыв. Будем считать, что излучатели в раскрыве ФАР и эквивалентном раскрыве располагаются в узлах регулярной прямоугольной сетки с одинаковыми параметрами. При этом координаты излучателей вспомогательного раскрыва, находящихся внутри контура раскрыва ФАР, совпадают с координатами излучателей ФАР. Геометрия решаемой задачи приведена на рисунке. Такой выбор эквивалентного раскрыва определяется хорошо исследованной взаимосвязью параметров АФР линейных антенн с характеристиками ДН в главных плоскостях, в частности, с поведением огибающей боковых лепестков при использовании строчно-столбцевого закона управления АФР в прямоугольном раскрыве. При этом поведение огибающей боковых лепестков должно быть определено для двух взаимно ортогональных линеек, образующих эквивалентный прямоугольный раскрыв.

Назовем ДН эквивалентного прямоугольного раскрыва вспомогательной. При этом для эквивалентного плоского прямоугольного раскрыва достаточно просто сформировать объемную ДН с заданными законами огибающей боковых лепестков в главных сечениях.

Решение задачи синтеза для плоского раскрыва с произвольной формой границы, содержащего N излучателей, при использовании вспомогательной ДН позволит реализовать в главных плоскостях близкий к заданному закон изменения огибающей боковых лепестков в главных сечениях и более низкий уровень боковых лепестков в промежуточных азимутальных сечениях. Обеспечение такого поведения боковых лепестков достигается путем наложения требований на формируемую ДН не в двух, а в большем числе сечений [7].

При данном подходе к решению задачи синтеза на первом этапе по заданным положению главного лепестка и законам огибающей боковых лепестков в главных плоскостях заданной ДН вычисляются (выбираются из заранее насчитанных массивов) амплитудно-фазовые распределения $A_{xn}^L, n = 1, \dots, A_{ym}^L, m = 1, \dots$, где N_x, N_y – число излучателей в эквивалентных линейках. В качестве линеек выбираются линейные АР максимальной длины, которые могут быть выделены в составе рассматриваемого плоского раскрыва с произвольной формой границы [8].

На основе выбранных АФР в указанных ортогональных линейках формируется общее амплитудно-фазовое распределение в раскрыве прямоугольной формы, содержащем $N = N_x \times N_y$ излучателей. Вспомогательная ДН $F_{aux}(\theta, \varphi)$, имеющая в главных плоскостях заданный закон огибающей боковых лепестков, находится как диаграмма, формируемая эквивалентным прямоугольным раскрывом

$$F_{aux}(\theta, \varphi) = \sum_{n=1}^{N_x} \sum_{m=1}^{N_y} A_{mn} \mu_{mn}(\theta, \varphi) \times \exp(-ik(\sin \theta (x_{mn} \cos \varphi + y_{mn} \sin \varphi))), \quad (1)$$

где $x_{mn}, y_{mn}, \mu_{mn}(\theta, \varphi)$ – соответственно координаты и ДН излучателя, стоящего на пересечении m -й строки и n -го столбца; A_{mn} – АФР эквивалентного прямоугольного раскрыва, определяемое в соответствии со строчно-столбцевым законом управления АФР в виде

$$A_{mn} = A_{xn}^L A_{ym}^L. \quad (2)$$

Запишем ДН ФАР с плоским N -элементным раскрывом, имеющим произвольную форму границы, в виде

$$F_0(\theta, \varphi) = \sum_{n=1}^N J_n \mu_n(\theta, \varphi) \times \exp(-ik(x_n \sin \theta \cos \varphi + y_n \sin \theta \sin \varphi)), \quad (3)$$

где $x_n, y_n, \mu_n(\theta, \varphi)$ – координаты и ДН n -го излучателя в составе излучающего раскрыва с произвольной формой границы.

Следует отметить, что ДН излучателей в раскрыве ФАР и вспомогательном раскрыве полагаются одинаковыми.

Для нахождения АФР J_n в таком раскрыве потребуем совпадения ДН ФАР и вспомогательной ДН в P направлениях

$$F_0(\theta_p, \varphi_p) = F_{aux}(\theta_p, \varphi_p), \quad (p = 1, \dots, P). \quad (4)$$

В матричной форме условие (4) может быть представлено следующим образом:

$$[T] \cdot |J\rangle = |F\rangle. \quad (5)$$

Элементы матрицы $[T]$ истемы (5) определяются соотношением

$$t_{pn} = \mu_n(\theta_p, \varphi_p) \exp(-ik(x_n \sin \theta_p \cos \varphi_p + y_n \sin \theta_p \sin \varphi_p)), \quad (6)$$

где $\mu_n(\theta_p, \varphi_p)$ – ДН n -го излучателя в направлении, определяемом углами θ_p, φ_p .

Элементами вектора-столбца $|J\rangle$ являются неизвестные токи в излучателях ФАР, а элементами вектора-столбца $|F\rangle$ – значения $F_{aux}(\theta_p, \varphi_p), (p = 1, \dots, P, n = 1, \dots, N)$.

При выполнении условия $P \gg N$ получаемое решение системы (5) дает приближенное решение, являющееся наилучшим в смысле минимизации среднеквадратического отклонения [9] вспомогательной и синтези-

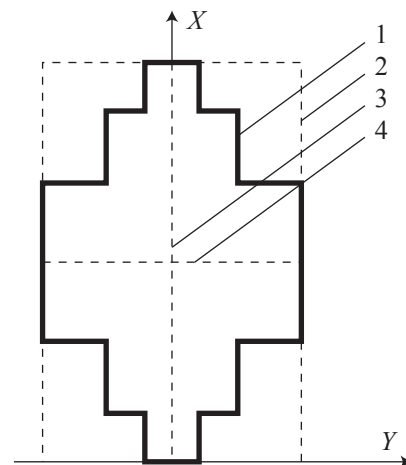


Рисунок. Плоский раскрыв ФАР: 1, 2 – границы реального и эквивалентного раскрывов соответственно; 3, 4 – линейные АР в ортогональных сечениях эквивалентного раскрыва

руемой ДН. Поскольку ранг матрицы $[T]$ равен N , решение задачи амплитудно-фазового синтеза ФАР при этом может быть найдено в виде [9]

$$|J\rangle = [T]^+ \cdot |F\rangle, \quad (7)$$

где $[T]^+$ – псевдообратная матрица для матрицы $[T]$, определяемая выражением:

$$[T]^+ = (T^*T)^{-1}T^*, \quad (8)$$

В выражении (8) T^* – матрица, транспонированная и комплексно-сопряженная по отношению к матрице $[T]$.

В частном случае при условии $P = N$ получаем $[T]^+ = T^{-1}$, и решение (7) принимает вид

$$|J\rangle = [T]^{-1} \cdot |F\rangle. \quad (9)$$

Получаемое в (7) решение обеспечивает минимальное отклонение синтезируемой ДН ФАР с плоским раскрывом, имеющим произвольную форму границы от вспомогательной ДН в среднеквадратическом смысле.

Библиографический список

1. Сазонов Д.М. Антенны и устройства СВЧ / Д.М. Сазонов. – М.: Высшая школа, 1988.
2. Самойленко В.И. Управление фазированными антенными решетками / В.И. Самойленко, Ю.А. Шишов. – М.: Радио и связь, 1983.
3. Активные фазированные антенные решетки; под ред. Д.И. Воскресенского и А.И. Канащенкова. – М.: Радиотехника, 2004.
4. Бахрах Л.Д. Синтез излучающих систем. Теория и методы расчета / Л.Д. Бахрах, С.Д. Кременецкий. – М.: Сов. радио, 1974.
5. Бурков В.Д. Система управления перебазируемым комплексом телеметрических измерений с использованием системы ГЛОНАСС и волоконно-оптических гироскопов / В.Д. Бурков, А.Е. Орлов, В.С. Шалаев // Вестник МГУЛ – Лесной вестник. – 2012. – № 6(89). – С. 160–166.
6. Зелкин Е.Г. Методы синтеза антенн: фазированные антенные решетки и антенны с непрерывным раскрывом / Е.Г. Зелкин, В.Г. Соколов. – Сов. радио, 1980.
7. Волошин В.А. Синтез амплитудно-фазового распределения в антенных решетках с произвольным контуром / В.А. Волошин, Д.Д. Габриэлян, О.В. Оводов // Антенны, 2010. – № 2(153). – С. 44–47.
8. Волошин В.А., Ларин А.Ю., Оводов О.В. Алгоритм синтеза линейных антенных решеток по заданной огибающей боковых лепестков диаграммы направленности / В.А. Волошин, А.Ю. Ларин, О.В. Оводов // Антенны, 2011. – № 12. – С. 3–8.
9. Гантмахер Ф.Р. Теория матриц / Ф.Р. Гантмахер. – М.: Наука, 1967. – 575 с.

ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ НА КОНФИГУРАЦИЮ БИОЛОГИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ

В.Д. БУРКОВ, *проф. каф. ИИС и ТП МГУЛ, д-р техн. наук,*
 А.Б. БУРЛАКОВ, *проф. каф. ихтиологии МГУ им. М.В. Ломоносова, д-р биол. наук,*
 Ю.С. КАПРАНОВ, *нач. отд. ОАО «НПК СПП», Москва,*
 Г.Э. КУФАЛЬ, *нач. отд. ОАО «НПК СПП», Москва, канд. техн. наук,*
 С.В. ПЕРМИНОВ, *асп. каф. ИИС и ТП МГУЛ,*
 И.М. ПЕРШИН, *проф. каф. СУ Сев.-Кавк. унив., д-р техн. наук,*
 В.С. ШАЛАЕВ, *проф., директор ИСИЛ МГУЛ, д-р техн. наук*

av60017@comtv.ru

К настоящему времени накоплено значительное количество данных о влиянии слабых электромагнитных полей на живые организмы, о межорганизменных дистантных взаимодействиях и о влиянии ослабленных геомагнитных полей. Все публикации по данной проблематике носят описательный характер и не приводятся каких-либо объяснений наблюдаемым эффектам. Последний состоявшийся 6-й международный конгресс, посвященный теме «Слабые и сверхслабые

поля и излучения в биологии и медицине», не добавил ясности по этому вопросу.

Нам представляется, что подход, опубликованный в [1], поможет внести некоторую ясность по затронутому вопросу.

Предполагается, что механизм организации биообъектов должен создавать некое архитектурное поле, определенным образом выстраивающее структурные элементы клеток. Например, синтез белков осуществляется соединением последовательности

аминокислот, а именно взаимодействием положительных и отрицательных зарядов на их концах. Естественно предположить, что выстраивание последовательности аминокислот (как и ферментов, и других полярных молекул, являющихся, по существу, электрическими диполями) будет происходить вдоль линий некоего электрического поля, которое «укажет» направление выстраивания тех или иных белков. В свою очередь, пространственное изображение этого поля может быть создано тем или иным расположением электрических зарядов в цепочках ДНК, повторяющаяся и периодическая структура которых может создавать достаточно сильные когерентные поля. Здесь, по-видимому, уместна аналогия с антенной техникой. Например, диаграмма направленности системы вертикальных осцилляторов, излучающих в одной фазе и находящихся на расстоянии полуволны друг от друга, описывается выражением

$$S = \frac{30 \cdot I_0^2}{2\pi R^2} \left[\frac{\cos\left(\frac{\pi}{2} \cdot \cos\theta\right)}{\sin\theta} \cdot \times \right. \\ \left. \times \frac{\sin\left(n_1 \frac{\pi}{2} \sin\theta \cdot \cos\varphi\right)}{\sin\left(\frac{\pi}{2} \sin\theta \cdot \cos\varphi\right)} \right]^2, (1)$$

где S – поток энергии;

I_0 – значение тока в единичном осцилляторе;

R – расстояние;

φ и θ – значения углов в полярной системе координат;

n_1 – число излучателей.

Из данной формулы видно, что пространственное распределение излучаемой мощности для синхронизированных излучателей непосредственно зависит от их количества и значения начальной фазы волны для каждого из индивидуальных излучателей. Нули интенсивности диаграммы излучения, описываемой выражением (1), (края диаграммы), определяются условием $\cos\varphi = \pm 2/n_1$, следовательно, чем больше n_1 , тем уже диаграмма излучения. Из этого следует практически весьма важный вывод

о том, что для когерентного излучения нескольких излучателей происходит сужение диаграммы суммарного излучения, а интенсивность в направлении главного максимума будет становиться в n_1^2 раз больше максимальной интенсивности одиночного излучателя.

Аналогии с антенным полем или набором когерентных излучателей становятся еще более очевидными, если иметь в виду, что ткани живых организмов образованы повторяющимися идентичными клетками, которые характеризуются определенным морфогенезом и образуют пространственные периодические (фрактальные) структуры. При подобии клеточных электромагнитных полей их суперпозиция и может служить носителем информации о программе развития.

Из сказанного можно сделать вывод, если направленность излучения биообъектов связана с синхронизацией определенных биохимических процессов, то сбой такой синхронизации неизбежно приведет к изменению конфигурации электромагнитного поля.

Пограничные структуры организма или клетки (оболочки) являются избирательными волновыми фильтрами [2], способными активно перестраиваясь, регулировать меру воздействия внешней среды на самоорганизующуюся систему (развивающийся организм). Если биологические макромолекулы рассматривать как волновые резонансные системы, то изменение этих параметров в пограничных структурах, которыми являются оболочки зародышей, может приводить к изменению их фильтрационных свойств в данной системе. Упорядочивание или структурирование приводит к сокращению разнообразия резонансных систем в пограничном слое, т.е. к минимизации волновых взаимодействий со средой обитания. Это является главным звеном пускового механизма всех последующих реакций биообъекта. Этот механизм обеспечивает определенную пространственную конфигурацию электромагнитных полей биологического объекта, на окончательное формообразование которых, в свою очередь, влияет наличие внешних, по

отношению к самому биологическому объекту, электромагнитных и, возможно, гравитационных полей. Отсутствие этих составляющих особенно пагубно, по-видимому, сказывается на развивающихся организмах, поскольку и гравитация и постоянное магнитное поле Земли могут, вероятно, задавать некоторую первоначальную систему координат, в которой идет формирование нового организма [3].

Если волновые потоки, отвечающие за межорганизменную коррекцию эмбрионального развития, имеют электромагнитную природу, то логично предположить, что возможно менять характер коррекции при помощи средств и методов, используемых в оптике и радиоэлектронике высоких и сверхвысоких частот, влияющих на оптические характеристики излучения. Недостатком таких методов является то, что эффективные действующие частоты подбираются эмпирически и они могут не совпадать с собственными частотами самих биообъектов. Поэтому не менее эффективными становятся методы аутовоз-

действия, когда биообъекту возвращается его собственное излучение. Это излучение можно определенным образом трансформировать и фильтровать. Для этой цели использовались металлические и диэлектрические зеркала, а также узлы и устройства на их основе (многозеркальные системы).

Уже получено достаточное количество экспериментального и клинического материала, свидетельствующего о возможности регуляции физиологического состояния биосистем путем межорганизменной волновой коррекции.

В ряде работ показано, что изменение оптических параметров биоизлучения, например применение поляризаторов или светофильтров, приводит к изменению последствий дистантного взаимодействия зародышей [1].

Аутооптический эффект биоизлучения (или эффекты оптических взаимовлияний одновозрастных зародышей), отраженного от зеркал, позволяет предположить, что излучение биологического объекта возвращается

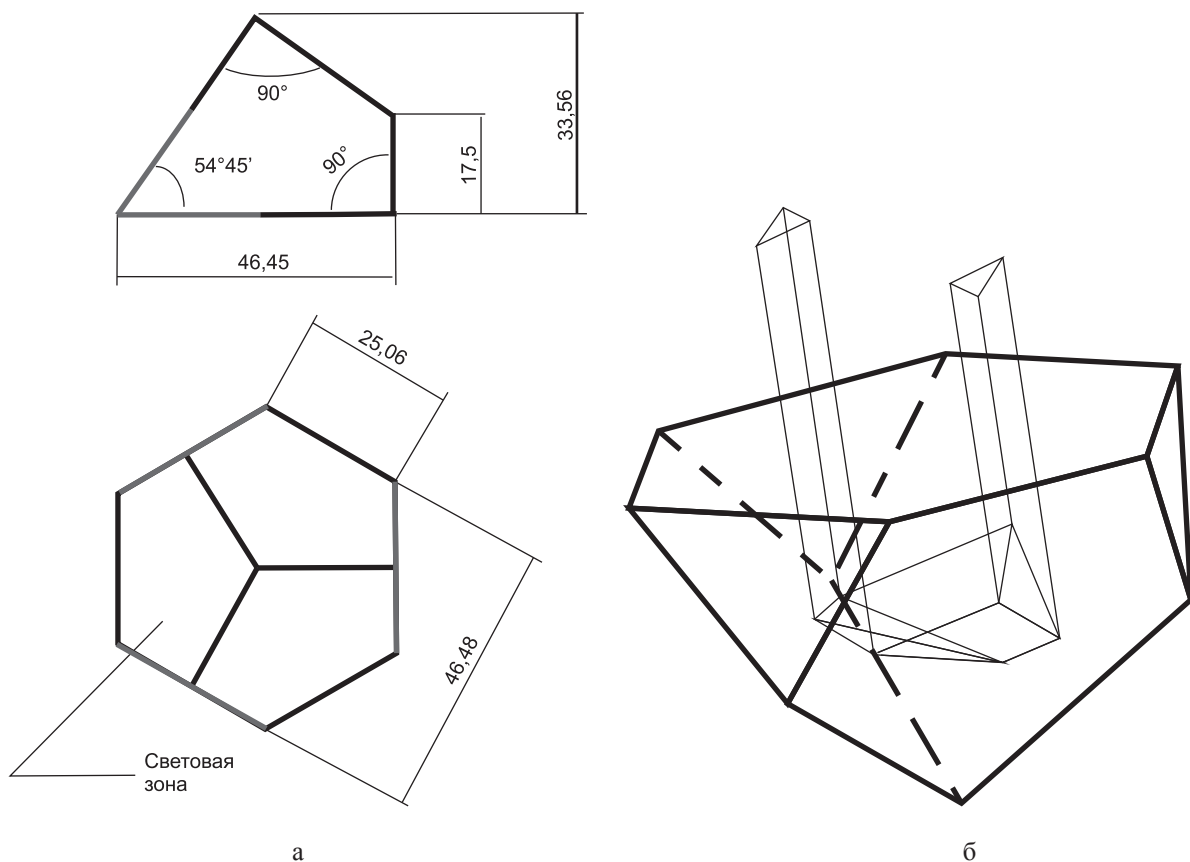


Рис. 1. Призмный УСВ: а – схема; б – прохождение световых лучей при переносе изображения

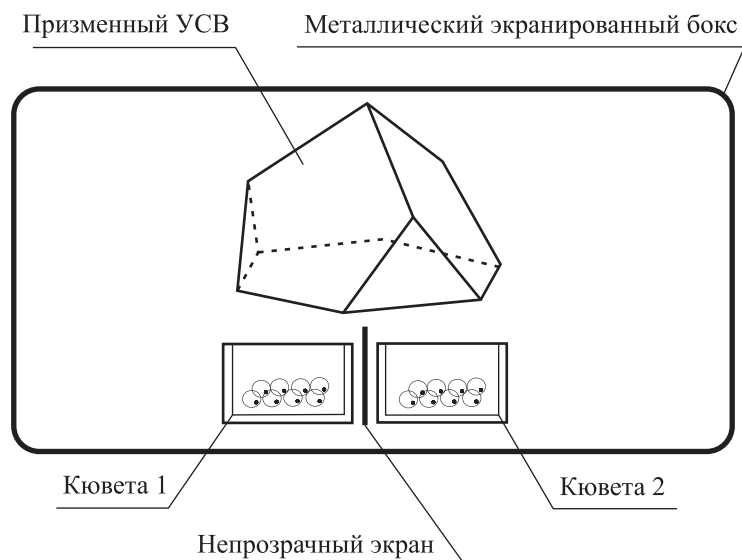


Рис. 2. Схема постановки опытов по влиянию УСВ на биологический эффект оптического контакта зародышей низших позвоночных. Расположение биообъектов под УСВ

обратно с некоторым изменением оптических параметров, что делает его информативным для объекта. Возникает естественный вопрос об объяснении наблюдаемого феномена с позиций современных знаний. Основным постулатом в таком объяснении является наличие векторного поля у всех живых объектов, независимо от их природы.

Такое векторное поле является неизбежным следствием наличия единого комплекса взаимосвязанных изменений биохимического и электрического состояния такой конструкции, какой является живой организм.

Особо выделяются эффекты, полученные с использованием угловых световозвращателей (УСВ), которые выражены наиболее сильно по сравнению с подобными результатами, полученными на одиночных зеркалах [4].

Выбор именно данного типа световозвращателя, как устройства для управления дистантным взаимодействием, объясняется тем, что с его помощью осуществляется параллельный перенос падающего на него излучения, при этом фронты падающих и отраженных световых волн параллельны (рис. 1), в отличие от зеркал, где это условие соблюдается только при нормальном падении. Обычно такие отражатели применяются в наземной и космической геодезии для высоко-

точной привязки текущих координат тех или иных объектов [4].

В первой серии опытов [4] экспериментальные группы эмбрионов, помещенные в закрытые спектрофотометрические кварцевые кюветы (прямоугольные, размером 40x10x10 мм), располагали на расстоянии 1 см от УСВ так, чтобы они могли оптически контактировать между собой только через УСВ, и изображение одной группы строго проецировалось на другую (рис. 2)

В каждую кювету помещали по 50–60 эмбрионов вьюна в возрасте 40 мин после оплодотворения (до начала дробления). Контролем служили эмбрионы из тех же кладок, содержащиеся в аналогичных условиях в кюветах, полностью изолированных друг от друга. Дополнительным контролем служили соответствующие группы зародышей в кварцевых кюветах, размещенные непосредственно одна на другой (прямой оптический контакт групп зародышей). И еще одним дополнительным контролем была аналогичная группа зародышей, оптически совмещенная через УСВ с кюветой без биологического объекта.

Через 20 ч после начала опыта под микроскопом МБИ-9 определяли стадии развития эмбрионов по таблицам нормального развития вьюна, процент гибели и аномально развивающихся зародышей. Все эксперимен-

ты проведены в 12–15-кратной повторности. Всего проанализировано более 9500 эмбрионов. Все результаты обработаны статистически. Достоверность различий исследуемых параметров определяли по *t*-критерию Стьюдента.

Как оказалось, взаимодействие эмбрионов через УСВ в течение 20–24 ч изменяло динамику их дальнейшего развития по сравнению с контрольными группами. Во-первых, достоверно наблюдалось взаимодействие одновозрастных групп, чего никогда не наблюдалось при прямом оптическом контакте таких зародышей. Во-вторых, резко отличались последствия оптического контакта через УСВ для икринок вьюна низкого рыбоводного качества (низкий процент оплодотворения, для которой характерна гибель до 100 % развивающихся эмбрионов в первые сутки развития). Так, при размещении кювет с эмбрионами под УСВ наблюдалось выживание $\approx 60\%$ эмбрионов (рис. 3).

Исследовались и отдаленные последствия оптических взаимодействий эмбрионов. В обеих группах, взаимодействовавших через УСВ, наблюдается образование целого ряда аномалий развития некоторых органов и тканей, приводящих впоследствии к дальнейшему увеличению смертности эмбрионов в этих группах.

Возникает вопрос, каким образом УСВ может повлиять на естественное развитие того или иного биообъекта. По-видимому, надо учитывать следующие обстоятельства. Во-первых, они обладают свойством возвращать любое излучение обратно к источнику, иными словами, каждый излучающий объект «видит» себя. Поскольку возвращаемое излучение когерентно с исходным, амплитуда результирующего излучения определяется, как сумма двух амплитуд. Если направленность излучения биообъектов связана с синхронизацией определенных биохимических процессов, очевидно, что сбой такой синхронизации неизбежно приведет к изменению конфигурации электромагнитного поля.

По нашему мнению, результаты наших и других подобных опытов могут быть объ-

яснены следующими соображениями. При сложении векторных электромагнитных полей при соответствующей их синхронизации возникают устойчивые пространственные фигуры «энергетических потоков» с устойчивой конфигурацией и определенной локализацией. Примеры такой конфигурации лучше всего показать на хорошо известных фигурах Лиссажу, которые изображают линии результирующего электромагнитного поля в результате сложения взаимно перпендикулярных гармонических колебаний. На простых примерах можно наглядно показать, к чему приводит разнообразие фазовых и частотных соотношений в слагаемых результирующего поля [3].

На рисунках в работе [3] показан вид суммарного поля при различных соотношениях частот, вид которых напоминает известные персонажи из живой природы. Интересно, что устойчивые во времени пространственные картины распределения суммарного поля могут существовать только для дискретных значений соотношений частот, иными словами, устойчивость различных форм квантуется. Изменение одной из частотных составляющих может кардинально изменить картину суммарного поля. Не в этом ли заключается функциональная роль генетического набора, который задает определенный спектр частот, свойственный данному виду?

Дополнительным «возмущающим фактором» является синхронность сложения гармонических полей. При нарушении син-

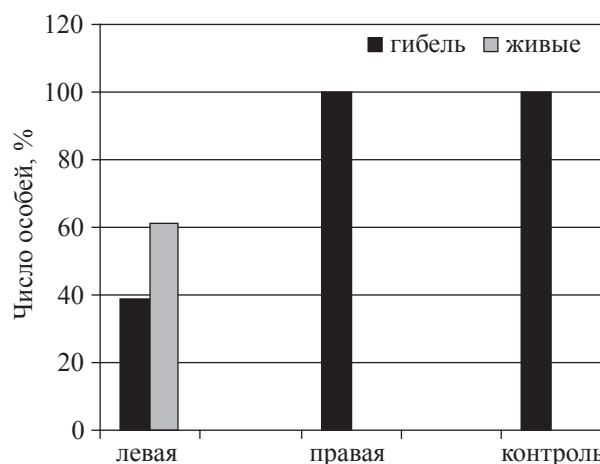


Рис. 3. Действие УСВ при передаче дистантных взаимодействий эмбрионов вьюна

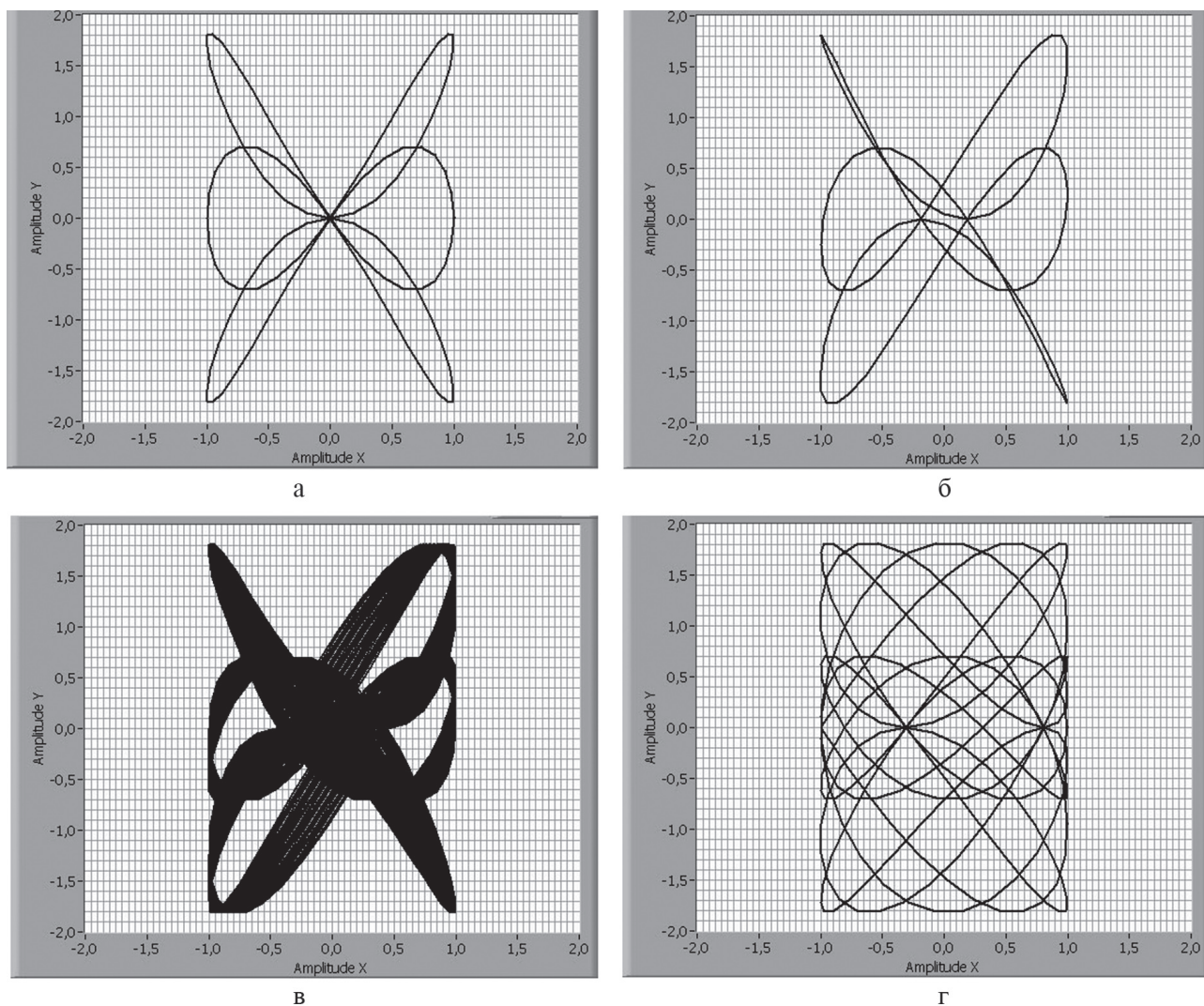


Рис. 4. Конфигурация полей биологической системы при малых возмущениях: а) угловой сдвиг = 0; б) угловой сдвиг = 20 угл. сек.; в) разрушение устойчивости системы при изменении кратности частот на 0,01%; г) Образование новой устойчивой формы при изменении кратности частот на 20%



Рис. 5. Внешний вид биологического объекта при воздействии УСВ: а) нормально развившаяся особь; б) особь с искажениями в развитии

хронизации возникают искажения, которые, если они стабильны во времени, могут соответствовать некоторым патологиям в развитии живого организма, но не приводят к его гибели.

Другое дело, если изменено соотношение частотных составляющих. Поле становится нестабильным. Нестабильность поля приводит к гибели.

В то же время интерес представляет временная развертка результатов такой суперпозиции, которая позволит выявить наличие периодичности происходящих процессов вдоль «стрелы времени». Отсутствие такой периодичности приводит к нарастанию отклонений, и со временем процесс охватывает всю амплитудную плоскость. Так описываются нарастающие дисфункции в процессе развития организма, что в конце концов приводит к его гибели. Не состоит ли задача геронтологии в выявлении и поддержке повторяемости (периодичности) жизненных процессов в живом организме? Кроме того, видимо, имеет смысл говорить о «биологических часах», связанных с частотой повторяющихся циклов, замыкающих ту или иную конфигурацию «архитектурного поля». С этих позиций и следует объяснять то сильное воздействие, которое УСВ оказывает на развивающийся организм. При этом имеет значение, что составляющие векторов поля соответственно складываются, нужно просто знать их пространственную ориентацию. Важно, что сам уголкового светотражатель меняет ориентацию падающего на него вектора на противоположную.

При сложении исходного и отраженного от УСВ-излучений будут получаться следующие эффекты. Вид суммарного поля будет зависеть от фазовых сдвигов и соотношения исходных частот. Могут быть случаи сложения колебаний с одинаковыми частотами (например при отражении от обычного зеркала), вычитание полей при сложении их в противофазе (отражение от УСВ) или сложение колебаний при повороте самой конфигурации поля (поворот самой системы координат при переотражениях). Если при сложении исходного поля с тем же полем, отраженным

от обычного зеркала, общая конфигурация меняется мало, то после отражения от УСВ ситуация сильно изменяется. Очевидно, что при сложении полей в противофазах суммарное поле по сравнению с исходным будет уменьшено. Идет как бы подавление исходного поля. Возможно, этим обстоятельством объясняется задержка в развитии зародышей вьюна, описанная нами в работе [5]. При сложении полей, которые при отражении сами разворачиваются, суммарная конфигурация поля сильно отличается от исходной. Это наглядно показано на рис. 4, где изображены исходная и результирующая конфигурации поля.

Указанные соображения могут объяснить те результаты, которые были описаны нами ранее. Напомним основные из них.

1 – При оптическом взаимодействии через УСВ куколок с личинками происходит гибель куколок и замедление роста личинок.

2 – Размер личинок в 2–3 раза меньше, чем в контрольных образцах.

3 – Замедляется процесс развития дрозофил в стадии личинок (более чем в два раза).

4 – Выявлена анизотропия воздействия в зависимости от расположения биообъектов под секторами УСВ.

5 – При использовании УСВ реализовано дистантное взаимодействие эмбрионов, находящихся на одной стадии развития, что невозможно при прямом оптическом контакте таких эмбрионов.

И, наконец, был проведен опыт с совершенно различными биообъектами – с дрозофилами и прорастающими семенами пшеницы [6], которые показали, что:

1 – у отдельных особей дрозофил появляются гипертрофированные конечности и крылья;

2 – у прорастающих корешков пшеницы появляется не свойственная им окраска.

Внешние проявления полученных результатов представлены на рис. 5. На этих рисунках представлены фото реальных биологических объектов плодовых мушек дрозофил. Искажения в развитии хорошо видны на снимке рис. 5 б.

Все эти явления можно объяснить с учетом высказанных соображений, а именно: УСВ всегда возвращает падающее на него излучение обратно к источнику. При этом излучение от биологического объекта взаимодействует с отраженным от зеркальных граней УСВ излучением. Происходит когерентное сложение излучаемой и отраженной электромагнитных волн, в результате чего изменяется фазовый образ электромагнитного поля биологического объекта, его пространственные и поляризационные характеристики. Взаимодействие эмбрионов, находящихся на одной стадии развития, взаимовлияние разновозрастных и разновидных организмов может объясняться тем, что собственное электромагнитное поле подавляется прямым отражением от углового светоотражателя. Во всех случаях УСВ играет роль искажающего фактора, вносящего определенный дисбаланс в собственное электромагнитное поле выбранных объектов. В процессе передачи от одного биологического объекта к другому происходит изменение информации о характере развития биологической системы. Биологический объект с подавленным собственным полем готов принять излучение соседнего объекта как значимое.

Библиографический список

1. Бурлаков А.Б. Поляризационные эффекты при дистантном взаимодействии / А.Б. Бурлаков, О.В. Бурлакова, Ю.Н. Королев, В.А. Голиченков // Вестник МГУ, сер. Биология, 2002. – № 2. – С. 3–7.
2. Бурлаков А.Б. Оболочки зародышей низших позвоночных как активно перестраивающиеся оптические фильтры в среде обитания / А.Б. Бурлаков, О.В. Бурлакова, Ю.Н. Королев и др. // Тр. VII между. научно-технич. конф. «Оптические методы исследования потоков». – М., 2003. – С. 397–400.
3. Бурлаков А.Б. Механизм взаимодействия биологических объектов / А.Б. Бурлаков, Ю.С. Капранов, Г.Э. Куфаль, С.В. Перминов // Электромагнитные волны и электронные системы, 2010. – Т. 15. – № 11. – С. 44–53.
4. Бурлаков А.Б. Коррекция развития биологических объектов при помощи угловых световозвращателей в условиях космического полета / А.Б. Бурлаков, Ю.С. Капранов, Г.Э. Куфаль, С.В. Перминов и др. // Материалы IV Международной научной конференции «Системный анализ и прикладная синергетика» (ССПС-2011). – Таганрог: ТГИ ЮФУ, 2011. – С. 418–426.
5. Бурлаков А.Б. Управление дистантным взаимодействием биологических объектов при помощи оптических приборов. Анализ механизмов взаимодействия / А.Б. Бурлаков, О.В. Бурлакова, Ю.С. Капранов, Г.Э. Куфаль и др. // Электромагнитные волны и электронные системы, 2005. – Т. 10. – № 1–2. – С. 57–65.
6. Бурлаков А.Б. Изменение биосинтеза антоциана и роста клеток эмбриональных меристем зерновой пшеницы на разных этапах первой фенологической фазы при прямом оптическом взаимодействии / А.Б. Бурлаков, Г.В. Чернова, И.В. Матюхин, А.С. Бурцев // Биология: Теория, практика, эксперимент: Международная научная конференция, посвященная 100-летию со дня рождения д-ра биол. наук, проф. Сапожниковой Е.В. – Саранск, 2008 – Кн. 1. – С. 123–130.

ИНИЦИИРОВАНИЕ ЛОКАЛЬНЫХ ЛАВИННЫХ ПРОЦЕССОВ В АТМОСФЕРЕ

В.Ф. ДАВЫДОВ, академик РАН, проф. каф. БЖД МГУЛ, канд. техн. наук,
Ю.П. БАТЫРЕВ, ст. научн. сотр. ИСИЛ МГУЛ, канд. техн. наук

batyrev@mgul.ac.ru

Известно два основных способа изменения естественной циркуляции воздуха при антициклональных и циклональных погодных условиях:

– рассеивание в облаках химических реагентов с самолетов либо их обстрел высокочастотным оружием;

– электрический метод генерации в атмосферу ионов коронирующего электрического разряда.

В атмосфере всегда присутствуют водяные пары, концентрация которых зависит от температуры воздуха. Зависимость концентрации водяного пара в ат-

мосфере воздуха иллюстрируется графиком рис. 1.

Такая концентрация водяного пара потенциально создает возможность инициирования осадков в количестве десятков мм на м².

Энергия атмосферных процессов столь велика, что использование прямых методов воздействия на них, с энергетической точки зрения, невозможно. Основной принцип, который реализуется при активных методах воздействия на метеопроцессы – это создание условий, выполняющих роль «спускового крючка» в запуске естественных лавинных процессов. Критические значения параметров характеризуются так называемым числом Ричардсона, которое определяется градиентами температуры и скорости ветра в облачных слоях [1].

Основными факторами, определяющими процесс инициирования течений в атмосфере, являются плотность ионной концентрации и градиент температуры конвективного потока. Установленным является физическое явление гидратации первичных ионов, состоящее в присоединении дипольных молекул воды (из водяного пара воздуха) к несущим электрический заряд ионам. Процесс гидратации и последующей коагуляции сопровождается выделением энергии (скрытой теплоты испарения), что и создает конвективный поток в тропосфере [2].

Быстротечность процесса зависит от длительности воздействия и плотности концентрации носителей заряда. Плотность концентрации достигается величиной напряжения на коронирующих электродах, количеством излучателей как это иллюстрируется рис. 2, а также канализацией потока генерируемых ионов в одном, преимущественном направлении. Канализация потоков ионов достигается их завихрением в магнитном поле, для чего коронирующие электроды помещают в торец соленоида.

Внутренняя энергия газовых молекул определяется их температурой, средняя величина которой составляет 3/2 кТ. Весь диапазон скоростей молекул задается Максвелловским распределением и иллюстрируется рис. 3.

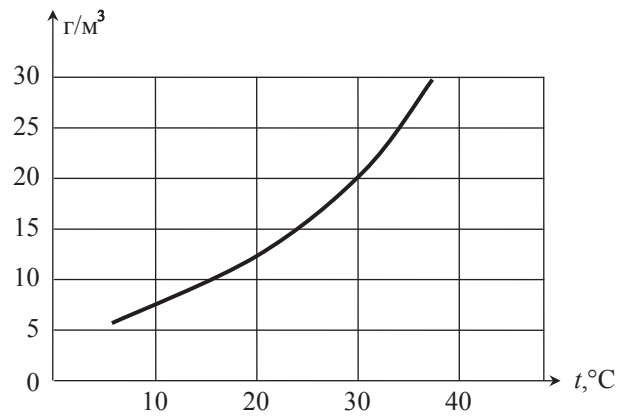


Рис. 1. Зависимость концентрации водяного пара в атмосфере от температуры

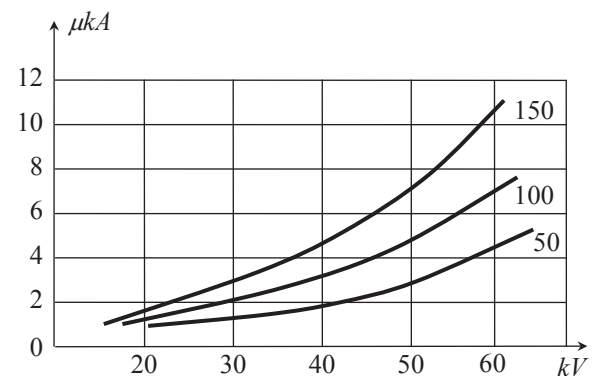


Рис. 2. Зависимость тока коронирования от напряжения на коронирующих электродах и их количества

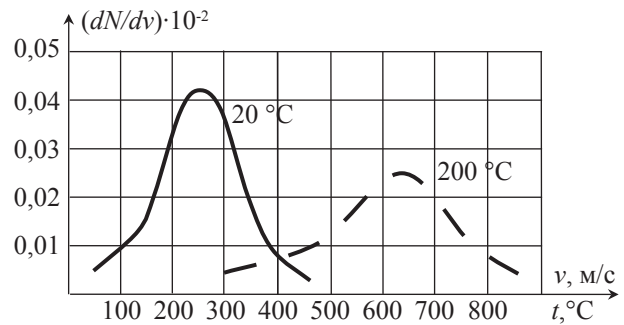


Рис. 3. Максвелловское распределение молекул по скоростям

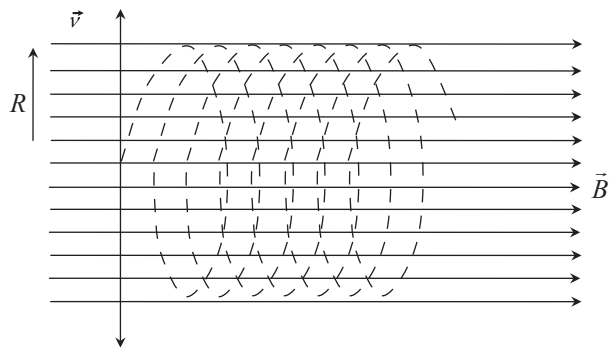


Рис. 4. Завихрение ионов магнитным полем

Известно, что на движущуюся заряженную частицу в магнитном поле действует сила Лоренца [3]

$$\vec{F}_{л.м.} = q \times \vec{v} \times \vec{B},$$

где q – величина заряда частицы,

v – вектор движения,

B – вектор индукции магнитного поля.

Сила Лоренца не совершает работы, а лишь искривляет траекторию движения заряженной частицы. Завихрение движения частицы в магнитном поле иллюстрируется рис. 4.

Завихрение происходит по винтовой линии, радиус кривизны которой определяется из соотношения

$$R = \frac{m \times v}{q \times B},$$

где m – масса аэроиона воздуха.

Кроме завихрения, аэроион приобретает преимущественное направление перемещения вдоль линий напряженности магнитного поля. При известных постоянных значениях величин q , m , v аэроиона радиус завихрения R зависит только от выбора значений величины B . Напряженность магнитного поля на оси соленоида при величине тока коронирующего электрода – 10 мкА – полностью определяется конструктивными размерами соленоида: числом витков, диаметром навивки, длиной. При значениях тока коронирования 10 мкА полное завихрение аэроионов внутри соленоида обеспечивается при следующих конструктивных размерах: диаметр навивки 1,5 м, длина 1 м, число витков $n = 10$. Соленоид функционально выполняет роль «рупора», позволяющего канализировать поток аэроионов в одном из преимущественных направлений, совпадающих с осью соленоида. Благодаря канализации потока аэроионов обеспечивается их более высокая концентрация. Для создания температурного градиента в потоке ионов осуществляют разогрев ионов высокочастотным электромагнитным полем путем соосного охвата соленоидов витками спиральной антенны, подключенной к передатчику. Нагревание потока ионов приводит к расширению газа, снижению его плотности и к созданию вертикального струйного течения в тропосфере. Диэлектрическая проницае-

мость ионизированного газа носит комплексный характер. При определенной частоте ионизированный газ ведет себя как диэлектрик с потерями [4]. Энергия электромагнитного поля, излучаемого антенной, превращается в тепловую энергию ионизированного газа. Для эффективного преобразования энергии электромагнитного поля в тепловую энергию нагревания ионов в объеме соленоидов необходимо, чтобы его частота была меньше критической. Критическая частота, при которой ионизированный газ ведет себя как диэлектрик с потерями, задается соотношением

$$f_{кр} \approx 9\sqrt{N},$$

где N – концентрация ионов [$1/м^3$].

При токе коронирования ~ 10 мкА, заряде иона $g = -1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл их концентрация в объеме соленоида ($7 м^3$) составляет $N \approx 8 \cdot 10^{12}$, а критическая частота $f_{кр} < 25$ МГц, длина волны $\lambda > 12$ м. Диаграмма направленности спиральной антенны имеет осевую симметрию при соотношении длины витка спирали — L/λ в пределах от s до $4/3$ [5]. Отсюда расчетный радиус витка спиральной антенны для соосного охвата соленоида составит $R \approx 2$ м. По закону Джоуля-Ленца, количество тепла, выделяемого в единицу времени в единице объема [$дж/сек \cdot м^3$], пропорционально удельной проводимости (ионизированного газа) [g] и квадрату электромагнитной напряженности E [В/м].

Создавая необходимую напряженность электромагнитного поля высокочастотного генератора, питающего антенну, обеспечивают заданный градиент температуры ионного потока на выходе соленоидов.

Устройство для реализации (рис. 5) содержит высокую опорную мачту 1 (из композитного диэлектрического материала), на вершине которой на консолях 2 установлены единичные излучатели 3, каждый из которых содержит коронирующий электрод 4, выполненный в виде соленоида 5, с венчиком игл 6 на конце, помещенных в нижний торец соленоида. Витки соленоида соосно охвачены витками спиральной антенны 7 с рефлектором 8. Коронирующие электроды излучателей подключены к высоковольтному источнику питания 9, а элементы спиральной антенны подключены

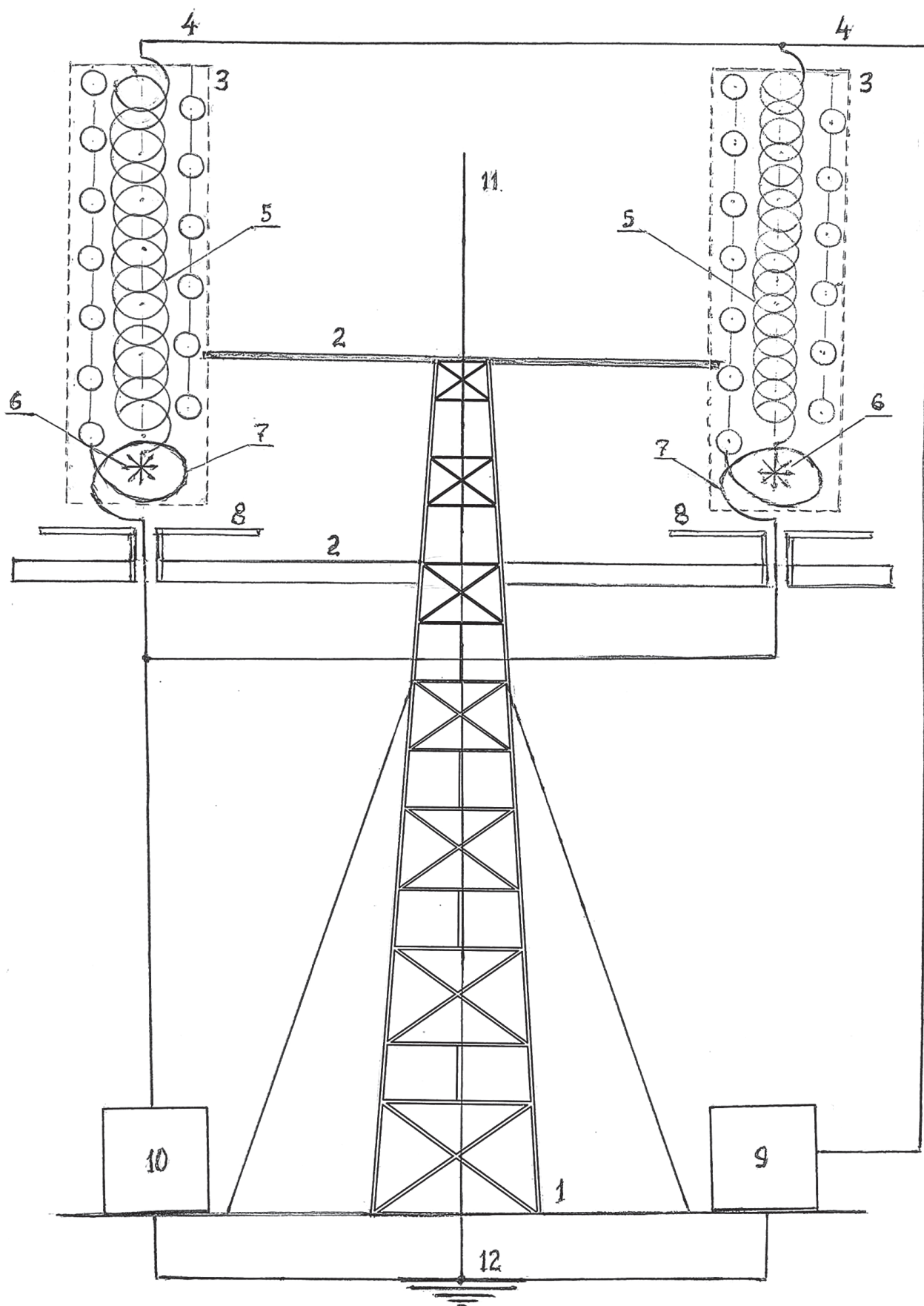


Рис. 5. Устройство для реализации локальных лавинных процессов в атмосфере

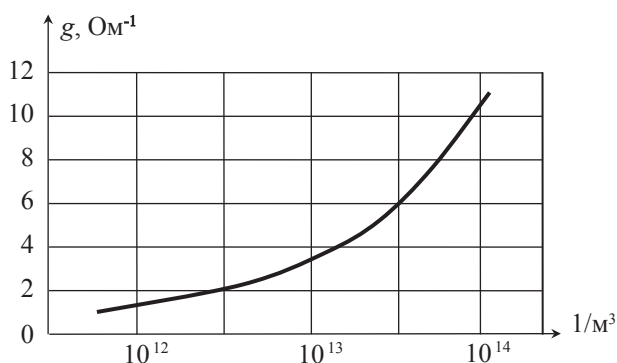


Рис. 6. Проводимость ионизированного газа в зависимости от плотности электронной концентрации

к передатчику электромагнитных волн 10. Для создания результирующей осевой диаграммы направленности спиральных антенн излучатели симметрично разнесены на концы консолей 2. Мачта 1 снабжена молниеотводом 11. Передатчик, источник питания и молниеотвод подключены к заземлителю 12.

Устройство функционирует следующим образом. При антициклональных условиях на местности выбирают возвышенный участок и разворачивают на нем устройство, осуществляя подъем вышки-мачты и размещение оборудования. Эффективность применения устройства зависит от плотности ионной концентрации в потоке, мощности электромагнитного поля в спиральной антенне и длительности излучения.

Плотность ионной концентрации определяется количеством коронирующих электродов и напряжением питающего источника. Рабочее напряжение на коронирующих электродах $V_{раб}$ порядка 100 кВ, что создает ток коронирования ~ 10 мкА с концентрацией ионов в потоке одного излучателя $\approx 8 \cdot 10^{12}$ $1/m^3$. Проводимость ионизированного газа (при критических длинах волн) определяется из соотношения

$$g = \frac{e^2}{m} \times \frac{N \times g}{(\nu^2 + g^2) \times E_0},$$

где e – заряд и m – масса иона;

N – концентрация $1/m^3$;

ω^2 – частота электромагнитного поля разогрева потока;

γ – число соударений газовых молекул;

E_0 – диэлектрическая проницаемость вакуума, $0,885 \cdot 10^{11}$ [Ф/м].

Проводимость ионизированного газа от плотности концентрации носителей в диа-

пазоне критических длин волн иллюстрируется рис. 6.

Расчетная мощность в элементе антенны единичного излучателя, обеспечивающая температурный градиент ионного потока, составляет ≈ 300 Вт. Элементы устройства выполнены на существующей технической базе. В качестве передатчиков могут использоваться передающие устройства войсковых радиостанций типа Р-102М и Р-110, мощность излучения которых соответственно – 1 и 5 кВт. Повышенное напряжение на коронирующих электродах (до 100 кВ) обеспечивается применением в конструкции мачты полимерных материалов высокой электрической стойкости и долговечности научно-производственного предприятия «Прикладные перспективные технологии» АпАТэк [6].

Эффективность устройства достигается за счет реализации критических значений параметров ионного потока. При вышеприведенных значениях параметров достигается сдвиг антициклонов и их разрушение за время работы устройства 3–12 часов.

Библиографический список

1. Труды института прикладной геофизики им. академика К.Е. Федорова, РАН, вып. 90. – М.: Госгидромет, 2011. – С. 149–150
2. Лаверов Н.П. Использование теплового эффекта для дистанционной диагностики радиоактивного заражения окружающей среды / Н.П. Лаверов // Доклады Академии Наук – сер. Геофизика, 2011. – Т. 441. – С. 1–4.
3. Советский энциклопедический словарь, под ред. А.М. Прохорова. – М.: Советская энциклопедия, 1989. – С. 735.
4. Советский энциклопедический словарь, под ред. А.М. Прохорова. – М., Советская энциклопедия, 1979. – С. 402.
5. Дабкин А.Л. Антенно-фидерные устройства, учебник / А.Л. Дабкин, В.Л. Зузенко. – М.: Сов. Радио, 1967. – С. 688–694.
6. Прикладные перспективные технологии АпАТэк. <http://www.apatech.ru>.
7. Бурков В.Д. Оптические методы контроля утечек газовых выбросов в задачах мониторинга атмосферы / В.Д. Бурков, Д.Г. Шукин, И.М. Степанов. // Вестник МГУЛ – Лесной вестник. – 2012. – № 6 (89). – С. 4–17.
8. Давыдов В.Ф., Комаров Е.Г. Решение о выдаче патентов на изобретение по Заявкам № 2012117742, № 2012117743 «Способ иницирования лавинных процессов в атмосфере».

СИСТЕМА КОНТРОЛЯ СОСТОЯНИЯ ДИАГНОСТИРУЕМЫХ ПАРАМЕТРОВ ВАГОНА

Ю.П. БАТЫРЕВ, доц. каф. ИИС и ТП МГУЛ, канд. техн. наук,

В.Ф. ДАВЫДОВ, академик РАЕН, проф. каф. БЖД МГУЛ, канд. техн. наук,

Б.Л. СПИРИН, ст. преп. каф. технической механики МГУЛ

batyrev@mgul.ac.ru

Система контроля диагностируемых параметров пассажирского вагона (ПВ) входит в состав бортового комплекса контроля (БКК) системы динамического мониторинга пассажирского вагона (СДМ ПВ). Она предназначена для сбора, обработки, хранения и протоколирования информации о техническом состоянии основных систем ПВ, влияющих на безопасность движения. Структурная схема системы сбора и обработки диагностируемых параметров пассажирского вагона представлена на рис. 1. В состав схемы входят следующие технические средства:

– устройство сбора и обработки (УСО) в составе:

- АЦП;
- контроллер;
- плата управления и коммутации переполусовкой питания датчиков температуры и вибрации;
- плата сбора высоковольтных сигналов и гальванической развязки;
- источник питания (в том числе для датчиков);
- средства первичной сигнализации: светодиоды включенного УСО и аварии, звуковой сигнал, кнопки отключения звука и проверки работоспособности звукового сигнала и светодиода аварии;
- радиомодем (опциональный элемент);
- шкаф электрический;
- кабельные линии;
- датчики измерения температуры и вибрации.

По функциональному назначению система измеряет следующие основные параметры:

- 1) Измерение вибрации/температуры:
 - Тип датчика – КВТ-01, КТ-01 [1, 2];

- Количество каналов измерения – 9;
- Напряжение питания датчика – $\pm 24 \text{ В} \pm 5 \%$;
- Значение потребляемого тока – не более 20 мА;
- Выходной интерфейс – «токовая петля» в шкале 4–20 мА;
- Выбор режима работы «вибрация» или «температура» с помощью переполюсовки питания одновременно для каналов с 1 по 10;
- Величина сопротивления нагрузки канала измерения R_n – 470 Ом;
- 2) Измерение температуры:
 - Тип датчика – КТ-01;
 - Количество каналов измерения – 1;
 - Напряжение питания датчика – $\pm 24 \text{ В} \pm 5 \%$;
 - Значение потребляемого тока – не более 20 мА;
 - Выходной сигнал – «токовая петля» в шкале 4–20 мА;
 - Величина сопротивления нагрузки канала измерения R_n – 470 Ом;
 - 3) Измерение тока генератора:
 - Количество измеряемых каналов – 1;
 - Входной диапазон измерения $\pm 150 \text{ мВ}$;
 - Значение частоты среза ФНЧ канала $100 \pm 20 \text{ Гц}$.
 - Диапазон измеряемых токов – от 50 А до 250 А ($I_{ном} = 225 \pm 10 \text{ А}$);
 - Измерение тока с помощью шунта типа 75 ШС 300-0,5 (75 мВ при токе 300 А);
 - 4) Измерение тока заряда/разряда аккумуляторной батареи:
 - Количество измеряемых каналов – 1;
 - Входной диапазон измерения $\pm 150 \text{ мВ}$;

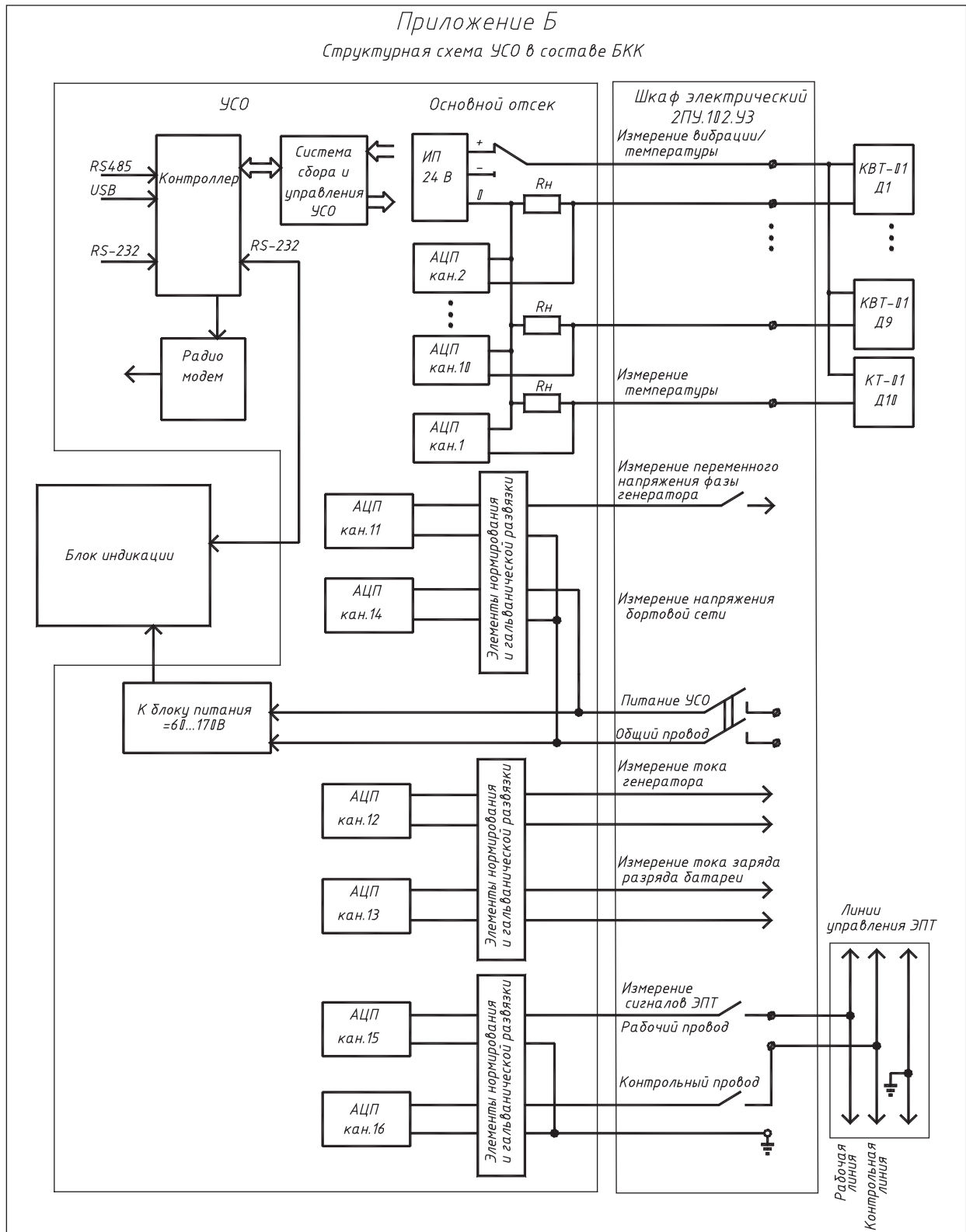


Рис. 1. Структурная схема системы контроля состояния диагностируемых параметров вагона

- Значение частоты среза ФНЧ канала 20 ± 5 Гц.
- Диапазон измеряемого тока заряда – от 0 до 90 А ($I_{ном} = 70 \pm 5$ А);

- Диапазон измеряемого тока разряда – от 0 до 170 А ($I_{ном} = 155 \pm 10$ А);
- Измерение тока с помощью шунта типа 75 ШС 200-0,5 (75 мВ при токе 200 А);

5) Измерение переменного напряжения фазы генератора:

- Количество измеряемых каналов – 1;
- Входной диапазон измерения ± 200 В.;
- Значение частоты среза ФНЧ канала 1500 ± 300 Гц.
- Диапазон изменения частот – от 50 Гц до 550 Гц;
- Величина измеряемого сигнала – от 0 В (отсутствие сигнала с генератора) до 95 В (Ампл.);

6) Измерение напряжения бортовой сети:

- Количество измеряемых каналов – 1;
- Входной диапазон измерения ± 200 В.;
- Значение частоты среза ФНЧ канала 20 ± 5 Гц.;
- Диапазон измерения постоянного напряжения – от 50 до 170 В;
- Измерение между линиями ввода основного питания внутри УСО;

7) Измерение сигналов управления электропневмомотором (ЭПТ):

- Количество измеряемых каналов – 2;
- Входной диапазон измерения ± 200 В.;
- Значение частоты среза ФНЧ каналов 2000 ± 400 Гц.
- Диапазон измерения постоянного напряжения – от минус 100 В до плюс 100 В;
- Диапазон измерения переменного напряжения – от 0 до 100 В (Ампл.);
- Частота измеряемого сигнала – 625 ± 35 Гц;

– Измерение между рабочей линией управления ЭПТ и корпусом вагона (1 канал) и между контрольной линией управления ЭПТ и корпусом вагона (2 канал)

Блоки контроля состояния вагонных букс располагаются на электрическом щите в служебном помещении вагона. Они являются составной частью штатной измерительной системы контроля состояния диагностируемых параметров вагона, которая включает

также датчики температуры, устанавливаемые в стандартное гнездо буксы (датчики типа 005 или 015). Блок контроля перегрева букс типа БКПБ 056 осуществляет контроль состояния датчиков перегрева букс. К блоку по двухпроводной линии электропитания подключено 10 автономных датчиков, по два датчика на каждую вагонную ось (8 букс) и два датчика на буксы приводов вагонных генераторов. Блок предназначен для сигнализации о разогреве корпуса буксы до опасных пределов в результате неисправности роликового подшипника, а также неисправностей в электрических цепях датчиков и изменения их сопротивления. Термодатчики работают на основе термочувствительного элемента – позистора типа СТ14-1Б.ОЖО 468.130 ТУ или СТ14-2А-105.ОЖО 468.165 ТУ.

Недостатком этого датчика является сигнальный режим работы, что делает невозможным диагностирование ранних признаков неисправности букс.

Существует также «Устройство контроля нагрева букс», МЛ 520/521 [5]. Конструктивно устройство состоит из последовательно соединенных (до 8 шт.) датчиков нагрева букс (ДНБ) мод. МЛ 110, которые устанавливаются непосредственно на буксах вагонных тележек, и прибора контроля и сигнализации (ПКС) мод. МЛ 520, который устанавливается в приборном отделении вагона. ПКС подключается к существующей системе электроснабжения вагона и элементам контроля и управления на передней панели электрошкафа.

Датчики обеспечивают непрерывный контроль температуры путем изменения электрического сопротивления чувствительного элемента. Устройство обеспечивает контроль изменения суммарного сопротивления последовательно подключенных к входу ПКС датчиков температуры, причем прибор вырабатывает непрерывный сигнал управления звуковой и световой сигнализацией «перегрев» при увеличении сопротивления одного из датчиков до порогового значения и снимает его после устранения причины и кратковременного отключения питания.

Недостатками рассмотренной системы являются:

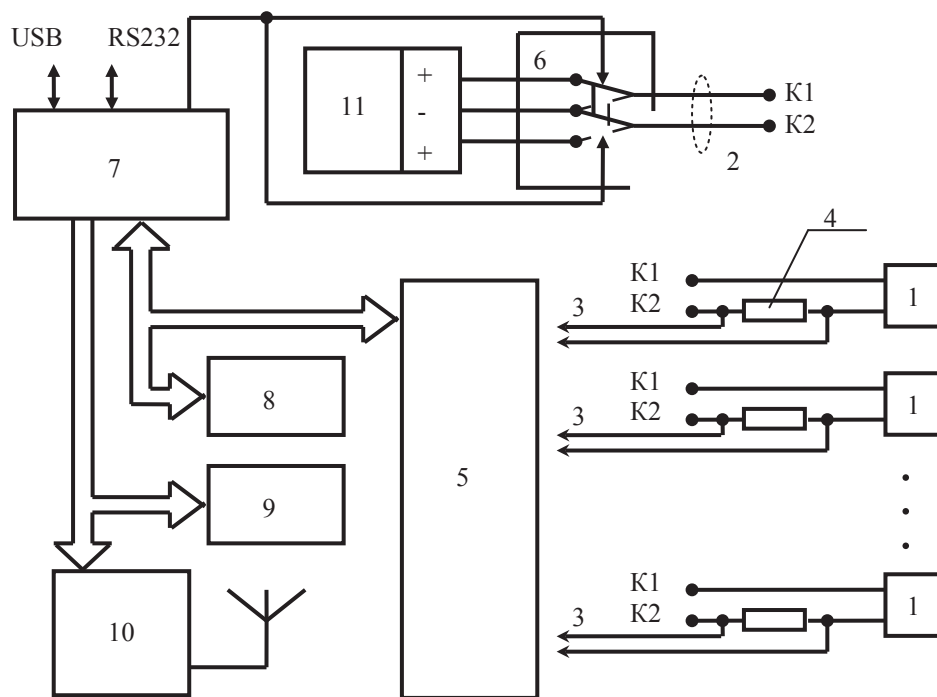


Рис. 2. Функциональная схема системы контроля

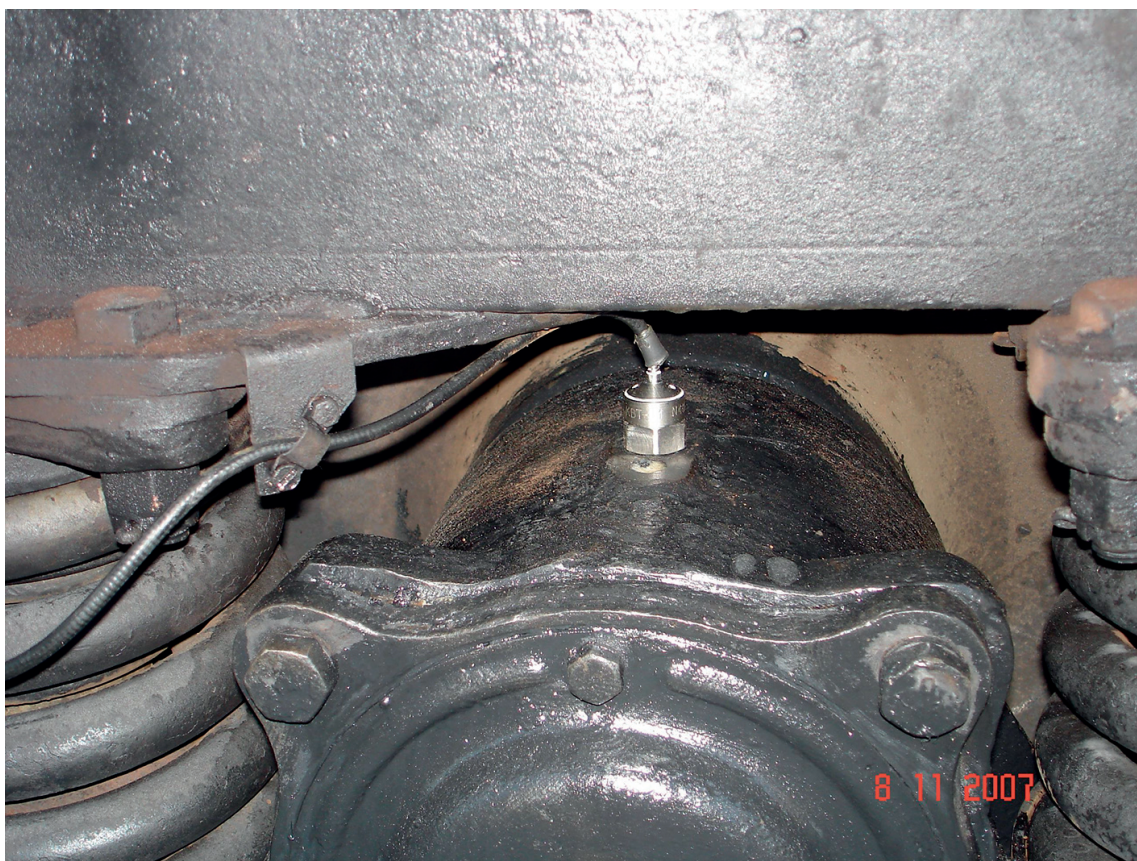


Рис. 3. Общий вид места установки двухпараметрического датчика в стандартном узле буксы

– невозможность точной идентификации неисправной буксы из-за последовательного соединения в цепь всех датчиков;

– ограниченные функциональные возможности и невозможность диагностирования ранних признаков неисправности буксы,

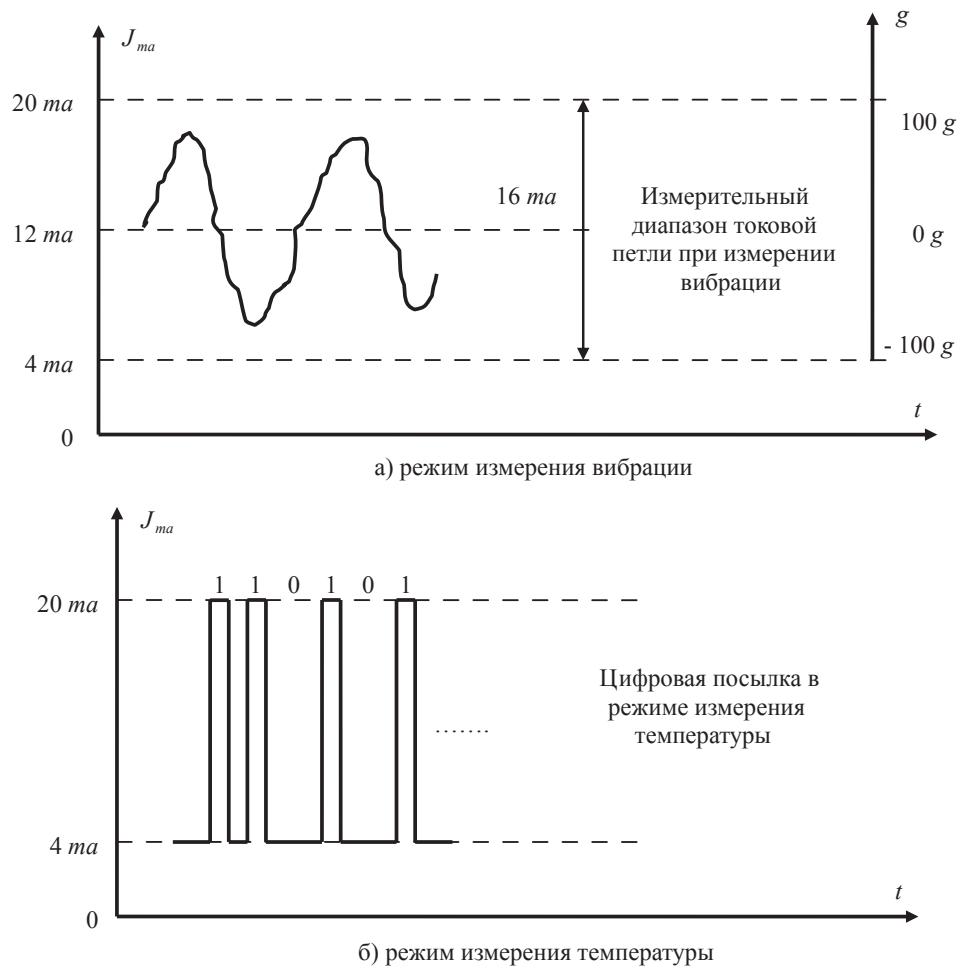


Рис. 4. Вид сигнала в токовой измерительной цепи датчика: а) режим измерения вибрации; б) режим измерения температуры

в том числе нарастающих значений виброперегрузок.

Задача, решаемая системой, разработанной авторами, состоит в повышении эффективности и расширении функциональных возможностей системы контроля функциями системы диагностики. Это достигается путем поочередного во времени контроля температуры и дополнительного контроля виброперегрузки в буксовом узле с обеспечением режима текущего диагностирования без изменения конструкции узла крепления датчиков и двухпроводной линии их питания, что является важным с точки зрения упрощения замены старой системы на новую без прокладки дополнительных линий связи.

Функциональная схема системы контроля диагностируемых параметров пассажирского вагона (рис. 2) содержит комплект первичных двухпараметрических датчиков

1, двухпроводную линию электропитания 2 каждого датчика, образующую токовую измерительную цепь 3 контролируемого параметра с нагрузочным сопротивлением каждой цепи 4 и параллельным подключением к нагрузочному сопротивлению 4 в каждом канале аналого-цифрового преобразователя 5. Темп дискретных измерений температуры или виброперегрузки с выхода двухпараметрического датчика 1 задает блок переполюсовки питания 6, программно управляемый контроллером 7, подключенным к блоку 8 (буферное запоминающее устройство сбора, обработки, хранения и протоколирования информации технического состояния вагонов).

Сигналы измерений контролируемых параметров в цифровом виде записывают в буферное запоминающее устройство блока 8, откуда они считываются контроллером 7 для програм-

мною обработки и диагностирования. Результат программной обработки сигнала передается в блок индикации 9. Контроллер 7 обеспечивает возможность передачи диагностируемых параметров через радиомодем 10. Питание элементов системы осуществляется от блока 11.

В системе использованы двухпараметрические датчики (типа КВТ-1), которые устанавливаются в стандартное гнездо вагонной буксы путем ввинчивания, как это иллюстрируется фотоснимком рис. 3.

Двухпроводное электропитание системы каждого вагона осуществляется от локомотивной аккумуляторной батареи +24 В, включаемой контроллером крана машиниста после стыковки с вагонным составом. В исходном состоянии при неподвижном составе осуществляется запитка датчиков измерения температуры. Выходной интерфейс датчиков – токовая петля в шкале 4–20 мА, величина сопротивления нагрузки канала измерений – 470 Ом. Вид сигнала в измерительной шкале датчика иллюстрируется графиком рис. 4.

На передней панели блока индикации 9 имеются средства первичной сигнализации: светодиод включенной цепи питания зеленого цвета («Состояние»). При нажатии на кнопку «Проверка» все трехцветные светодиоды горят желтым цветом, а общий светодиод «Состояние» горит красным цветом. При достижении определенной скорости состава (поступлении метки от скоростемера в контроллер) осуществляется программное включение режима измерения вибрации путем программной переплюсовки (блок 6) питания одновременно всех датчиков. После записи массива измерений на интервале ≈ 20 сек. в буферное запоминающее устройство (блок 8) система программно переводится в режим мониторинга температуры. Контроллер 7 осуществляет обработку записанных данных с выдачей результатов диагностирования на блок индикации 9.

При диагностировании используют простейший алгоритм обработки – вычисление математического ожидания сигнала измеряемого параметра на дискретном интервале измерения и сравнения его с пороговой величиной. Пороговая величина предварительно вводится в ячейку памяти.

В случаях аварийных значений отслеживаемых параметров блок индикации оповещает проводника вагона сигналом светодиода и звуковым прерывистым сигналом. Звуковой сигнал отключается клавишей «Звук» на передней панели блока индикации.

Во время остановки вагона на станции, оборудованной соответствующей аппаратурой, выборка передается по радиоканалу на стационарный компьютер для передачи в базу данных и возможной обработки специалистом-диагностом с использованием экспертной программы.

Имеется возможность после завершения рейса бригаиру поезда переписать накопленную информацию из запоминающего устройства на внешний носитель для передачи в централизованную базу данных подвижного состава железнодорожного узла приписки.

Поскольку тепловые процессы более инерционны, чем вибрационные, то использование режима измерений «виброперегрузка» обеспечивает большую чувствительность, чем известные аналоги. Эффективность системы контроля обеспечивается также непрерывным текущим диагностированием в процессе движения и возможности обнаружения скрытых дефектов букс на ранней стадии разрушения подшипников путем последующей обработки массивов записанной информации в централизованных базах.

Библиографический список

1. Давыдов В.Ф. Измеритель параметров вагонной буксы / В.Ф. Давыдов, Ю.П. Батырев, В.П. Дунаевский, Д.Г. Кряжев и др. // Патент РФ на изобретение № 2356771.
2. Батырев Ю.П. Измеритель параметров вагонной буксы / Ю.П. Батырев, Н.П. Полуэктов, В.Н. Харченко, Ю.П. Царьгородцев // Вестник МГУЛ – Лесной вестник. – 2010. – № 7 (76). – С. 124–127.
3. Гридина Е.Г. Алгоритм обработки информации для микропроцессоров и микроконтроллеров / Е.Г. Гридина, В.Г. Домрачев, В.А. Гавриков, Ю.Т. Котов. // Вестник МГУЛ – Лесной вестник // Вестник Московского государственного университета леса – Лесной вестник. – 2012. – № 6 (89). – С. 82–84.
4. <http://tump.dnpp.dep.mos.ru/company/katalog/3542/54.html>
5. <http://microlog.km.ua/?ct = detail&prod = 25&parent = 69>.

**ПРИРОДНАЯ ПОЖАРНАЯ ОПАСНОСТЬ СМЕШАННЫХ
ЛЕСНЫХ НАСАЖДЕНИЙ. МОДЕЛЬНЫЙ ПОДХОД**

С.И. ЧУМАЧЕНКО, *зав. каф. ИТ&ЛС МГУЛ, д-р биол. наук,*
А.С. МУХИН, *доц. каф. ИТ&ЛС МГУЛ, канд. с.-х. наук*

chumachenko@mgul.ac.ru

Лесные насаждения представляют собой совокупность разнородных участков, которые становятся объектом горения. Скорости распространения лесных пожаров значительно отличаются друг от друга. Вероятность возникновения и скорость распространения лесного пожара зависит от степени пожарной опасности, которая определяется: по характеристикам лесных участков (природная пожарная опасность – степень опасности возникновения и распространения пожаров определяют тип леса, структура насаждения, породный состав и возраст, категории лесных площадей, вырубок и другие характеристики лесного фонда) [4] и по условиям погоды (по комплексному показателю В.Г. Нестерова – определяется на 12–14 ч местного времени, как сумма произведения температуры воздуха на разность температур воздуха и точки росы за бездождевой период [5, 6]).

Большое количество видов лесных горючих материалов (ЛГМ) вызвало необходимость их классификации, объединения в группы (классы) по сходным свойствам. Существует большое количество классификаций ЛГМ, в основу которых положены разные свойства. По очередности загорания ЛГМ подразделяются на первичные и вторичные объекты загорания. К первичным объектам загорания относятся напочвенный покров, состоящий из лесного опада, некоторых видов живого напочвенного покрова, отмершей сухой растительности, валежа, гнилых пней, порубочных остатков. Ко вторичным объектам загорания относят крупные горючие материалы: стволы деревьев, подрост, подлесок, кроны растущих деревьев [1].

Как мы видим, одним из основных составляющих ЛГМ является живой напочвенный покров. Видовой состав, высота растений и процент проективного покрытия живого напочвенного покрова определяют

качественный и количественный состав легковозгораемых горючих материалов. Основными факторами, влияющими на динамику напочвенного покрова, являются тип лесорастительных условий; породный состав насаждения, включая подлесок и освещенность под пологом леса [7].

Одними из основных физико-химических свойств ЛГМ являются запас ЛГМ и содержание влаги в них. В этом направлении наиболее интересны работы Н.П. Курбатского по определению запаса различных групп ЛГМ в таежной зоне России (Ленинградской, Архангельской, Томской областях, Красноярском крае), А.А. Молчанова в центральной части и на севере европейской части России, М.А. Софронова в таежной зоне Сибири, А.Е. Бонского на северо-западе европейской части России [1]). Весь комплекс ЛГМ ими был разбит на следующие основные группы: лишайники, мхи и опад, кустарнички и травы, подстилка. Общее количество напочвенных ЛГМ, как и толщина их слоя, зависит от увлажненности почвы и всегда больше в типах леса с избыточным увлажнением. В наиболее пожароопасных типах леса (сосняках лишайниковых, брусничниковых, зеленомошниковых) количество ЛГМ в пологе древостоя зависит от типа лесорастительных условий (увеличивается при улучшении этих условий). С появлением в древостое второго яруса из ели количество ЛГМ этой группы также увеличивается.

Вторым по значимости является опад (веточки, хвоя, листья, чешуйки коры, шишки, сучья и ветви). Состав опада напрямую зависит от состава, возраста насаждения и типа лесорастительных условий. Количество опада на поверхности почвы определяется соотношением скорости его поступления и скоростью превращения в подстилку. Именно эти два фактора легли в основу шкалы оценки

Изменение массы текущего опада хвои и листвы в сосново-березовых насаждениях в зависимости от возраста и состава

возраст	масса опада кг/га		доля опада хвои	масса опада кг/га		доля опада хвои	масса опада кг/га		доля опада хвои
	хвоя	листва		хвоя	листва		хвоя	листва	
	состав 10С			состав 8С2Б			состав 7С3Б		
20	2140	0	1	1720	510	0.77	1500	760	0.66
40	1940	0	1	1550	810	0.66	1360	1210	0.53
60	2050	0	1	1640	1020	0.62	1430	1540	0.48
80	1940	0	1	1560	970	0.62	1360	1460	0.48
100	2240	0	1	1790	1120	0.62	1570	1680	0.48
среднее			1	Среднее		0,66	среднее		0,53
состав 5С5Б			состав 6Б4С			состав 10Б			
20	1070	1260	0,46	740	1310	0.36	0	2180	0.00
40	970	2020	0,32	620	1930	0.24	0	3220	0.00
60	1020	2560	0,28	600	2260	0.21	0	3760	0.00
80	970	2430	0,29	550	2050	0.21	0	3420	0.00
100	1120	2800	0,29	610	2290	0.21	0	3820	0.00
среднее			0,33	Среднее		0,25	среднее		0

лесных участков по степени (классам) природной пожарной опасности [2, 3].

Если пожарная опасность по условиям погоды является мало управляемой, то природная пожарная опасность (ППО), определяемая в первую очередь характеристиками насаждения, является управляемым параметром лесных насаждений. В первую очередь, это может осуществляться за счет регулирования состава древостоев.

Примесь лиственных пород во всех классах возраста и по всем ярусам хвойных древостоев способствует снижению опасности. Для этого необходимо: 1) проводить регулирование состава хвойных древостоев (особенно в молодняках и средневозрастных

насаждениях) в порядке рубок ухода за лесом, сохраняя, где это целесообразно, равномерную примесь лиственных пород по всем ярусам в количестве 2–3 единиц в составе; 2) вводить в культуры хвойных пород, где это возможно по лесорастительным условиям, примесь деревьев хозяйственно ценных лиственных пород: березу, серую ольху [4].

Рассмотрим изменение класса ППО на примере брусничных лесов. Так сосняк-брусничник имеет 2 класс ППО (пожарная опасность высокая), а березняк-брусничник – 4 класс (пожарная опасность слабая). Следовательно, изменение породного состава насаждения от чистых сосняков через смешанные сосново-березовые насаждения к чистым березнякам приводит к снижению пожарной опасности на 2 класса. Нами был произведен расчет опада по таблицам биологической продуктивности для сосновых и березовых насаждений для разного смешения пород: от 10С до 10Б.

В качестве модельного расчета был выбран наиболее часто встречающийся вариант сосново-березовых насаждений 2 бонитета и полнотой 0.8. В расчете мы использовали только опад хвои/листвы, так как опад мелких веток примерно одинаков для определенного возраста как сосны, так и березы. Для примера в таблице приведены расчеты для

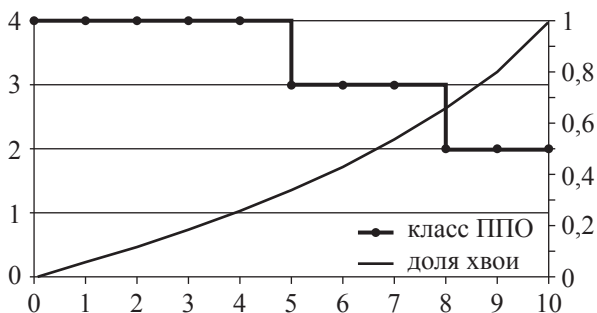


Рисунок. Зависимость среднего значения доли опада хвои в общем опаде (шкала справа) и изменение класса ППО (шкала слева) от доли сосны в насаждении

разных возрастов для чистого сосняка (10С), смешанных сосново-березовых и березово-сосновых насаждений (8С2Б, 7С3Б, 5С5Б, 6Б4С) и чистого березняка (10Б). В расчете учитывался только опад текущего года.

На рисунке представлена зависимость среднего значения доли опада хвои в общем опаде и изменение класса ППО от доли сосны в насаждении.

Как мы видим, доля хвои в общем опаде изменяется быстрее, чем доля запаса ствольной древесины в смешанном насаждении. На наш взгляд, можно установить границу перехода от 2 класса ППО к 3 на уровне 0,6–0,7 доли опада хвои в общем опаде хвоя–листва (что соответствует составу 8С2Б – 7С3Б), а переход от 3 класса ППО к 4 на уровне 0,2–0,3 (6Б4С–7Б3С). Необходимо отметить, что доля опада хвои в смешанном насаждении уменьшается с увеличением возраста насаждения. Максимального значения она достигает в стадии молодняков. Видимо, для молодняков следует увеличить долю участия березы для увеличения на один класс ППО на 1 единицу участия березы в составе насаждения.

На наш взгляд, необходимо рассчитывать класс природной пожарной опасности для каждого лесотаксационного выдела с

учетом его породного состава. Современные компьютерные средства, включая геоинформационные системы, позволяют рассчитать и отобразить на картах пространственное распределение выделов с выделением высоких классов ППО, что позволит более эффективно планировать противопожарные мероприятия в лесных насаждениях.

Библиографический список

1. Курбатский Н.П. Техника и тактика тушения лесных пожаров / Н.П. Курбатский. – М.: Гослесбуиздат. – 1962. – 154 с.
2. Мелехов И.С. Лесные пожары и борьба с ними. Архангельск / И.С. Мелехов. – Архангельск: Северное краевое издательство, 1933.
3. Мелехов И.С. Лесная пирология / И.С. Мелехов. – М.: МЛТИ. – Вып. 1. – 1978. – 69 с.; Вып. 5. – 1983. – 60 с.
4. Мелехов И.С. Лесная пирология / И.С. Мелехов, С.И. Душа-Гудым – М.: МЛТИ. – Вып. 2. – 1979. – 79 с.; Вып. 3. – 1980. – 80 с.
5. Нестеров В.Г. Пожарная охрана леса / В.Г. Нестеров – М.: Гослесбуиздат, 1945. – 175 с.
6. Нестеров В.Г. Горимость лесов и методы ее определения / В.Г. Нестеров. – М.: Гослесбуиздат, 1949. – 75 с.
7. Смирнова О.В. Концептуальная модель динамики напочвенного покрова / О.В. Смирнова, С.И. Чумаченко // Вестник МГУЛ – Лесной вестник – 2012. – № 8 – С. 71–78.

РАНГОВОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЭКОЛОГО-ТРОФИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ ЧЛЕНИСТОНОГИХ ДЕНДРОФАГОВ В НАСАЖДЕНИЯХ МОСКВЫ

Д.А. БЕЛОВ, доц. каф. экологии и защиты леса МГУЛ, канд. биол. наук,
Н.К. БЕЛОВА, доц. каф. экологии и защиты леса МГУЛ, канд. биол. наук

belov@mgul.ac.ru

Изменения в составе, возрасте, занимаемых площадях и состоянии насаждений, произошедшие за последние 10–15 лет в г. Москве, должны были отразиться на видовом составе членистоногих фитофагов.

В 2006–2010 гг. была предпринята попытка инвентаризации видового состава членистоногих фитофагов, так как она является необходимым условием для любых энтомологических и экологических исследований разных направлений.

Обобщая исследования специалистов кафедры экологии и защиты леса МГУЛа и сопоставляя их с литературными данными и собственными результатами исследований в городских насаждениях Москвы, сделали следующие выводы:

– к 2000 г. в насаждениях Москвы достоверно было выявлено 742 вида растительных членистоногих, в том числе 691 вид представителей 6 отрядов насекомых и 51 вид растительных клещей [1, 2];

– к 2008 г. количество достоверно выявленных растительноядных членистоногих возросло до 852 видов, среди которых 797 являются насекомыми и 55 – растительноядными клещами.

– в 2010 г. количество достоверно выявленных растительноядных членистоногих, встречающихся в насаждениях города Москвы, достигло 1035 видов, что иллюстрирует многолетние тенденции на территории европейской части России и стран Балтии [4].

Таксономические показатели, такие как количество семейств в отряде, число родов в семействе и т.д., достоверно описываются с помощью ранговых распределений [7].

Для дополнительного анализа комплекса членистоногих дендрофагов городских насаждений Москвы нами использованы ранговые распределения числа видов насекомых-филлофагов, обитающих в городских насаждениях разных экологических категорий, в каждой из которых доля природной составляющей непрерывно уменьшается, а доля преобразования урбанизированной средой неуклонно растет.

В соответствии с этим от первой к последней категории насаждений уменьшается сохранность естественной лесной растительности и увеличивается трансформация природной среды, возрастает уровень ее загрязнения, ухудшаются условия произрастания древесных растений, уменьшается их долговечность [6].

Схематично это можно представить следующим образом (рисунок).

1 – лесопарки, городские леса, лесные дачи, территории ботанических садов с элементами лесных насаждений, национальные парки;

2 – парки, дендрарии, городские сады (или малые парки), озелененные территории

крупных спортивных, оздоровительных и культурно-исторических комплексов;

3 – внутридворовые насаждения и озелененные территории объектов специального назначения;

4 – скверы, бульвары, озелененные пешеходные зоны и другие сложные по составу и структуре уличные посадки;

5 – простые по структуре уличные посадки на улицах с малой и средней интенсивностью движения автомобильного транспорта;

6 – простые уличные (аллейные) посадки вдоль многорядных дорог и магистралей.

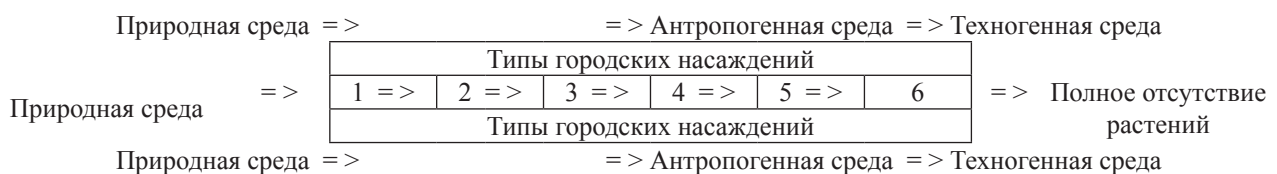
Методика построения ранговых распределений описана О.В. Тарасовой с соавторами [2004].

При обработке полученных данных было применено построение модели линейной регрессии вида $Y = a \cdot x + b$.

В табл. представлены данные по линейным регрессионным моделям рангового распределения эколого-трофических комплексов членистоногих дендрофагов в целом по насаждениям Москвы и по отдельным типам экологических категорий городских насаждений в виде $\ln N(i) = a \ln(i) + b$.

Параметры рангового распределения дендрофагов по эколого-трофическим группам зависят от экологических условий, в которых существуют изучаемые насекомые. Распределение числа видов в различных трофических группах можно объяснить существованием конкуренции за ресурс.

Как показывают данные, представленные в табл., типы рангового распределения по эколого-трофическим группам для насаждений разных экологических категорий с течением времени практически не изменяются. Уменьшается количество видов в доминирующей трофической группе с усилением антропогенного пресса (как правило, открыто



Рисунок

Линейные регрессионные модели рангового распределения эколого-трофических комплексов членистоногих дендрофагов в целом по насаждениям Москвы и по отдельным типам экологических категорий городских насаждений и их статистические характеристики

Экологическая категория насаждения	Год наблюдения	Уравнение линейной регрессии	Дисперсия $\ln N(i)$	Дисперсия адекватности	Коэффициент детерминации (R^2)	Диагностика линейности
Вся территория города	2000	$\ln N(i) = -1,844 \ln(i) - 0,378$	2,137	0,526	0,788	Условие линейности хорошо выполняется
	2008	$\ln N(i) = -1,764 \ln(i) - 0,399$	2,100	0,655	0,733	
	2010	$\ln N(i) = -1,722 \ln(i) - 0,426$	1,936	0,547	0,758	
1	2000	$\ln N(i) = -1,553 \ln(i) - 0,541$	1,493	0,350	0,799	
	2008*	$\ln N(i) = -1,683 \ln(i) - 0,454$	1,731	0,423	0,791	
	2010	$\ln N(i) = -1,820 \ln(i) - 0,396$	1,978	0,396	0,829	
2	2000	$\ln N(i) = -1,917 \ln(i) - 0,267$	2,897	1,259	0,628	Условие линейности выполняется не очень хорошо
	2008	$\ln N(i) = -2,518 \ln(i) + 0,144$	4,756	1,891	0,659	
	2010	$\ln N(i) = -2,554 \ln(i) + 0,179$	4,695	1,715	0,687	
3	2000	$\ln N(i) = -1,955 \ln(i) - 0,249$	2,529	0,883	0,709	
	2008	$\ln N(i) = -2,046 \ln(i) - 0,192$	3,216	1,503	0,611	
	2010	$\ln N(i) = -2,037 \ln(i) - 0,206$	2,856	1,092	0,681	
4	2000	$\ln N(i) = -1,768 \ln(i) - 0,391$	2,600	1,360	0,564	Условие линейности выполняется плохо
	2008	$\ln N(i) = -2,026 \ln(i) - 0,225$	3,335	1,930	0,577	Условие линейности выполняется не очень хорошо
	2010	$\ln N(i) = -2,150 \ln(i) - 0,144$	3,421	1,503	0,634	
5	2000	$\ln N(i) = -1,450 \ln(i) - 0,607$	1,370	0,559	0,674	
	2008	$\ln N(i) = -1,321 \ln(i) - 0,682$	1,103	0,421	0,694	
	2010	$\ln N(i) = -1,354 \ln(i) - 0,645$	1,052	0,309	0,765	
6	2000	$\ln N(i) = -1,588 \ln(i) - 0,514$	1,610	0,628	0,688	Условие линейности выполняется не очень хорошо
	2008	$\ln N(i) = -1,562 \ln(i) - 0,522$	1,543	0,591	0,694	
	2010	$\ln N(i) = -1,520 \ln(i) - 0,545$	1,511	0,621	0,672	

*Примечание: группы минирующих и открыто живущих сосущих дендрофагов имеют совпадающие ранги

живущие членистоногие) и на лидирующие позиции выходят группы эндобионтов.

Величина дисперсии адекватности во всех случаях указывает на то, что модели имеют высокую точность, но описывают также и имеющиеся погрешности расчетов.

Относительно высокое значение коэффициента детерминации (максимум $R^2 = 0,829$) указывает на высокую точность аппроксимации уравнениями рангового распределения дендрофагов по трофическим группам, а также на достоверность построенных моделей, что позволяет считать их приемлемыми (так как коэффициент корреляции превышает по модулю 70 %).

Коэффициент a уравнения линейной регрессии указывает степень конкуренции членистоногих дендрофагов за пищевой ресурс между видами из разных трофических

групп в городских насаждениях Москвы. Несмотря на увеличение количества выявленных видов в комплексе в целом, значения коэффициентов указывают на относительное уменьшение конкуренции в целом по насаждениям города с течением времени. При этом увеличение конкурентных отношений наблюдается в насаждениях с 1 по 4 экологические категории и уменьшение в категориях 5 и 6.

Кроме того, данные показывают, что с усилением антропогенного пресса условие линейности выполняется не очень хорошо или даже плохо, начиная со второй экологической категории насаждений.

Таким образом, можно говорить о том, что эколого-трофическая структура членистоногих насаждений Москвы может быть охарактеризована с помощью рангового распределения.

Библиографический список

1. Белов Д.А. Видовой состав и структура растительных членистоногих в насаждениях Москвы // Д.А. Белов / Экология, мониторинг и рациональное природопользование. – М.: МГУЛ, 2000. – Вып. 302(1). – С. 26–32.
2. Белов Д.А. Вспышки массового размножения листогрызущих насекомых и минеров и характеристика их очагов в Москве // Д.А. Белов / Лесной вестник. – М.: МГУЛ, 2000б. – № 6 (15). – С. 124–131.
3. Белов Д.А. Грызущие и минирующие листву насекомых в зеленых насаждениях Москвы // Д.А. Белов / Автореф. дисс. на соиск уч. ст. к. б. н. – М.: МГУЛ, 2000в. – 28 с.
4. Вийдалепп Я.Р. О характере изменений в видовом составе высших чешуекрылых Эстонской ССР за последние 60 лет // Я.Р. Вийдалепп / IX съезд Всесоюзного энтомологического общества. Тезисы докладов. – Киев: Наукова Думка, 1984. – Ч. 1. – С. 89.
5. Белов Д.А. Комплекс энтомофагов открыто живущих и минирующих членистоногих в городских насаждениях Москвы. Структура и особенности // Д.А. Белов // Вестник МГУЛ – Лесной вестник. – 2012. – № 9(92). – С. 58–66.
6. Мозолевская Е.Г. Экологические категории городских насаждений // Е.Г. Мозолевская, Е.Г. Куликова / Экология, мониторинг и рациональное природопользование. – М.: МГУЛ, 2000. – Вып. 302 (10). – С. 5–12.
7. Песенко Ю.А. Принципы и методы количественного анализа в фаунистических исследованиях // Ю.А. Песенко. – М.: Наука, 1982. – 287 с.
8. Тарасова О.В. Насекомые-филлофаги зеленых насаждений городов: Видовой состав и особенности динамики численности // О.В. Тарасова, А.В. Ковалев, В.Г. Суховольский, Р.Г. Хлебопрос. – Новосибирск: Наука, 2004. – 180 с.

**МЕТОД ИНДИКАЦИИ И ОЦЕНКИ РЕКРЕАГЕННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ
В ЛЕСНЫХ БИОГЕОЦЕНОЗАХ**

О.В. БЕДНОВА, доц. каф. экологии и защиты леса МГУЛ, канд. биол. наук

caf-ecology@mgul.ac.ru

Лесные экосистемы в условиях рекреационного воздействия способны претерпевать значительные структурные и функциональные изменения, сопряженные с нарушением лесной среды, что продемонстрировано на результатах многочисленных разносторонних исследований. Происходящую при этом трансформацию биоценозов (дигрессию) большинство исследователей рассматривает как аллогенную гейтогенетическую сукцессию [1]. Но есть и иная трактовка. Например, И.А. Жигарев [2] разграничивает понятия «сукцессия» и «дигрессия». Он подчеркивает, что сукцессия – это эндогенная смена (т.е. автогенная сукцессия), а дигрессивная смена на фоне градиента рекреационной нагрузки происходит под влиянием внешнего фактора, при этом эти два процесса могут накладываться друг на друга, и дигрессия способна тормозить или ускорять работу сукцессионных механизмов. С природоохранной точки зрения важны задачи прогнозирования, предотвращения негативных рекреационных изменений лесных биогеоценозов

или, по крайней мере, их минимизации. И здесь нужно использовать возможности, которые нам предоставляет сама природа.

Так, очень важно, что на участках леса, подвергшихся дигрессивным изменениям, после снижения или прекращения рекреационного воздействия возможна активация естественных восстановительных процессов – процесс демулационной экологической сукцессии [3, 4]. К тому же природная гетерогенность лесной среды определяет различия в устойчивости и скорости дигрессивных изменений участков леса разной лесотипологической принадлежности в условиях рекреации [5, 6] или разную степень рекреационной привлекательности [7]. Наконец, в силу территориальных особенностей разные участки одного и того же лесного массива могут различаться уровнем рекреационной освоенности. Все перечисленные явления способствуют тому, что даже в городских лесах могут сохраняться ядра лесного зонального биоразнообразия, способствующие восстановлению биоценологических связей на нарушенной тер-

ритории. И именно это явление делает реальными возможности сохранения и даже восстановления лесных насаждений в условиях постоянного рекреационного воздействия.

Очень важно своевременно уловить начало естественных восстановительных процессов, поддержать их (а в ряде случаев и целенаправленно содействовать их запуску) и сохранить фрагменты территории с полноценной лесной средой. И в этой связи проведение регулярных мониторинговых исследований, оценивающих трансформацию, как отдельных блоков лесной экосистемы, так и позволяющих получить интегральную оценку состояния лесной среды в целом, должно являться обязательным этапом в системе мер по поддержанию устойчивости экосистем рекреационных лесов.

Методика мониторинга рекреационных лесов в целом разработана [8, 9]. Но специфика условий расположения лесной территории может корректировать содержание программ мониторинговых исследований. Особенностью нашего времени стало появление особой разновидности объектов лесной рекреации – городских особо охраняемых природных территорий, природную основу которых составляют в той или иной степени сохранившиеся фрагменты городских лесов. Логично, что и мониторинговые программы, и стратегии использования их результатов в этом случае должны быть увязаны с особенностями урбанизированной среды, где рекреационное воздействие вливается в канву прочих антропогенных воздействий на природные экосистемы.

Принципы и методы рационального рекреационного лесопользования давно выработаны [10]. В нашей стране этому результату способствовали прикладные исследования с начала 60-х до конца 80-х гг. прошлого века, осуществлявшиеся под эгидой Гослесхоза СССР. Именно тогда были получены ценные как в научном, так и в практическом отношении результаты и выработаны основные нормативно-хозяйственные документы, актуальные до настоящего времени [11, 12, 13]. Так, были исследованы рекреационная толерантность отдельных видов лесных рас-

тений и закономерности изменения видового разнообразия, устойчивость к рекреации лесных сообществ разных типов, получены представления о скорости дигрессивных изменений последних. Важным с прикладной точки зрения итогом этих исследований можно считать построение стадийных схем дигрессивных изменений лесных фитоценозов и предложение соответствующих оценочных шкал, ставших впоследствии основным инструментом в мониторинговых оценках лесов в условиях рекреационного воздействия. Согласно литературным данным [10], первенство в этой сфере принадлежит Р.А. Карписоновой [14]. Исследуя рекреационные изменения в городских и пригородных дубравах Москвы, она выделила пять стадий рекреационной дигрессии лесных сообществ на основе эколого-фитоценологических и флористических различий – участия в травяном покрове растений различных экологических групп. За основу, по свидетельству автора, была взята схема пастбищной зоогенной дигрессии, предложенной в конце 30-х гг. П.К. Фальковским. Впоследствии подобный подход был использован еще рядом исследователей в приложении к различным типам и группам типов леса. Так, известны пятистадийные шкалы рекреационной дигрессии, предложенные В.П. Чижовой [15], И.В. Тараном [16], Эмсом И.В. [17], Поляковой Г.А. [4], Ланиной и Казанской [18]. С.А. Дыренковым [19] разработана четырехстадийная схема дигрессии. С.Ю. Цареградская [20] и литовские исследователи Э.А. Палишкис и Е.Е. Репшас [21] предложили выделять три стадии рекреационной дигрессии, обосновывая целесообразность использования трехступенчатой шкалы удобством для практиков лесного хозяйства. Так, например, трехстадийная шкала С.Ю. Цареградской (известна также как шкала ВНИИЛМа) включает стадию начальной дигрессии (слабая нарушенность структуры ценоза), стадию стабилизированной дигрессии и стадию прогрессирующей дигрессии. А.И. Тарасов на основе собственного полевого материала провел сравнительный анализ эффективности трех шкал (пятистадийные шкалы Н.С. Казанской и Г.А. Поляковой и трехстадийная



Рис. 1. Ячеистая структура фитоценоза в условиях рекреационного воздействия: липняки по грядово-западинной террасе оползневого склона в Фили-Кунцевском лесопарке



Рис. 2. Фрагмент напочвенного покрова фитоценоза с ячеистой структурой: сныть, зеленчук, осока волосистая

шкала Э.А Репшаса). Посредством статистического сравнения доверительных интервалов, характеризующих минимум и максимум вытаптывания, свойственных каждой стадии дигрессии, исследователем было показано, что использование трехстадийной шкалы дает наибольшую неопределенность [22]. Сравнивая известные пятистадийные шкалы рекреационной дигрессии, можно отметить, что авторы едины во мнении в отношении начальной и конечной стадий дигрессионного процесса, а промежуточные – варианты.

Оптимальной для оценки степени рекреационных изменений лесных фитоценозов представляется шкала рекреационной дигрессии, предложенная Г.А. Поляковой [4]. Это результат многолетних исследований в разных типах леса, но наиболее практически ценной стороной при этом является то, что шкала отражает разнообразие треков рекреационных изменений в лесных биогеоценозах. Так, большинство исследований рекреационной трансформации и, соответственно, предлагаемых шкал дигрессивных изменений опираются на схему постепенного олуговения и рудерализации травяного покрова в сочетании с вытаптыванием, и все другие явления (например динамика популяций мелких млекопитающих или членистоногих герпетобионтов) накладываются именно на такое представление о последовательности рекреационных изменений в лесах. Г.А. Полякова показала, что в фитоценозах с изначально сомкнутым древостоем, где увеличение освещенности может прогрессировать медленно (например, дубово-липовые средневозрастные и старовозрастные леса с подлеском при длительном отсутствии естественных вывалов и санитарных рубок) в условиях рекреационного воздействия происходит не олуговение (хотя флуктуирующее появление луговых и сорных трав в небольшом количестве и встречается), а постепенное исчезновение напочвенного покрова, вплоть до образования практически мертвопокровного типа рекреационного сообщества. Фитоценоз при этом приобретает так называемую ячеистую структуру, а при постепенно прогрессирующем увеличении площади сбоя в составе напочвенного покрова на

уцелевших фрагментах лесные виды могут достаточно долго преобладать. Примеры такой картины можно в изобилии обнаружить, например, в липняках Фили-Кунцевского лесопарка по грядово-западинным террасам оползневого склона (рис. 1, 2) или даже в уцелевших фрагментах широколиственного леса на склонах Воробьевых гор в Москве. Вариант же олуговения и замещения лесного покрова рудеральной растительностью характерен для разреженных, осветленных лесов.

Как указывалось во вводной части статьи, при мониторинговых исследованиях важно уловить как негативные, так и позитивные изменения на ранних стадиях их проявления. Можно в течение ряда лет (а то и десятилетий) констатировать одну и ту же стадию рекреационной дигрессии, исходя из пространственной нарушенности и представленности лесных видов в напочвенном покрове, но на этом фоне могут протекать разнонаправленные процессы – как в сторону ухудшения, так и наоборот. Поэтому нужен индикаторный показатель, который бы позволял не только оценить уровень дигрессии, но и уловить движения в состоянии биогеоценоза даже на плато одной и той же стадии дигрессии, которые мало заметны визуально. И здесь информативными могут оказаться не только характеристики травяно-кустарничкового яруса, учитывая, что рекреационная дигрессия сопряжена с постепенным изменением эдафической основы и с изменением и утратой еще ряда структурных элементов лесного биогеоценоза. К тому же напочвенный покров подвержен флуктуациям под действием естественных факторов, что может несколько замаскировать картину. Т.е. необходима оценка, отражающая более широкий спектр происходящих в биогеоценозе изменений, и соответствующие индикаторные показатели.

К необходимости оценки рекреационной измененности лесных биогеоценозов по комплексу показателей и построению интегральных индикаторов приходили уже неоднократно. Так, И.В. Эмиссом [17, 23] предложен коэффициент (*прим.* на самом деле это – индекс) рекреационной измененности. Он строится на основе учета девяти легко вос-

принимаемых признаков, которые оцениваются визуально и фиксируются в процентах (проективное покрытие растений, не свойственных данному типу леса, доля площади с оголенным верхним горизонтом почвы, доля площади с оголенной почвообразующей породой, степень нарушенности подроста и др.) Процентная шкала градуируется и переводится в баллы. Но, анализируя прикладную сторону данной методики, следует подчеркнуть, что обилие глазомерно оцениваемых показателей создает основу для результатов, не лишенных субъективности и зависимых от опыта исследователя.

В нескольких ранее опубликованных работах [24–26] было дано обоснование приложения информационной меры Бриллюэна (одного из универсальных индексов разнообразия в теории информации) к задаче измерения биоразнообразия в лесных экосистемах. В этой связи был предложен индекс структурного разнообразия лесного биогеоценоза. В логической подоснове этого показателя идея выравнивания (в случае видового разнообразия – видовой неоднородности), но вместо соотношения обилий видов оценивается соотношение числа различных местообитаний – ключевых элементов структурного разнообразия лесном биогеоценозе. Индекс рассчитывается по формуле

$$H_{str} = -\frac{1}{M} \ln \frac{m_1!m_2!m_3!\dots m_l!}{M!},$$

где m_i – значение i -го элемента структурного разнообразия, т.е. вида местообитания (например деревья, пни, временные водоемы и т.п.);

M – суммарная оценка по всем структурным элементам биогеоценоза.

Спектр учитываемых элементов структурного разнообразия лесного биогеоценоза и соответствующая оценочная шкала, учитывающая значимость (вес) числа отдельных микроместообитаний для формирования лесной среды, приведены в табл. 1.

Степень сохранности ключевых элементов структурного разнообразия (или иными словами – структуры местообитаний лесных консументов, в т.ч. представленность ярусов лесного фитоценоза и видовое богатс-

тво последнего), дает косвенное представление о величине лесного биоразнообразия на видовом уровне. При этом значение индекса позволяет улавливать динамические изменения в биогеоценозе под действием различных факторов [26]. В условиях рекреационного воздействия степень утраты элементов структурного разнообразия лесных биогеоценозов, замещение другими (нелесными) компонентами зависят от продолжительности и силы рекреационного воздействия, типологической устойчивости лесных сообществ. Поскольку методика вычисления индекса оттачивалась, главным образом, на примере городских лесов, то вполне логично выяснить, как тесно коррелируют значения индекса со степенью рекреационной измененности лесного биогеоценоза и можно ли на их основе выстроить индикаторную шкалу, подобную традиционным шкалам рекреационной дигрессии.

В табл. 2 приведены значения индекса структурного разнообразия, рассчитанные на основе учетов на пунктах постоянных наблюдений и на специально организованных экспериментальных площадках в лесных участках, находящихся на разных стадиях рекреационной дигрессии. По ячейкам таблицы значения индекса разнесены в соответствии со стадиями рекреационной дигрессии (диагностировались по шкале Г.А.Поляковой) исследованных биогеоценозов. При этом полевые учеты проводились в различных лесотипологических условиях, в насаждениях с разной лесотаксационной характеристикой.

На основе спектра полученных значений индекса структурного разнообразия проведена количественная оценка тесноты связи сохранности структуры ключевых местообитаний в лесном биогеоценозе с уровнем рекреационной дигрессии посредством расчета эмпирического коэффициента детерминации и эмпирического корреляционного отношения. Результаты статистической обработки данных приведены в табл. 3

Величина значения эмпирического коэффициента детерминации (0,863) указывает на то, что 86,3 % вариаций признака-результата (т.е. значений индекса структурного разнообразия) обусловлены группировкой

Шкала оценки структурного разнообразия лесных биогеоценозов*

Ключевые элементы структурного разнообразия	Результаты полевых учетов	Численная оценка, баллы
1. Число видов сосудистых растений, шт.	до 10 11–25 более 25	1 5 10
2. Общее количество деревьев на ПП, шт.	до 15 . 16 – 30 31 и более	1 5 10
3. Количество деревьев с диаметром более 10 см, шт.	до 15 . 16 – 30 . от 31 и более	1 5 10
4. Количество растений подлесочных пород, шт.	Отсутствуют или представлены только малиной и бузиной) до 10 от 11 до 25 .. от 26 до 50 .. от 51 до 75 .. от 76 до 100 .. более 100..	0 1 2 4 6 8 10
5. Подрост, шт.экз./м ²	0 – 0,1 от 0,1 до 1 от 1 до 5 от 5 и более	0 1 5 10
6. Лесные виды в составе травянисто-кустарничкового яруса (доля в суммарном обилии травянисто-кустарничкового яруса), %	до 5 от 5 до 25 от 26 до 50 от 51 до 75 от 76 и более	0 1 3 5 10
7. Глубина лесной подстилки, см	до 1 от 1 до 2	1 2
8. Состав лесной подстилки	Хвоя или листва Хвоя и листва	1 2
9. Пни	Число пар на расстоянии друг от друга более 5 м 2 м – 5 м менее 2 м	За каждую пару пней 1 2 3
10. Валеж разных категорий (более 2 м в длину, диаметром от 8 см), шт.	Количество экземпляров, шт.	1 (за каждый экземпляр)
11. Расстояние до водоемов или переувлажненных участков (низины, ямы, канавы, заполняющиеся водой и т.п.), с которыми есть биотическое взаимодействие, м	Более 5, но биотического взаимодействия нет При наличии биотического взаимодействия более 5 от 2 до 5 менее 2	0 1 5 10
12. Старовозрастные деревья, шт.	Количество экземпляров	1 (за каждое дерево)

Примечание: Учет элементов в полевых условиях проводился на пунктах постоянных наблюдений (ППН) сети лесопатологического мониторинга размером в 0,05 га по всей площади, за исключением учета естественного возобновления. Последнее учитывалось на пробной площадке в 25 м², заложенной вокруг центрального дерева ППН с последующим пересчетом на плотность в шт. экз./м², а при редком или неравномерном размещении подраста – по всей площади

Значения индекса структурного разнообразия в лесных биогеоценозах, находящихся на разных стадиях рекреационной дигрессии

Стадия рекреационной дигрессии	Значения индекса
I	1,98 ; 2,0 ; 1,91 ; 1,88 ; 1,88
II	1,91; 1,87; 1,87; 1,88 ;1,96 ; 1,85; 1,90; 1,89; 1,89; 1,94; 1,91; 1,86;1,87; 1,94 ; 1,84
III	1,74; 1,74;1,8; 1,77; 1,73; 1,68; 1,70 ; 1,79; 1,83; 1,76; 1,76; 1,83; 1,83; 1,81; 1,74; 1,76; 1,75; 1,70; 1,67; 1,82; 1,72; 1,73; 1,74; 1,72; 1,83; 1,84; 1,82; 1,66; 1,84; 1,81; 1,82; 1,80; 1,72; 1,68
IV	1,62; 1,58;1,61; 1,70; 1,61; 1,58 ; 1,57; 1,7; 1,55; 1,50; 1,48; 1,47; 1,47; 1,45; 1,56; 1,48; 1,56
V	1,44; 1,45; 1,17; 1,40; 1,19; 1,23; 1,23; 1,32; 1,36; 1,45; 0,89; 1,41; 1,31

эмпирических данных по градациям признака-фактора (т.е. по стадиям рекреационной дигрессии). Высокое значение эмпирического корреляционного отношения (0,929) указывает на тесную связь изменений значений индекса структурного разнообразия с усилением рекреационной измененности биогеоценоза. Внутригрупповые вариации значений индекса, очевидно, обусловлены индивидуальными особенностями каждого объекта оценки, связанными с лесотипологической принадлежностью, возрастными особенностями сообществ и со своего рода «историей рекреационных нагрузок» на конкретный участок – продолжительностью и характером рекреационного воздействия.

Полезность использования индекса возрастает при регулярном мониторинге – создается возможность выявить тренд изменений в биогеоценозе, в том числе и оценить экологическую эффективность проводимых на территории хозяйственных мероприятий по ответным реакциям компонентов лесных экосистем. Последнее сейчас чрезвычайно актуально при экспертных оценках последствий мероприятий по благоустройству городских ООПТ. Но прикладное использование индекса структурного разнообразия в качестве экологического индикатора требует предварительного решения еще одной конкретной задачи – ранжирования значений индекса и их нормирования. А учитывая, что в урбанизированных условиях рекреационное воздействие является одной из составляющих блока антропогенных воздействий на природную среду, необходимо продумать еще один вопрос – как показатель рекреационной нару-

шенности интегрировать в состав комплексных показателей состояния экологического состояния территории. В результате анализа методов свертки экологической информации и нормирования значений экологических параметров [27–29] было сделано предположение, что этих целей можно попытаться достичь, используя метод построения обобщенной функции желательности (МФЖ).

МФЖ – это один из подходов к формализации субъективных неопределенностей в многокритериальных задачах, предложен С. Харрингтоном [30, 32]. Он представляет собой математический инструмент переводя реальных значений параметров в единую безразмерную числовую шкалу с фиксированными границами от 0 до 1 и последующего отображения частных количественных шкал в обобщенные шкалы критериев качества. Для преобразования частных откликов (рядов наблюдаемых значений параметров) в частные функции желательности используется экспоненциальная зависимость: $d = \exp(-\exp\{-y'\})$, где y' – кодированное значение признака. Она имеет несколько критических точек (ординаты точек перегиба, или базовые точки – в 0,2; 0,37; 0,63; 0,8, что позволяет задавать границы градаций желательности не произвольным, а строгим образом). Это дает возможность не только оценить абсолютные величины показателей, но и выявить, насколько они близки к области ухудшения, руководствуясь строгими интервальными диапазонами: от 0 до 0,20 («очень плохо»); от 0,20 до 0,37 («плохо»); от 0,37 до 0,63 («удовлетворительно»); от 0,63 до 0,80 («хорошо»); от 0,80 до 1,0 («хорошо»). Задача исследо-

Оценка тесноты связи между значениями индекса структурного разнообразия и уровнями рекреационной измененности лесных биогеоценозов

Стадия рекреационной дигрессии (группа)	Среднее значение индекса структурного разнообразия в группе \bar{H}_j	Количество единиц в группе N_j	Остаточная дисперсия, ε^2				Межгрупповая дисперсия, δ^2			
			$(\bar{H}_j - \bar{H})^2$	$\sigma^2 = C_j/N_j$	$\sum \sigma_j^2 N_j$	$\sum \sigma_j^2 N_j/N$	\bar{H}	$(\bar{H}_j - \bar{H})^2$	$\sum C N_j$	$\sum C N_j/N$
I	1,930	5	0,0128	0,00256				0,060812	0,304058	
II	1,892	15	0,017	0,001133				0,043514	0,652709	
III	1,764	34	0,1046	0,003076				0,006496	0,220876	
IV	1,560	17	0,1043	0,006135			1,683	0,015228	0,258869	
V	1,296	13	0,2975	0,022885				0,150079	1,951024	
Итого		84			0,5362	0,00638			3,387536	0,04032

Общая дисперсия $\sigma^2 = \frac{\sum (\bar{H} - H_j)^2}{N} = \frac{3,922067}{84} = 0,0467$; $\sigma^2 = \delta^2 + \varepsilon^2 = 0,04032 + 0,00638 = 0,0467$

Эмпирический коэффициент детерминации $\rho^2 = \varepsilon^2/\sigma^2 = 0,04032/0,0467 = 0,863$

Эмпирическое корреляционное отношение $\sqrt{\rho^2} = 0,929$

Статистическая оценка значений индекса структурного разнообразия

Вариация внутригрупповых значений индекса							Достоверность различий межгрупповых значений индекса			
Стадия рекреационной дигрессии (группа)	Среднее значение индекса в группе, \bar{H}_j	Количество единиц в группе N_j	$\sigma_j^2 = C_j/N_j$	σ_j	V	m_j^2	I-II	II-III	III-IV	IV-V
I	1,930	5	0,00256	0,05060	2,62	0,000512	d = 0,038			
II	1,892	15	0,001133	0,03366	1,78	0,0000755	$\sqrt{m_1^2 + m_2^2}$ 0,0242383 $t_{1-2} = 1,58$; $v = 18$ $t_{2-3} -9,94$ $\{2,1;3,1;3,0\}$ $v = 47$			
III	1,764	34	0,003076	0,05546	3,14	0,0000904		$\{2,0; 2,8; 3,5\}$	d = 0,204 $\sqrt{m_3^2 + m_4^2}$ 0,0608144	
IV	1,560	17	0,006135	0,07833	5,02	0,0003608			$t_{3-4} = 3,35$ $v = 49$ $\{2,0; 2,8; 3,5\}$	d = 0,264 $\sqrt{m_4^2 + m_5^2}$ 0,0460554 $t_{4-5} = 5,73$ $v = 28$ $\{2,1; 2,8; 3,7\}$
V	1,296	13	0,022885	0,15128	11,67	0,0017603				

Интервальная оценка значений индекса структурного разнообразия

Количественные отметки на шкале желательности и желательность значения отклика	Диапазоны значений индекса структурного разнообразия	Стадии рекреационной дигрессии
От 0,80 до 1,0: очень хорошо	От 1,85 и более	II– I
От 0,63 до 0,80: хорошо	От 1,70 до 1,85	III
От 0,37 до 0,63: удовлетворительно	От 1,55 до 1,70	III~–IV (ячеистая структура лесного фитоценоза)
От 0,20 до 0,37: плохо	От 1,45 до 1,55	IV
От 0 до 0,20: очень плохо	До 1,45	V

вателя в этом случае – выбрать из каждого ряда значений наблюдаемых параметров или индикаторных характеристик по два базовых значения и наилучшим образом подобрать им в соответствие значения из ряда базовых точек функции желательности (желательностей отклика). По этим точкам строятся уравнения частных функций желательности. Затем проводится построение обобщенного отклика, задаваемого как среднее геометрическое частных желательностей d_i

$$D = \sqrt[n]{d_1 \cdot d_2 \cdot \dots \cdot d_i},$$

где d_i – частная функция желательности ($i = 1 \div n$).

В случае со значениями индекса структурного разнообразия наиболее удачным оказался следующий вариант пары соответствия значений показателя базовым откликам желательности: 1,85 – 0,8 (перегиб «хорошо» – «очень хорошо») и 1,45–0,2 (перегиб «плохо» – «очень плохо»). Построенное по этим точкам уравнение выглядит следующим образом: $d = \exp[-\exp(7,639 - 4,940 y_2)]$

Полученные на основе уравнения интервальные диапазоны значений индекса приведены в табл. 5

Полученные диапазоны значений согласуются с результатами статистической обработки эмпирических значений индекса (табл. 4) и реальной ситуацией в природе. Так, не выявлено статистически достоверных различий в уровнях значений индекса для участков леса, находящихся на первой и второй стадии рекреационной дигрессии. Этого и следовало ожидать – нарушение структурного разнообразия на второй стадии рекреационной дигрессии несущественно, для го-

родского леса это фактически оптимальный вариант сохранности лесной среды.

Следующий важный момент – выделение переходного кластера между третьей и четвертой стадиями рекреационной дигрессии – диапазон 0,37–0,63 на шкале желательности (табл. 5). На его существование указывает встречаемость нескольких одинаковых значений индекса как в варианте третьей стадии рекреационной дигрессии, так и четвертой (в табл. 2 эти значения подчеркнуты). В результатах статистической оценки различий значений показателя (табл. 4) это положение отражается в отсутствии достоверных различий только для высшего порога вероятности в 0,999. В действительности такое пограничное положение соответствует лесным биогеоценозам с ячеистой структурой, где площадь сбоя напочвенного покрова уже достаточно велика, но видовой состав травяно-кустарничкового яруса все-таки еще преимущественно типично лесной (рис. 1). Это, как уже упоминалось выше, характерно для участков широколиственного леса с изначально сомкнутым древостоем, при условии, что усиление светового режима прогрессирует медленно в отсутствие заметных вывалов деревьев. В осветленных же лесах значения индекса структурного разнообразия могут находиться в переходном диапазоне III~ IV за счет сохранения или даже восстановления отдельных биогрупп подрост/подлеска (при прекращении или заметном снижении рекреационного воздействия) при олуговении напочвенного покрова, близком к 50 % уровню. Такое положение может довольно длительно сохраняться в условиях умеренных рекреаци-

Динамика структурного разнообразия и состояния древостоя в ельнике Кунцевской дачи (по данным пробных площадей)

№ ППН	Индекс структурного разнообразия/ состав древостоя/ индекс состояния древостоя		
	2005	2008	2012
208	1,79 /6ЕЗБ1Лп + С,Ос / 7,74	1,69 /7ЕЗБ+ Лп,С,Ос/ 8,63 *(ВСР, уменьшение количества экз. подроста и подлеска, тенденция к уменьшению доли лесных видов в ТРЯ)	1,68 /8Е2Б+ Лп,С,Ос / 6,95 (дальнейшее изреживание древостоя, ВСР, незначительное разрастание подлеска)
213	1,78 /5Е5Б+ С,Лп,Кло/ 8,98	1,70 /5Е5Б+Лп, Кло/ 8,89 (ВСР, тенденция к уменьшению доли лесных видов в ТРЯ)	1,55 5Е5Б+Лп, Кло /8,85 (единичный отпад деревьев, ВСР с измельчением пней в щепу, прогрессирующее осветление ТРЯ)
214	1,68 /4БЗС2Лп1Е / 8,18	1,76 /4БЗС2Лп1Е/ 7,94 (ВСР (сухой ели) незначительное разрастание подлеска и небольшое увеличение доли лесных видов в ТРЯ)	1,71 4С4Б2Е+Лп / 6,97 (ВСР, снижение полноты древостоя, снижение доли благонадежного подроста)
215	1,43 /4БЗЕ2С1Лп /8,21	1,61 /4ЕЗБ2С1Лп / 7,88 (Снижение посещаемости участка, разрастание подлеска, появление единичного подроста из числа аборигенных видов)	1,61/5Е2С2Б1Лп / 7,64 (Выпадение отдельных деревьев, ВСР, усиление внедрения под полог интродуцентов и увеличение их доли в подросте)
216	1,72 /7Б2Лп1Е+С / 7,1	1,76 /7Б2Лп1Е+С / 6,84 (ВСР, незначительное увеличение благонадежного подроста)	1,69 /7Б2Лп1Е+ / 7,1 (выпадение отдельных деревьев, ВСР, увеличение доли интродуцентов в подросте)

Примечания: * в скобках конкретизируются изменения в структурном разнообразии, наиболее отразившиеся на изменении значения индекса

онных нагрузок, сопровождаясь, однако, постепенным обеднением лесной среды в отсутствии специальных мероприятий. Последнее усугубляется еще и тем, что на последствие рекреации накладываются и другие факторы дестабилизации. В качестве примера можно привести данные по динамике лесной среды (табл. 6), полученные на пунктах постоянных наблюдений (ППН) в Волынском лесу (ельник Кунцевской дачи). Основу древостоев в лесном массиве составляет ель – культуры ели обыкновенной, высаженные начале 50-х гг. прошлого века под пологом редины смешанного леса. В насаждении имеет место естественный патогенный фон возбудителей корневых гнилей (опенка и корневой губки), и периодически регистрируется биогрупповое и куртинное усыхания ели. На настоящее время они пока что приурочены к участкам с нарушенным естественным рельефом (места прокладки коммуникаций, дорог), в краевой

зоне по границе с шоссе. Интенсивно выпадают березы, главным образом, подошедшие к естественному возрастному пределу, в свое время естественным образом внедрившиеся в культуры и в окна вывалов. Периодически проводятся санитарные мероприятия. Режим осветленного леса в целом по лесному массиву прогрессирует.

Следует подчеркнуть, что, ориентируясь на 5-ти стадийную шкалу, большинство исследователей считает, что граница устойчивости леса проходит между 3-й и 4-й стадиями рекреационной дигрессии, когда в результате гибели подроста лес утрачивает способность к возобновлению [22]. Хотя, как замечает Л.П. Рысин [10], способность к естественному возобновлению не всегда может быть надежным критерием сохранности лесной среды – древостой в данный период своего развития может быть и не ориентированным на возобновление. Поэтому отслеживание и фиксация

приближения насаждения к опасной черте с помощью интегрального экологического показателя, которым и является индекс структурного разнообразия, представляются полезными в практическом отношении.

Принципы методического подхода к интегрированию значений индекса структурного разнообразия в комплексный показатель состояния лесных экосистем в урбанизированных условиях наряду с другими экологическими индикаторами, в том числе и с показателями состояния абиотической среды, обоснованы в работе [31].

Библиографический список

1. Миркин Б.М. Современная наука о растительности / Б.М. Миркин, Л.Г. Наумова, Ф.Н. Саломещ. – М.: Логос, 2002. – 264 с.
2. Жигарев И.А. Мелкие млекопитающие рекреационных и естественных лесов Подмосковья / И.А. Жигарев. – М.: Прометей, 2004. – 294 с.
3. Ланина В.В. Лесовосстановительные процессы в лесонасаждениях, нарушенных рекреацией, и индикация их состояния / В.В. Ланина // Биоиндикация состояния лесопаркового пояса Москвы. – М.: Наука, 1982. – С. 35–40.
4. Полякова Г.А. Антропогенная трансформация и разнообразие естественных и искусственных рекреационных насаждений московского региона / Г.А. Полякова: дисс. в виде научного доклада.... докт. биол. наук. – М.: МГУ имени М.В. Ломоносова, 2005. – 52 с.
5. Лукьянов В.М. Предельно допустимые рекреационные нагрузки в лесах зон Нечерноземья / В.М. Лукьянов // Лесное х-во. – 1986. – № 3. – С. 20–23.
6. Патога М.А. Закономерности трансформации дендроземов в урбаногенной среде на примере Нижнего Новгорода / М.А.: Патога: дисс. канд. техн. наук. – Нижний Новгород, 2001 – 177 с.
7. Рысин С.Л. Изучение и оценка рекреационного потенциала лесопарковых ландшафтов как составная часть их экологического мониторинга / С.Л.Рысин, Н.В.Шаповалова // Мониторинг состояния лесных и городских экосистем. – М.: МГУЛ, 2004. – С. 15–30.
8. Мониторинг рекреационных лесов (коллектив авторов) – М.: ОНТИ ПНЦ РАН, 2003.–170.
9. Мониторинг состояния лесных и городских экосистем / Под ред. В.С. Шалаева, Е.Г.Мозолева. – М.: МГУЛ, 2004. – 235 с.
10. Рысин Л.П. Рекреационное лесопользование – современная ситуация и перспективы / Л.П. Рысин // Стационарные исследования влияния рекреации на лесные биогеоценозы. Ин-т лесоведения РАН – Тула: Гриф и К., 2008. – С.5–39.
11. ОСТ 56–84–85 «Использование лесов в рекреационных целях. Термины и определения». Утвержден приказом Госкомлеса СССР от 29.11.1985 г. № 180
12. ОСТ 56–100–95 «Методы и единицы измерения рекреационных нагрузок на лесные природные комплексы». Утвержден приказом Рослесхоза от 20.07.1995 г. № 114
13. Временная методика определения рекреационных нагрузок на природные комплексы при организации туризма, массового повседневного отдыха и временные нормы этих нагрузок. Утверждена Гослесхозом СССР, 1987
14. Карписонова, Р.А. Дубравы лесопарковой зоны Москвы / Р.А. Карписонова. – М.: Наука, 1967. – 104 с.
15. Чижова В.П. Определение допустимой рекреационной нагрузки (на примере дельты Волги) /В.П. Чижова // Вестник МГУ. Серия 5. География. – 2007 а. – № 3. – С. 31–36.
16. Таран И.В. Эколого-биологические основы рекреационного использования лесов Западной Сибири / И.В. Таран: автореф. дисс....докт. биол. – Красноярск, 1980. – 47 с.
17. Эмсис И.В. Эколого-функциональные основы прикладного изучения лесов рекреационного значения (на примере Литовской ССР) / И.В. Эмсис: автореф. дисс....канд. биол. наук. – М., 1986. – 19 с.
18. Ланина В.В. Оценка состояния и динамики лесных биогеоценозов природно-исторического заповедника-леспаркхоза «Горки» под воздействием рекреационных нагрузок / В.В. Ланина, Н.С. Казанская // Мониторинг состояния природно-культурных комплексов Подмосковья. – М.: ВНИИЦ-лесресурс, 2000. – С. 104–106.
19. Дыренков С.А. Выявление основной стадии рекреационной деградации пригородных лесов / С.А. Дыренков, С.Н. Савицкая // Дендрохронологические исследования в СССР. – Архангельск, 1978 – С. 163–164.
20. Цареградская С.Ю. Динамика основных компонентов лесных биогеоценозов под влиянием рекреации / С.Ю. Цареградская // Лесное х-во. – 1982. – № 2. – С. 59–60.
21. Репшас Э.А. Определение рекреационных нагрузок и стадии дигрессии леса / Э.А. Репшас // Лесное х-во. – 1978. – № 12. – С. 22.
22. Тарасов А.И. Рекреационное лесопользование / А.И. Тарасов.– М.: Агропромиздат, 1986 – 176 с.
23. Репшас Э.А. Оптимизация рекреационного лесопользования (на примере Литвы) / Э.А. Репшас – М.: Наука, 1994. – 240 с
24. Беднова О.В. Мониторинг биоразнообразия лесных и урбозем / О.В. Беднова // Мониторинг состояния лесных и городских экосистем:

- под ред. В.С. Шалаева, Е.Г. Мозолева. – М.: МГУЛ, 2004. – С. 39–51.
25. Беднова О.В. Структурное разнообразие лесных биогеоценозов как параметр лесоэкологического мониторинга на городских особо охраняемых территориях / О.В.Беднова // Лесной вестник. – 2009. – № 5 (68). – С. 182–191.
 26. Беднова О.В. Структурное разнообразие лесных экосистем как индикатор их нарушенности и основа для природоохранного планирования пространства городских ООПТ/ О.В. Беднова // Вестник МГУЛ – Лесной вестник, 2012. – № 9 (92). – С. 16–29.
 27. Воробейчик Е.Л. Экологическое нормирование техногенных загрязнений / Е.Л. Воробейчик, О.Ф. Садыков, М.Г. Фарафонов.– Екатеринбург: Наука, 1994.– 280 с.
 28. Левич А.П. Теоретические и методические основы технологии регионального контроля природной среды по данным экологического мониторинга / А.П. Левич, Н.Г. Булгаков, В.Н. Максимов.– М.: НИА–Природа, 2004. – 271 с.
 29. Шитиков В.К. Оценка биоразнообразия: попытка формального обобщения / В.К. Шитиков, Г.С. Розенберг // Количественные методы экологии и гидробиологии.– Тольятти: ИЭВБ РАН, 2005. – С. 91– 129.
 30. Ахназарова С.Л. Методы оптимизации эксперимента в химической технологии / С.Л. Ахназарова, В.В.Кафаров.– М.: Высшая школа, 1985.– 327 с.
 31. Беднова О.В. К алгоритму оптимизации многокритериальной оценки состояния лесных экосистем на урбанизированных территориях / О.В. Беднова, В.А.Кузнецов // XIII Международная научно-техническая Интернет – конференция «Лес-2012». – Брянск: БГИТА. – <http://science-bsea.bgita.ru>
 32. Harrington E.C. Desirability function and its application /E.C. Harrington // Industrial Quality Control. – 1965.–V. 21 – № 10. – P.49.

УНИКАЛЬНЫЙ ОПЫТ СОЗДАНИЯ ИСКУССТВЕННЫХ НАСАЖДЕНИЙ ДЛЯ РЕКРЕАЦИОННОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

С.Л. РЫСИН, доц., ФГБУ науки Главный ботанический сад им. Н.В. Цицина Российской академии наук, канд. биол. наук

ser-rysin@yandex.ru

Важнейшим условием существования лесов является непрерывное возобновление их основного компонента – древесной растительности. Под пологом древостоя формируется лесная среда, создаются благоприятные условия для существования подлеска, травянистых растений, мхов и лишайников, специфической лесной фауны... Как правило, здоровый лес способен к успешному самовосстановлению. Тем не менее, в ряде случаев возникает необходимость участия в этом процессе человека, который стремится повернуть лесовосстановление в нужном для себя направлении. Иногда оказывается достаточным лишь относительно небольшое вмешательство, которое заключается в выборе того или иного способа рубки, сохранении семенных деревьев и подроста хозяйственно ценных пород, обеспечении условий для лучшего прорастания семян. Но для восстановления леса с нужными человеку характеристиками зачастую требуется создание искусственных насаждений – лесных культур.

Лесокультурное дело в России имеет трехвековую историю, его основы были заложены еще при Петре I. Казалось бы, за это время специалисты должны были до мелочей проработать практически все аспекты искусственного лесовыращивания. Однако в последние десятилетия перед лесоводами возникли новые проблемы, связанные с необходимостью создания искусственных насаждений на урбанизированных территориях, в зеленых зонах больших городов. Можно с уверенностью говорить о том, что это направление работ станет особенно актуальным уже в ближайшем будущем, после воплощения в жизнь проекта «Большая Москва», предусматривающего увеличение площади столицы более чем в 2,5 раза. Очевидно, что Москва после расширения встанет в один ряд с крупнейшими мегаполисами мира, которыми сейчас являются Нью-Йорк, Токио, Лондон и Париж. При этом в сферу влияния города попадает значительное количество лесных массивов. Несмотря на формальный статус

особо охраняемых природных и городских озелененных территорий, лесопарков и др., они будут подвергаться все возрастающему антропогенному воздействию. Сохранить эти лесные массивы можно лишь путем создания искусственных насаждений.

Помимо этого, сегодня на повестке дня стоит масштабная задача восстановления лесов московского региона, погибших во время пожаров летом 2010 г., а также в результате массового размножения короеда-типографа. К сожалению, ныне не существует единой и научно обоснованной точки зрения на то, какими должны быть леса на урбанизированных территориях. Приблизиться к решению этой проблемы можно путем изучения и анализа уникального опыта, накопленного отечественными лесоводами.

Лесопарковый защитный пояс (ЛПЗП) Москвы был создан в 1935 г.; первоначально в него были включены лесные массивы общей площадью около 23 тыс. га, которые должны были защищать столицу от влияния неблагоприятных факторов, а также стать резервуаром чистого воздуха и местом массового отдыха населения. Сразу же начались работы по созданию лесных культур; упор делался на формирование однопородных («чистых») хвойных лесов, но наряду с этим проводились посадки с достаточно разнообразным ассортиментом древесных и кустарниковых пород; применялись различные схемы их смешения и густота (5).

В начале 1950-х гг. специалисты пришли к выводу о явной непригодности для условий лесопарков традиционных типов лесных культур с рядовой посадкой и простыми схемами смешения компонентов. В публикациях тех лет отмечалась огромная важность правильного выбора главных пород, наиболее ценных в санитарно-гигиеническом и эстетическом отношении. В условиях Московской области с лесохозяйственной точки зрения выгоднее всего сажать ель. Но в лесопарках создание чистых еловых массивов (сырых, мрачных и монотонных) нежелательно, так как они мало подходят для массового отдыха. Поэтому предпочтение следовало бы отдавать сосне, лиственнице, дубу, клену остролист-

ному и липе. Тогда же была сформулирована идея о необходимости создания в пригородных лесах так называемых ландшафтных посадок, представляющих собой систему различных видов декоративного озеленения, объединенных развитой и благоустроенной дорожно-тропиночной сетью.

К настоящему времени на территории ближнего Подмосковья в той или иной степени сохранились лишь несколько участков ландшафтных посадок. Наиболее интересен большой массив искусственных насаждений, созданный в начале 1950-х гг. в северной части Мытищинского леспаркхоза (ныне это Мытищинский лесопарк национального парка «Лосиный остров»). Лесовод В.Г. Барков писал о том, что после войны на месте Мытищинского лесопарка остались «огромные пустыри с торчащими среди бурьяна и сорняков высокими пнями». Лесоустроители, проводившие в 1945 г. инвентаризацию подмосковных лесов, написали в отчете: «Требуются героические усилия, чтобы превратить эти площади в зеленые и ценные в лесопарковом отношении. Если восстановительную работу удастся осуществить, то это будет равносильно трудовому подвигу» (1).

В 1950 г. было принято решение приступить к созданию ландшафтных посадок на месте сплошных лесосек военного времени. В распоряжении немногочисленного коллектива работников Мытищинского лесопарка не было ни техники, ни достаточного количества посадочного материала, ни опыта проектирования и организации столь масштабных лесопосадочных работ.

В работе над планом реконструкции насаждений зеленой зоны Москвы активное участие принимал ландшафтный архитектор М.П. Коржев. Совместно со специалистами лесного хозяйства он разрабатывал проекты экспериментальных посадок на территории Клязьминского лесопарка и Лосиноостровского лесного массива. В знак признания его заслуг лесопарковые культуры на окраине г. Королева и сегодня нередко называют «коржевскими». Между тем есть все основания утверждать, что перспективный проект как раз этих ландшафтных культур был состав-

лен инженерно-техническими работниками Мытищинского лесопарка под руководством Д.Н. Маринина, который в те годы был помощником заведующего лесопарком.

Д.Н. Маринин (3,4) подробно описал, как проектировались и создавались эти посадки. Несколько суховатый стиль автора не может скрыть его гордости за коллег, совершивших настоящий профессиональный подвиг.

Проектировщики руководствовались двумя основными положениями:

1) насаждения лесопарка должны быть устойчивыми, долговечными и красивыми;

2) в лесопарке не должно быть надуманной экзотики, причудливости, что могло бы внести диссонанс в красоту родной природы и обесценить ее.

Для решения поставленных задач в состав насаждений вводили сосну, ель, лиственницу сибирскую, липу, березу, дуб, вяз гладкий, клен остролистный, рябину, черемуху и многие виды кустарников. При этом учитывали декоративные особенности насаждений того или другого состава – окраску их хвои и листьев, форму стволов и крон, сезонные особенности и др. Всего было предложено 27 базовых схем ландшафтных посадок из девяти древесных пород, которыми пользовались как конструктивными «детальями» или «блоками».

В северо-восточной части лесопарка, наиболее удаленной от дорог и населенных пунктов, формировались ландшафты закрытого типа. Там были созданы чистые по составу посадки лиственницы сибирской, а также ельник и сосновый бор, разделенные смешанными сосново-елово-лиственничными и березово-сосново-еловыми древостоями.

Группу кварталов общей площадью около 100 га на северо-западе лесопарка отвели под ландшафты полуоткрытого типа. Расположенная на подъездных путях из Москвы и в непосредственной близости к городской застройке г. Калининграда (ныне г. Королев), эта территория представляла в то время особый интерес для посетителей лесопарка, «являясь как бы его аванзалом». Особо ответственным моментом работы стало опти-

мальное пространственное размещение по участку насаждений разного породного состава и декоративных полян.

Со стороны городской застройки за проектировали мощную защитно-маскирующую полосу. Границы между полянами и насаждениями во всех случаях были «решены свободно идущими линиями, которые меняли свое направление, подчиняясь общему композиционному замыслу и стремлению проектировщиков придать им естественность».

Важнейшим элементом полуоткрытого ландшафта стала большая поляна, которая открывала пространственную перспективу и обеспечивала хорошее освещение ландшафта «с вариантами интенсивности света на северных и южных опушках». Поляна должна была привлекать внимание «зеленью ковра своего травостоя и расцветками луговых цветов».

Все проектные решения были детально продуманы, о чем очень выразительно написал в своих статьях Д.Н. Маринин. «Более темная, чем у сосны, окраска хвои ели, особенно при готике форм ее кроны, рельефно подчеркивается на фоне соснового леса и в свою очередь создает интересный в декоративном отношении фон для опушечных светлозеленых лиственных насаждений». Учитывались также различия в высоте разных видов деревьев. «Если смотреть с центральной поляны, этот фрагмент ландшафта представит интересный зеленый амфитеатр насаждений различных декоративных форм и окрасок».

С особой тщательностью прорабатывалось декоративное оформление опушек лесных участков. «Южные солнечные опушки в основном составлены из лиственных древостоев, в оформлении северных преобладают ельники. Опушки лиственных насаждений, будучи освещенными солнцем, всегда выигрывают в своей декоративности благодаря игре светотеней в ажурно-кружевной листовой поверхности их крон; темная же зелень ели будет выигрывать на северных теневых опушках».

Непосредственно примыкавший к городу квартал площадью 21 га решили превратить в небольшой пригородный парк. С севера и востока был запроектирован ряд

входов в парк таким образом, что основные магистральные аллеи стали естественным продолжением улиц города. Дорожно-тропиночная сеть располагалась радиально и концентрически. Композиционным центром парка стала небольшая поляна, на которой сходились все радиально расположенные дороги-аллеи. На этой поляне была устроена клумба, окаймленная декоративными посадками из акации белой, груши, голубой формы ели колючей, клена полевого и бордюром из пузыреплодника калинолистного. Вся площадь между дорогами и тропинками была занята насаждениями различного состава и формы из местных пород. Характерно, что из-за отсутствия более декоративного крупномерного посадочного материала для производства посадок предполагалось использовать сеянцы.

Вскоре после начала масштабных лесопосадочных работ лесоводы столкнулись с серьезными помехами (1). Прожорливые личинки майского хруща, во множестве обитавшие в суглинистой почве лесопарка (до 50 на 1 м²), подгрызали корни сеянцев, что приводило к массовой гибели молодых растений. Отсутствие машин и орудий для агротехнических уходов делало практически невозможной борьбу с сорняками, буйно разраставшимися и заглушавшими молодые посадки. Найденное решение проблем было вполне в духе времени, когда людей объединяли энтузиазм и добрая воля. Работники лесопарка обратились за помощью к местным жителям и предложили тем ухаживать за лесом, выращивая картофель в междурядьях культур. За тысячами горожан закрепили участки, «на которых они выращивали картофель себе, а лес государству».

Идея совмещения лесных посадок и пропашных культур оказалась исключительно удачной – сорняки быстро исчезли. Победу над майским хрущом помогли одержать школьники – они развесили в лесу скворечники, в которых селились птицы, активно уничтожавшие вредных насекомых. Уже через три-четыре года зараженность личинками майского хруща сократилась в 10 раз; а после смыкания крон деревьев отпала необходимость борьбы с сорняками и личин-

ками вредителей. Через полтора десятка лет после начала работ люди получили замечательную возможность увидеть плоды своих трудов, гуляя по дорожкам в тени «своего» леса (1). Не случайно в середине 1960-х гг. Мытищинский лесопарк был исключительно популярным местом отдыха местных жителей (2).

К сожалению, сейчас этот уникальный лесной массив в значительной степени утратил привлекательность. Интересно, что до настоящего времени неплохо сохранилась оригинальная планировка лесопарка, которая хорошо просматривается даже на космическом фотоснимке. Существует и используется посетителями значительная часть дорог и троп, устроенных при закладке объекта; во многом сохранили свою декоративность самые большие поляны.

Однако далеко не все так благополучно обстоит с самими лесными культурами. Дело в том, что при проектировании этих посадок не прогнозировались перспективы их дальнейшего роста с учетом особенностей взаимовлияния входящих в них пород. Между тем, именно такой подход должен быть определяющим при создании искусственных насаждений на урбанизированных территориях. Наибольшим изменениям подверглись ландшафтные культуры и декоративные посадки паркового типа. Без должного ухода они распались менее чем через два десятилетия после закладки и на их месте сформировались самосевные березняки. Не увенчалась успехом и попытка создания сложных культур с березой в качестве главной породы. Практически на всех участках береза намного обогнала в росте своих спутников и вытеснила их из состава насаждений. Сосна и вяз безнадежно отстали в росте и постепенно «уходят» из состава насаждения. На месте рядов давно выпавшего тополя естественно сложились дорожки, по которым и перемещаются посетители лесопарка. Впрочем, тополь исчез из состава культур и почти на всех других участках, его место заняла либо самосевная береза, либо густой подлесок, состоящий из кустарников (дерена белого, спиреи калинолистной и акации желтой). Чистые по составу культу-

ры лиственницы, ели, дуба и вяза в этих условиях также не отличаются успешным ростом и высокой рекреационной привлекательностью. Лучшими показателями роста и декоративности здесь отличаются чистые культуры сосны. Весьма эффектно смотрятся в любое время года немногие сохранившиеся декоративные группы (5).

Сегодня над ландшафтными посадками Мытищинского лесопарка нависла новая опасность. Время от времени в прессе появляются сообщения о том, что на месте «коржевских культур» предполагается строительство многоэтажных жилых домов. Думается, что этот уникальный лесопарковый массив заслуживает лучшей участи и вполне может быть объявлен памятником природно-культурного наследия России.

Библиографический список

1. Барков В.Г. Лес на пустыре / В.Г.Барков // Природа. – 1962. – № 7. – С. 68–73.
2. Левин В.С. О развитии лесопаркового пояса / В.С. Левин // Городское хозяйство Москвы. – 1963. – № 7. – С. 36–39.
3. Маринин Д.Н. Опыт создания ландшафтных лесопарковых культур / Д.Н. Маринин // Лесное хозяйство. – 1952. – № 5. – С. 36–44.
4. Маринин Д.Н. Опыт строительства лесопарковых ландшафтов / Д.Н. Маринин // Жилищно-коммунальное хозяйство. – 1954. – № 7. – С. 21–26.
5. Рысин С.Л. Динамика и рекреационный потенциал искусственных насаждений на урбанизированных территориях / С.Л. Рысин // Динамика и устойчивость рекреационных лесов. – М.: Т-во научных изданий КМК, 2006. – С. 142–164.
6. Санаева Т.С. Деградация травянистой растительности на объектах озеленения города / Т.С. Санаева // Вестник МГУЛ – Лесной вестник. – 2012. – № 1 (84). – С. 175–180.

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ЛЕСНЫХ СООБЩЕСТВ НА ЗАБРОШЕННЫХ СЕНОКОСАХ В НЕРУССО-ДЕСНЯНСКОМ ПОЛЕСЬЕ (БРЯНСКАЯ ОБЛАСТЬ)

А.В. ГОРНОВ, *заместитель директора по науке ЦЭПЛ РАН, канд. биол. наук*

aleksey-gornov@yandex.ru

Сенокошение и выпас в долинах лесных рек многие века способствовали формированию и поддержанию внутрилесных лугов [7, 11]. Однако системный кризис, который охватил нашу страну в начале 90-х гг. XX в., стал причиной массового оставления сенокосных и пастбищных угодий. Это привело к повсеместному зарастанию лугов древесной растительностью и появлению на их месте лесных сообществ [5]. В связи с этим в работе поставлена цель – описать особенности формирования лесных сообществ на заброшенных сенокосах.

Материал собран на зарастающих внутрилесных лугах Неруссо-Деснянского полесья (НДП). Предпочтение отдано этим сообществам, поскольку они в меньшей степени пострадали от механизированной обработки и сохранили природные механизмы поддержания биологического разнообразия. НДП расположено в бассейне среднего течения реки Десна в юго-восточной части Брянской области. В

ботанико-географическом плане район принадлежит Полесской подпровинции Восточноевропейской широколиственной провинции [9]. В работе использованы геоботанические и статистические методы. При описании сообществ заложено 55 квадратных площадок по 100 кв. м. На всех площадках составлялся полный флористический список. Ценотическая значимость каждого вида оценивалась в баллах по шкале Ж. Браун-Бланке [6]. Латинские названия сосудистых растений даны по С.К. Черепанову (1995). При анализе рассматривались видовое и эколого-ценотическое разнообразие исследуемых сообществ. Для выделения сходных групп геоботанических описаний, принадлежащих к разным вариантам сообществ, применялась ординация. Для ординации применен метод бестрендового анализа соответствий (DCA, Detrended Correspondence Analysis). Этот метод эффективно работает с гетерогенными данными геоботанических описаний [4]. Для расчетов использовали пакет PC-ORD.

До начала 90-х гг. XX в. большую часть исследуемых сообществ интенсивно косили. В последующие годы одни луга косили регулярно, а другие – забросили. Это стало причиной зарастания части ценозов (рис. 1).

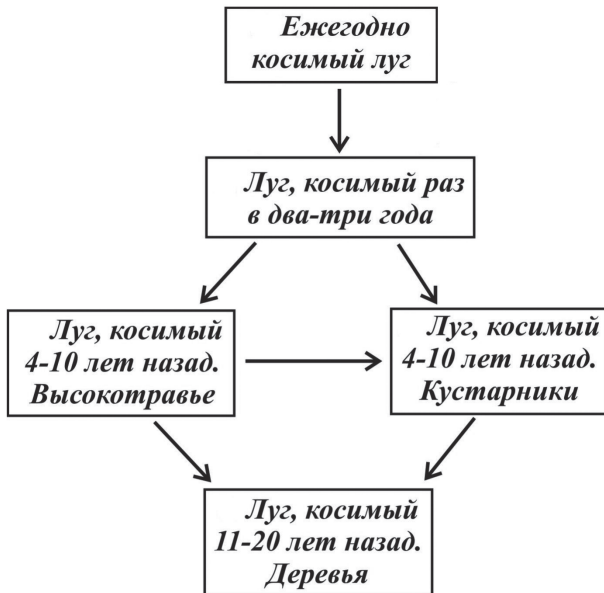


Рис. 1. Схема зарастания заброшенных сенокосов древесной растительностью

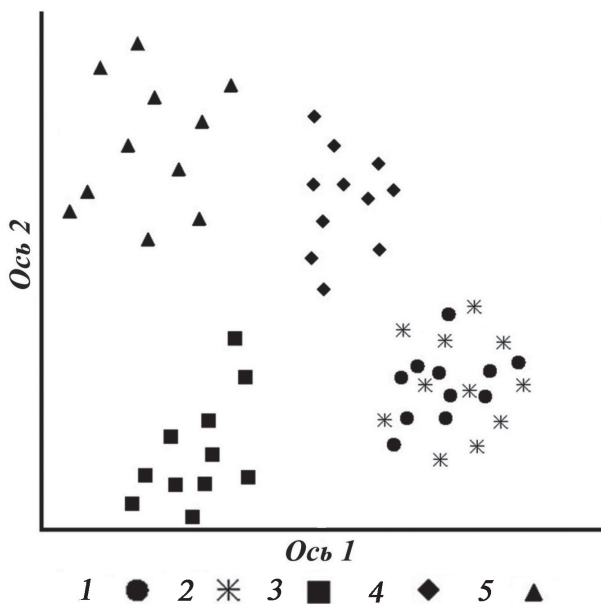


Рис. 2. Результаты DCA-ординации геоботанических описаний лугов разных стадий зарастания в осях наибольшего варьирования флористического состава. 1 – описания ежегодно косимых лугов; 2 – описания лугов, косимых раз в два-три года; 3 – описания лугов, заросших кустарниками и подростом деревьев; 4 – описания лугов, заросших деревьями; 5 – описания лугов, заросших высокотравьем

К моменту исследования сформировалось несколько вариантов сообществ разных стадий зарастания древесной растительностью: ежегодно косимые луга; луга, косимые раз в 2–3 года; луга, заросшие высокотравьем; луга, заросшие кустарником и подростом деревьев; луга, заросшие деревьями. Ординация описаний этих сообществ четко разделила их на группы (рис. 2). Рассмотрим эти сообщества подробнее.

Ежегодно косимые луга характеризуются отсутствием сформированного древесного яруса. Кустарники и деревья и представлены единичными ювенильными (*j*) и иматурными (*im*) особями анемохорных видов (*Betula pubescens*, *Salix cinerea* и др.), которые приживаются по зоогенным нарушениям. Конкурентное высокотравье (*Carex acuta*, *Filipendula ulmaria*, *Scirpus sylvaticus*), характерное для влажных лугов, не развивает максимальных размеров из-за сдерживающего влияния сенокоса. В травяном ярусе доминируют травы относительно небольших размеров: *Carex nigra*, *Geum rivale* и др., высота которых 0,4–0,5 м. Ежегодно косимые луга отличаются относительно высоким флористическим разнообразием: минимальное число видов на площадке 41, а максимальное – 45 (табл. 1). Флористическое разнообразие определяется несколькими причинами. Во-первых, на таких лугах конкурентные травы еще не достигают максимальных размеров, не формируют ценогически замкнутых группировок, и, следовательно, не угнетают слабоконкурентные растения. Во-вторых, здесь отмечена высокая активность роющих животных (кабанов, муравьев, мышевидных грызунов и др.). В результате их деятельности формируются микросайты, которые способствуют повышению флористического разнообразия сообществ [2] и приживанию молодого поколения древесных видов [1]. В экологическо-ценотической структуре преобладают влажно-луговые растения. На их долю приходится больше половины спектра (рис. 3). Участие лесных видов незначительно.

Луга, косимые раз в два–три года. При отсутствии сенокоса 2–3 года формируются сообщества с общим проективным

Флористическое разнообразие сообществ разных стадий зарастания

Показатели флористического разнообразия	Варианты сообществ				
	1	2	3	4	5
Видовая насыщенность					
Минимальное число видов на площадке	41	34	15	35	30
Максимальное число видов на площадке	45	40	20	42	36
Среднее число видов на площадке	43	37	18	37	33
Среднее квадратичное отклонение	1,5	1,8	1,6	2,3	1,8
Видовое богатство					
Число видов на 11 площадках	83	63	39	78	69

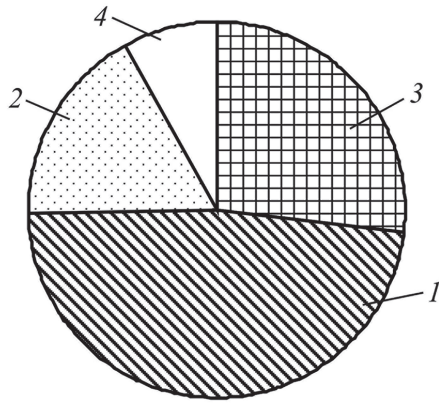
Примечание. 1 – ежегодно косимые луга; 2 – луга, косимые раз в два–три года; 3 – луга, заросшие высокотравьем; 4 – луга, заросшие кустарниками и подростом деревьев; 5 – луга, заросшие деревьями

покрытием яруса трав 90–100 % и высотой 0,5–0,9 м. Ординация геоботанических описаний показала, что по общему флористическому составу эти сообщества сходны с ежегодно косимыми лугами (рис. 2). Однако они различаются даже невооруженным глазом: на них местами начинает доминировать конкурентное высокотравье (*Carex acuta*, *Filipendula ulmaria*). За два–три года оно успевает набрать конкурентную мощь, достигнув больших размеров. Древесные растения (*Betula pubescens*, *Salix cinerea*, *S. aurita*, *S. rosmarinifolia*) успевают перейти в *im* онтогенетическое состояние, прежде чем будут срезаны косой. Минимальное число видов на площадке 34, а максимальное – 40. Здесь также преобладают влажно-луговые травы. Соотношение остальных эколого-ценотических групп такое же, как и при ежегодном сенокосении.

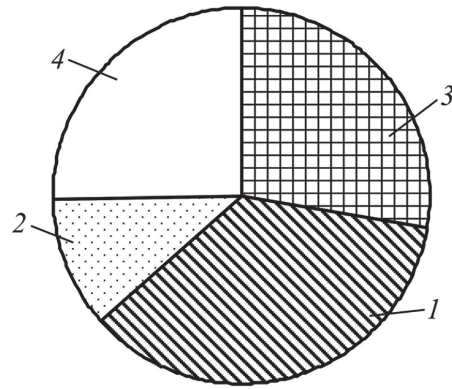
Луга, заросшие высокотравьем. При отсутствии сенокосения в течение 4–10 лет луга могут зарости высокотравьем *Filipendula ulmaria* и *Carex acuta*. Его покрытие достигает 100 %, а высота – 1,5–2,0 м. Высокотравье захватывает всю территорию, если на луга не приходят кабаны и не перерывают их напочвенный покров. Разросшееся высокотравье не дает прижиться новому поколению кустарников и деревьев и даже может вытеснить *j* и *im* особи, которые внедрились на луг раньше. Под пологом высокотравья освещенность на уровне трав относительно небольших размеров составляет 2–3 % от полной. Луга, заросшие высокотравьем, отличаются самым низким флористическим разнообразием. Ми-

нимальное число видов на площадке – 15, а максимальное – 20. Низкое флористическое разнообразие лугов, заросших высокотравьем, определяется отсутствием сенокосения. Это дает возможность конкурентным видам трав (*Carex acuta* и *Filipendula ulmaria*) разрастись и сформировать ценотически замкнутые группировки, которые могут длительно удерживать территорию за счет замены отмирающих парциальных побегов молодыми отбегам. Например, для взрослых особей *Filipendula ulmaria* характерна подземная часть, состоящая из ветвящихся корневищ, от которых отходят парциальные побеги. В основании парциальных побегов расположены многочисленные почки возобновления, из которых могут развиваться новые побеги. Замкнутые группировки вытесняют слабоконкурентные травы и не дают внедряться новым растениям. Кроме того, сомкнутое высокотравье мало привлекательно для кабанов. Они перерывают не более 1 % площади. Это в 15 раз меньше, чем в косимых сообществах. Маршрутные наблюдения показали, что размеры лугов, заросших высокотравьем, в настоящее время составляют от тысячи квадратных метров до нескольких гектар. На этой громадной площади исчезают популяции многих луговых видов растений, а также затруднительно приживание древесных растений.

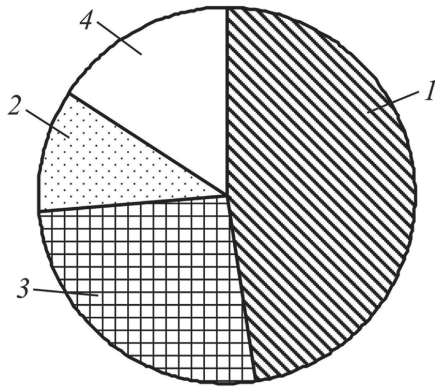
Луга, заросшие кустарниками и подростом деревьев. При отсутствии сенокосения в течение 4–10 лет на лугах, помимо высокотравья, могут разрастаться кустарники (*Salix cinerea*, *S. rosmarinifolia*, *S. starkeana*)



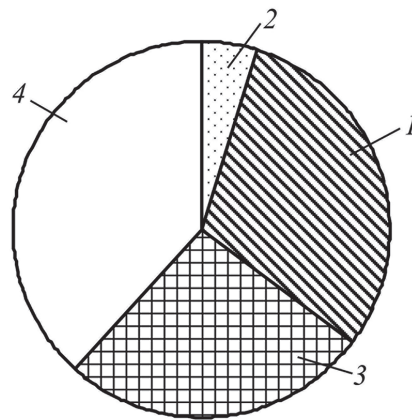
Регулярное сенокошение
(ежегодное и раз в 2-3 года)



Сенокошение отсутствует
4-10 лет. Кустарники



Сенокошение отсутствует
4-10 лет. Высокотравье



Сенокошение отсутствует
11-20 лет. Деревья

Рис. 3. Соотношение эколого-ценотических групп растений на разных стадиях зарастания заброшенных сенокосов. Эколого-ценотические группы растений: 1 – влажно-луговая, 2 – сухолуговая, 3 – травяно-болотная, 4 – остальные (черноольховая, неморальная, бореальная и др.)

и подрост деревьев (*Betula pubescens*, *Pinus sylvestris*, *Salix pentandra*). Это происходит в том случае, если кабаны перерывают луг и создают нарушения, необходимые для приживания молодого поколения древесных растений. При этом кустарники и деревья располагаются отдельными плотными скоплениями (рис. 4), размещение которых определяется прошлыми кабаньими пороями. Сомкнутость древесных колков составляет 20–80 %, а высота – 2,0–7,0 метров. В травяном ярусе с проективным покрытием 80–100 % преобладает конкурентное высокотравье (*Carex acuta*, *Filipendula ulmaria*). Минимальное число видов на площадке 35, а максимальное – 42. Эколого-ценотическая структура, по сравнению с регулярно косимыми сообщес-

твами, отличается увеличением доли лесных растений и уменьшением участия луговых. При этом некоторые луговые виды могут существовать среди древесной растительности благодаря своим приспособлениям к недостаточному освещению. Например, у *Epipactis palustris*, *Dactylorhiza incarnata* и *D. longifolia* формируются удлинённые побеги, которые несут листья с большей фотосинтетической поверхностью, чем у особей, обитающих на регулярно косимых лугах. Удлинённые побеги позволяют вынести листья в слой сообщества с лучшим световым довольствием, а широкая листовая пластинка – улавливать больше рассеянного света. Кустарники и подрост деревьев оказывают затеняющее влияние и на конкурентное высокотравье, которому не

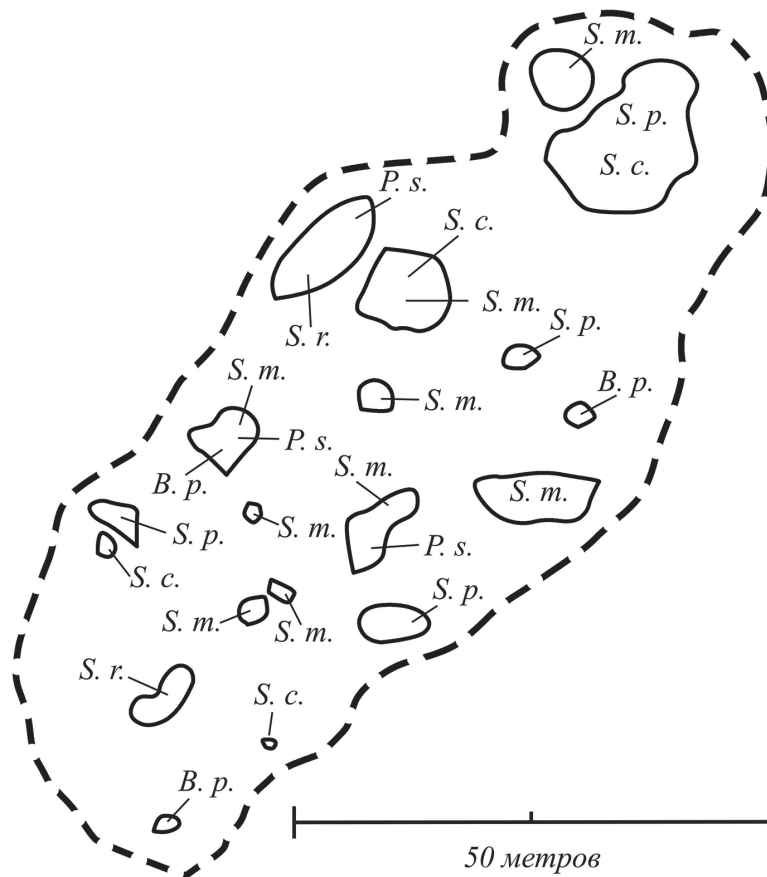


Рис. 4. Расположение скопления кустарников и подроста деревьев на зарастающем сенокосе. Сенокосение отсутствует 4-10 лет. Черным пунктиром показана граница луга, а контурами - скопления кустарников и подроста деревьев: *B. p.* – *Betula pubescens*, *P. s.* – *Pinus sylvestris*, *S. c.* – *Salix cinerea*, *S. m.* – *S. myrsinifolia*, *S. p.* – *S. pentandra*, *S. r.* – *S. rosmarinifolia*. (По: Горнов, 2012)

хватает света для формирования сомкнутых группировок и достижения максимальных размеров.

Заросшие деревьями. При отсутствии сенокосения 11–20 и более лет скопления кустарников и подроста деревьев смыкаются и образуют участки леса из *Alnus glutinosa*, *Betula pubescens*, *Pinus sylvestris*, *Salix pentandra* и др. Высота стволов деревьев в таких сообществах достигает 15 м, а сомкнутость крон – 80 %. Ярус подроста деревьев и кустарников состоит из *Alnus glutinosa*, *Betula pubescens*, *Frangula alnus*, *Salix cinerea* и др. Сомкнутость крон подроста деревьев и кустарников варьирует от 10 до 80 %, а высота – от 3 до 5 м. В травяном ярусе, покрытие которого 60–80 %, преобладает конкурентное высокотравье (*Carex cespitosa*, *Filipendula ulmaria*, *Scirpus sylvaticus* и др.). В этих сообществах освещенность на уровне трав относительно небольших размеров составляет 3–5 % от полной. Минимальное чис-

ло видов на площадке 30, а максимальное – 36. Набор эколого-ценотических групп растений приблизительно такой же, как и на лугах, заросших кустарниками и подростом деревьев. Деревьями продолжают вытесняться многие луговые травы. Так, светолюбивые растения, которые еще могли существовать среди кустарников, не встречаются под пологом деревьев. К таким видам относятся *Anthoxanthum odoratum*, *Dactylorhiza longifolia*, *Stellaria graminea* и др. Существованию высокотравья способствуют адаптивные приспособления к ограниченной освещенности: широкая листовая пластинка, удлинённые побеги с большим числом листьев.

Заключение. При отсутствии сенокосения на влажных лугах Неруссо-Деснянского полесья формируется сукцессионный ряд в направлении образования сначала кустарниковой, а затем – лесной растительности. При этом изменяется эколого-ценотическая

структура сообществ: вытесняются светолюбивые луговые виды и внедряются лесные. Заращение оставленных лесных сенокосов в значительной мере определяется роющей деятельностью кабанов, которые, создавая нарушения, не дают конкурентному высокотравью удерживать территорию и способствуют прорастанию семян и приживанию молодого поколения древесных видов.

Работа выполнена при поддержке грантов РФФИ (№ 12-04-01448-а, 12-04-33193-мол_а_вед.), государственного контракта № 14.515.11.0014 от 14.03.2013 г. и гранта МК-7008.2013.4.

Библиографический список

1. Быков А.В. Роль мелких млекопитающих в восстановлении древесно-кустарниковой растительности на заброшенных покосах средней тайги / А.В. Быков // Лесоведение. 2007. – № 3. – С. 59–65.
2. Горнов А.В. Фитогенная и зоогенная мозаичность и флористическое разнообразие влажных лугов Неруссо-Деснянского полейся / А.В. Горнов // Бюл. МОИП. Отд. биол. 2011. – Т. 116. – С. 64–69.
3. Горнов А.В. Особенности горизонтальной структуры внутрилесных лугов Неруссо-Деснянского полейся / А.В. Горнов // Известия Самарского научного центра Российской академии наук, 2012. – Т. 14. – № 1 (5). – С. 1219–1222.
4. Джонгман Р.Г.Г. Анализ данных в экологии сообществ и ландшафтов / Р.Г.Г. Джонгман, С.Дж. Ф. Тер Браак, О.Ф.Р. Ван Тонгерен. – М., 1999. – 306 с.
5. Люри Д.И. Динамика сельскохозяйственных земель России в XX веке и постагрогенное восстановление растительности и почв / Д.И. Люри, С.В. Горячкин, Н.А. Караваева, Е.А. Денисенко и др. – М., 2010. – 416 с.
6. Миркин Б.М. Словарь понятий и терминов современной фитоценологии / Б.М. Миркин, Г.С. Розенберг, Л.Г. Наумова. – М., 1989. – 223 с.
7. Оценка и сохранение биоразнообразия лесного покрова в заповедниках Европейской России. – М., 2000. – 196 с.
8. Смирнова О.В. Концептуальная модель динамики напочвенного покрова / О.В. Смирнова, С.И. Чумаченко // Вестник МГУЛ – Лесной вестник – 2012. – № 9 (92). – С. 94–102.
9. Растительность европейской части СССР. – Л., 1980. – 431 с.
10. Черепанов С.К. Сосудистые растения России и сопредельных государств / С.К. Черепанов. СПб., 1995. – 992 с.
11. The Ecological history of European forests. CAB International, 1998. 373 p.

РАЗВИТИЕ ВЕГЕТАТИВНЫХ И ГЕНЕРАТИВНЫХ ОРГАНОВ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ РОДА ЕЛЬ (*PICEA* L.), ИНТРОДУЦИРОВАННЫХ В НИЖЕГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ

Р.А. ВОРОБЬЕВ, *асп. ФГБУН «Центр по проблемам экологии и продуктивности лесов РАН»*,
Д.Н. ТЕБЕНЬКОВА, *асп. ФГБУН «Центр по проблемам экологии и продуктивности лесов РАН»*

vorobyev88@gmail.com

Исследования развития древесных видов-интродуцентов является весьма актуальной проблемой. Результаты таких исследований позволят разработать научно обоснованные предложения по адаптации лесного хозяйства к происходящим изменениям климата, а также будут способствовать развитию плантационного лесовыращивания. Одним из подходов к изучению реакции интродуцентов древесных растений на новые условия произрастания являются фенологические наблюдения. Такие исследования позволяют выявлять закономерности периодичности роста и развития растений, определять зависимость наступления и продолжи-

тельности фенофаз от условий окружающей среды, выявлять влияние почвенных и климатических условий [1] и таким образом определять степень успешности интродукции растений в данных условиях [2].

Приспосабливаясь к изменениям климатических условий, интродуценты изменяют ритм процессов роста и развития, что является показателем приспособленности вида в новых условиях произрастания. Это свидетельствует о важности систематического изучения динамики наступления фенофаз, сроков начала, окончания и продолжительности фенологических циклов у растений непосредственно в районе интродукции.

Целью исследований явилось изучение сезонно-ритмических особенностей в развитии вегетативных и генеративных органов растений-интродуцентов рода ель (*Picea* L.), произрастающих в Нижегородской области.

Объекты и методы исследования

Исследования проводились в ботаническом саду НИУ «Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского» и дендрологическом комплексе «Явлейка» в течение 2011–2012 гг.

Ботанический сад НИУ «Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского» расположен в черте города Нижнего Новгорода. Ассортимент исследуемых видов представлен 1 аборигенным видом – ель обыкновенная (*P. abies* (L.) H.Karst.) и 11 интродуцированными – ель корейская (*P. koraiensis* Nakai), ель аянская (*P. ajanensis* (Siebold, Zucc.) Carriere), ель Энгельмана (*P. Engelmannii* Parry ex Engelm.), ель канадская (*P. canadensis* Britton), ель канадская «Кони́ка» (*P. canadensis* «Conica»), ель колючая форма голубая (*P. pungens*, f. *glauca* Engelm.), ель черная (*P. mariana* (Mill.) Britton, Sterns, Poggenburg), ель сербская (*P. omorica* (Pancic) Purk.), ель шероховатая (*P. asperata* Mast.), ель Глена (*P. glehnii* Fr. Schmidt. Mast.), ель сибирская (*P. obovata* Ledeb.). Средний возраст интродуцентов 72–78 лет.

По мнению многих исследователей [3–6], погодные и, прежде всего температурные условия вегетации, влияют на характер роста и развития растений и во многом определяют сроки наступления отдельных фенофаз.

По температурному режиму вегетационные периоды 2011–2012 гг. в ботаническом саду несколько отличались друг от друга (по данным метеостанции «Мыза» г. Нижний Новгород) (рис. 1).

Вегетационный период 2011 г. характеризовался более засушливыми условиями по сравнению с 2012 г. За период вегетации выпало 421 мм осадков при очень неравномерном распределении их по календарным срокам. В первую половину вегетации сумма осадков была близка к средней многолетней норме. Однако в августе–сентябре установи-

лась малооблачная солнечная погода с дефицитом влажности воздуха. Май и первая половина июня были относительно холодными.

Период вегетации 2012 г. характеризовался частыми дождями на фоне сравнительно умеренных температур воздуха. Температура воздуха повышалась лишь во второй декаде июня и в течение всего сезона была неустойчивой. Лето было дождливым, и количество осадков в июле значительно превышало среднюю многолетнюю норму. Август и сентябрь были умеренно дождливыми при сравнительно теплой погоде. В целом этот сезон вегетации отличался повышенным увлажнением в период активного роста деревьев.

Фенологические наблюдения за исследуемыми видами выявили, что продолжительность периода вегетации в условиях ботанического сада в 2011 г. составила 172 ± 2 дня, в 2012 г. – 175 ± 2 дней.

Дендрологический комплекс «Явлейка» расположен в г. Сергач южной части Нижегородской области. Ассортимент изучаемых видов следующий: ель канадская (*P. canadensis*), ель канадская «Кони́ка» (*P. canadensis* «Conica»), ель колючая (*P. pungens*), ель колючая форма голубая (*P. pungens*, f. *glauca*), ель черная (*P. mariana*), ель сербская (*P. omorica*). Средний возраст изучаемых видов составляет 48–52 г.

По данным метеостанции г. Сергач, климатические условия начала вегетационных периодов 2011–2012 гг. характеризовались более высокими температурами по сравнению с условиями ботанического сада и меньшим количеством выпавших осадков, подекадная сумма которых в апреле была выше среднемноголетних данных на 15 % в 2011 г. и 18 % в 2012 г. (рис. 2).

В мае и июне среднемесячная сумма температур превысила среднемноголетние данные незначительно – на 1,6 и 2,1 °С соответственно, а количество выпавших осадков было больше среднемноголетних данных на 29 и 35 % соответственно. Июль характеризовался средней температурой воздуха 27,5 °С и количеством осадков – 75 мм. В августе средняя температура воздуха составила 25,5 °С, сумма выпавших осадков – 71 мм.

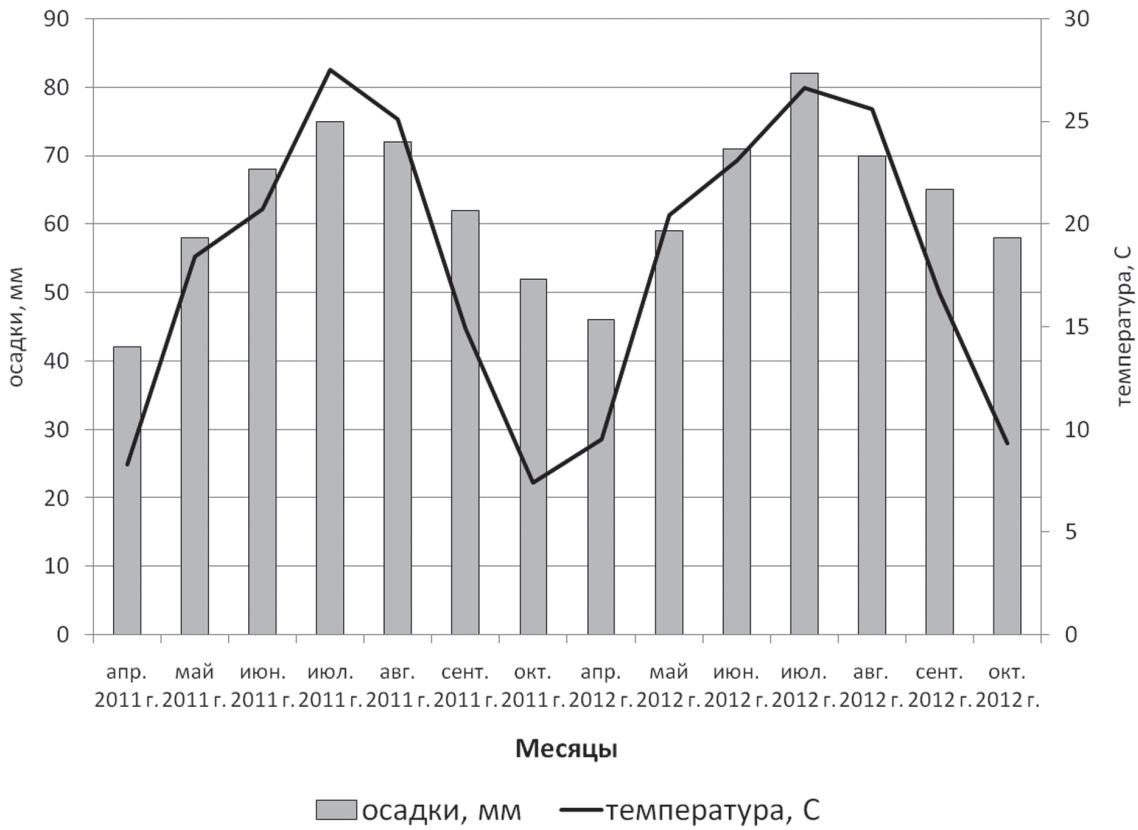


Рис. 1. Погодные условия вегетационных периодов 2011–2012 гг. в ботаническом саду НИУ «Нижгородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского»

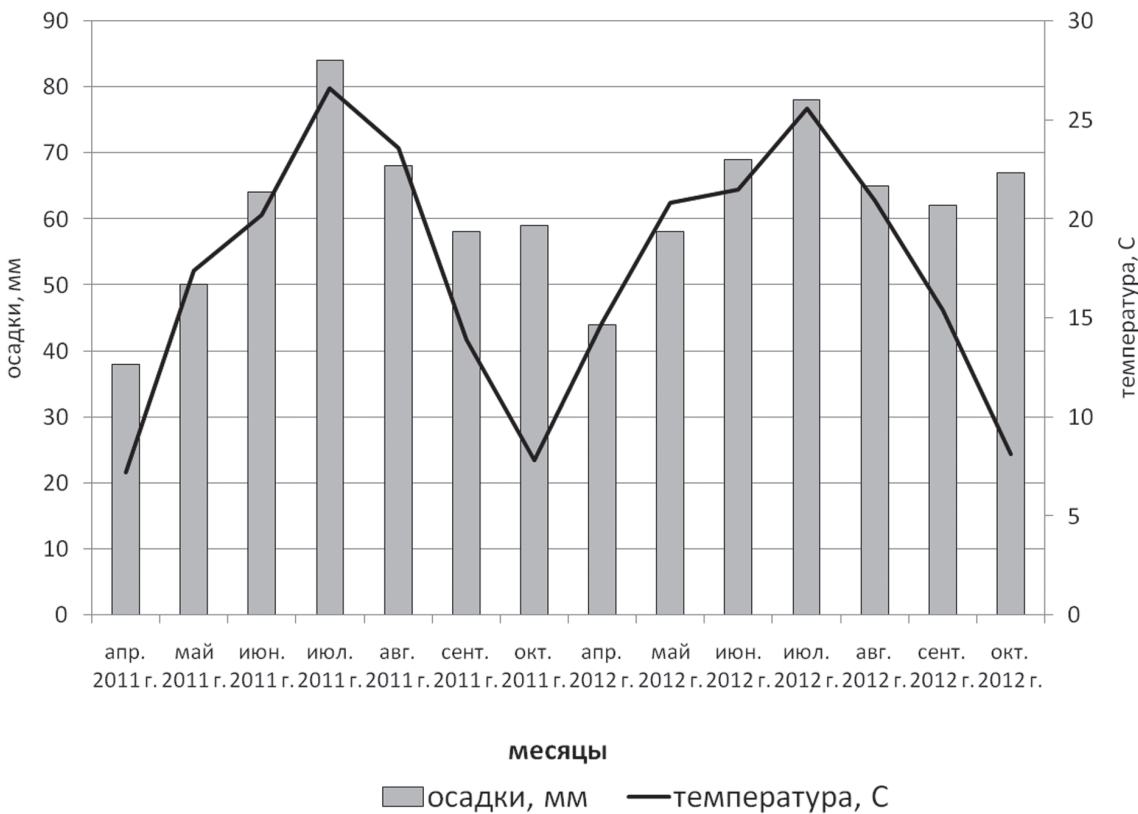


Рис. 2. Погодные условия вегетационных периодов 2011–2012 гг. в дендрологическом комплексе «Явлейка»

В результате продолжительность вегетационного периода наблюдаемых видов оказалась на 5–9 дней больше, чем у интродуцентов ботанического сада.

Фенологические наблюдения проводились по методике фенологических наблюдений в ботанических садах [7] в период с начала апреля до конца августа 2011–2012 гг. При наблюдениях осматривалось каждое дерево исследуемых видов, но обязательно учитывалось также общее фенологическое состояние каждого вида. Наблюдения проводились через каждые 2–3 суток. Фенофаза считалась наступившей, если она отмечалась не менее чем у 30 % побегов всех особей исследуемого вида.

Наблюдались следующие фазы развития растений: $Пб^1$ – набухание вегетативных почек, $Пб^2$ – распускание вегетативных почек, $Пб^3$ – начало роста побегов, $Пб^4$ – окончание роста побегов, $Ц^1$ – набухание генеративных почек, $Ц^2$ – распускание генеративных почек, $Ц^4$ – начало пыления, $Ц^5$ – конец пыления (прекращение пыления всех колосков). За учетную единицу принималось дерево-интродуцент.

Окончание роста побегов определялось по прекращению линейного прироста путем регулярного замера их длины. При измерении побегов через определенный промежуток времени (раз в неделю) за окончание роста условно принималась дата, после которой прирост прекращался. После этого производились 2–3 контрольных измерения.

Для статистической обработки календарные даты переводились в непрерывный ряд [8].

Результаты и обсуждение

Согласно полученным данным, выявлены следующие особенности в прохождении фенофаз растений интродуцентов (таблица).

Период вегетации у большинства интродуцентов ботанического сада начинается во второй–третьей декадах апреля (рис. 3). Набухание вегетативных почек у местного вида – *P.abies* отмечено 13–14 апреля. У интродуцированных видов вегетация начина-

лась от 3 до 15 дней позже. Набухание почек у местного вида продолжалось в среднем 10 дней, у интродуцентов от 8 (*P. ajanensis*) до 17 дней (*P. canadensis* «*Conica*») и происходило при среднесуточной температуре воздуха 6,8–14,5°C.

Распускание вегетативных почек у интродуцентов наступает в конце апреля–первой декаде мая и длится 11–22 дней в зависимости от вида. Первый лист у местного вида появляется 5–9 мая. У инорайонных – во второй–третьей декаде мая: например, у *P. koraiensis* – 11–12 мая, *P. Engelmannii* – 15–17 мая, *P. mariana* – 22–24 мая. Общая продолжительность роста побегов у интродуцированных видов составляет в интервале от 55–58 (*P. canadensis* «*Conica*») до 71–73 сут. (*P. asperata*, *P. Engelmannii*), а у ели обыкновенной – 62–63 сут. В среднем отставание роста побегов интродуцентов от местного вида составило 5–6 сут., что объясняется температурным фактором: среднесуточная температура воздуха для вступления в эту фазу у интродуцированных видов составляет 20–22 °C, у аборигенного – 16–18 °C. Генеративные почки распустились позже, чем вегетативные, в среднем на 3–4 дня, у *P.abies* – на 2 дня.

Сроки начала наступления массового пыления зависят как от биологических особенностей вида, так и от метеорологических факторов, в частности от температуры воздуха [9, 10]. Пыление интродуцированных видов наступает позже, чем у местного вида. В более поздние сроки пылят североамериканские ели (*P. canadensis*, *P. canadensis* «*Conica*», *P. pungens*, *f. glauca*, *P. mariana*, *P. Engelmannii*), а также *P. asperata*. Минимальная длительность фазы пыления у этих видов – 6–7 дней, максимальная – 11–12 дней. У *P.abies* пыление начинается 11–14 мая и длится в среднем 8 дней. Одновременно с ней пылят *P. ajanensis* и *P. obovata*.

Интродуценты дендрологического комплекса «Явлейка» начали период вегетации в среднем на 3–5 дней раньше в сравнении с растениями ботанического сада (рис. 4). Набухание вегетативных почек у большинства растений пришлось на конец второй декады апреля. Продолжительность фазы распус-

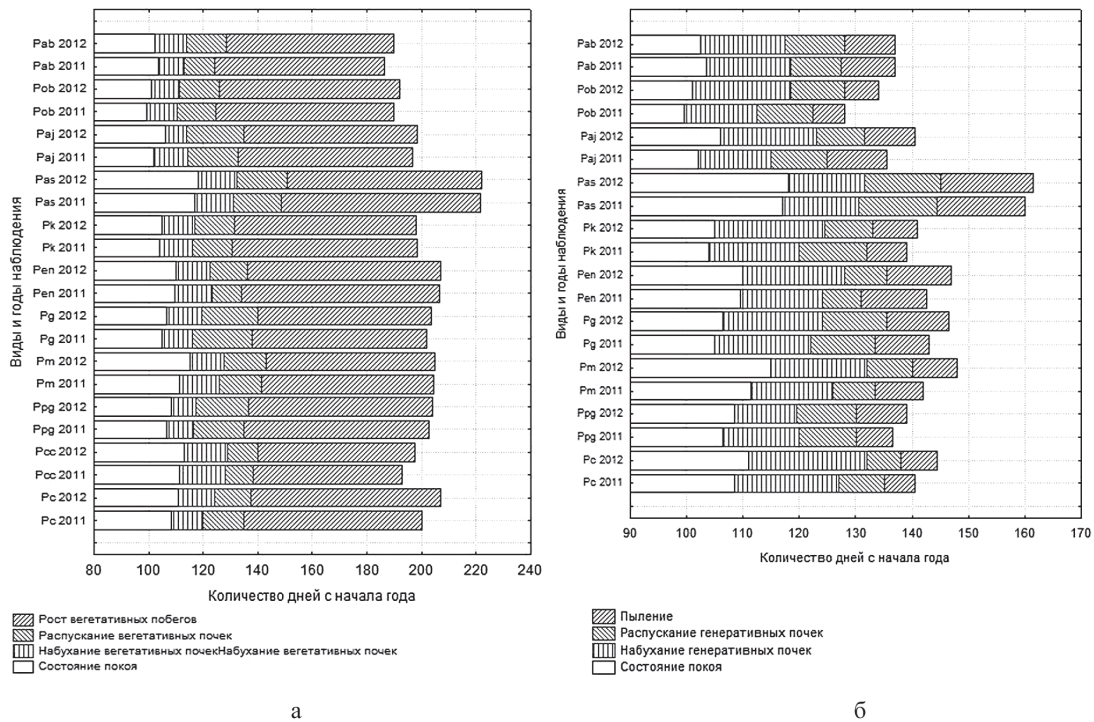


Рис. 3. Даты наступления основных фенологических фаз развития древесных растений рода (*Picea* L.) в ботаническом саду Национального исследовательского университета им. Лобачевского (а – вегетативное развитие, б – генеративное развитие): Pc – *P. canadensis*, Pcc – *P. canadensis* «Conica», Ppg – *P. pungens* f. *glauca*, Pm – *P. mariana*, Pom – *P. omorica*, Pg – *P. glehnii*, Pen – *P. Engelmannii*, Pk – *P. koraiensis*, Pas – *P. asperata*, Paj – *P. ajanensis*, Pob – *P. obovata*, Pab – *P. abies*

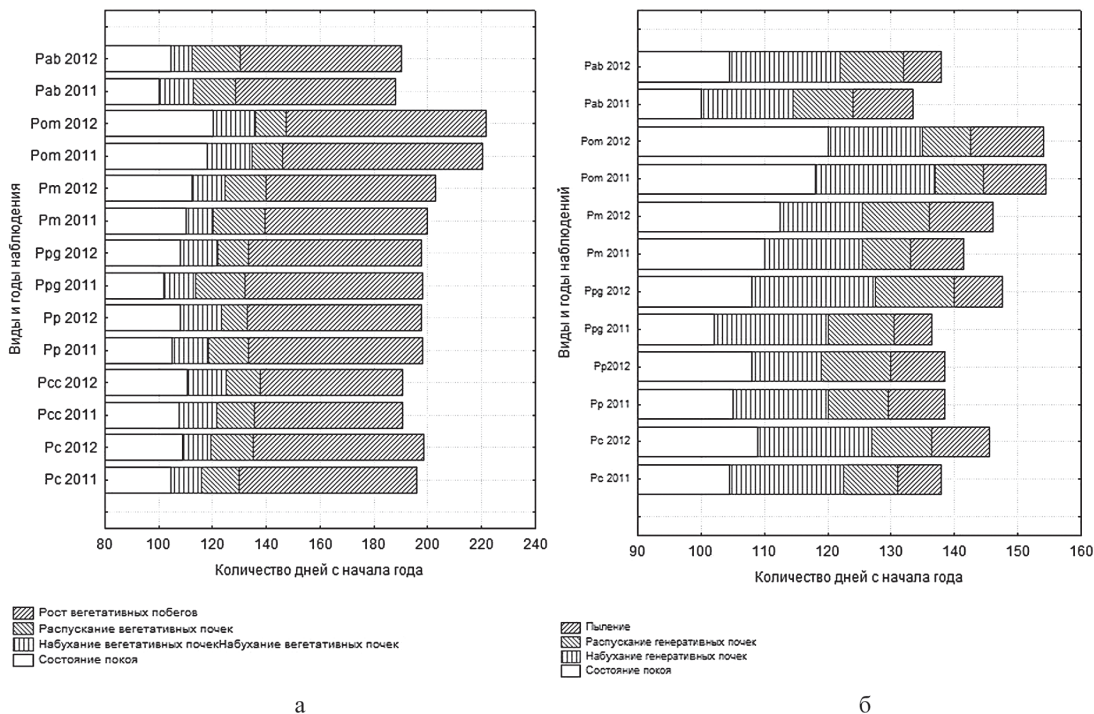


Рис. 4. Даты наступления основных фенологических фаз развития древесных растений рода (*Picea* L.) в дендрологическом комплексе «Явлейка»: а – вегетативное развитие, б – генеративное развитие: Pc – *P. canadensis*, Pcc – *P. canadensis* «Conica», Pr – *P. pungens*, Ppg – *P. pungens* f. *glauca*, Pm – *P. mariana*, Pom – *P. omorica*, Pab – *P. abies*

кания почек составило от 10–12 (*P. mariana*) до 16–17 сут. (*P. omorica*).

Наиболее ранними сроками начала роста вегетативных побегов отличались *P. pungens, f. glauca* (13–14 мая), *P. canadensis* (11–16 мая), самыми поздними – *P. omorica* (27–28 мая). Самый длительный период роста побегов был отмечен у *P. omorica* (75 сут.), минимальный у *P. canadensis* «*Conica*» (54 сут.).

Генеративные почки распустились на 5–6 дней позже, чем вегетативные. Пыление интродуцированных видов наступило раньше, чем у *P. abies* у видов: *P. canadensis* (на 2 сут.) и *P. mariana* (на 3 сут.). У остальных видов начало пыления отмечалось позже аборигенного вида от 8 сут. (*P. pungens*) до 9 сут. (*P. omorica, P. pungens, f. glauca*) Минимальная длительность фазы пыления как и в ботаническом саду была отмечена у североамериканских видов ((*P. canadensis, P. pungens, P. pungens, f. glauca, P. mariana*), максимальная у *P. omorica* – 10–12 дней.

Исследования показали, что все фенологические фазы развития на протяжении вегетационных периодов 2011–2012 гг. у местного вида *P. abies* начинаются раньше по сравнению с инорайонными. *P. abies* вступает в основные фенологические фазы в среднем на 3–15 дней (в зависимости от вида) раньше по сравнению с интродуцентами.

Наибольшее отставание в сроках наступления фенологических фаз зафиксировано у видов *P. mariana, P. omorica, P. asperata, P. canadensis* «*Conica*», что в конечном итоге негативно сказалось на их ритме роста и развития. Вместе с тем, установлена относительная близость прохождения фенологических фаз аборигенного вида с *P. ajanensis, P. koraiensis, P. glehnii, P. obovata, P. canadensis*. Различия по вступлению в ту или иную фенофазу между местным видом и этими видами существует, но оно не столь значительно.

Также в процессе исследования были установлены изменения в сроках прохождения фенофаз у одних и тех же видов древесных растений, произрастающих в разных районах Нижегородской области. В целом, у интродуцентов дендрологического комплек-

са в сравнении с ботаническим садом фазы сезонного развития наступают на 9–12 сут. раньше по вегетативным органам и на 6–7 сут. – по генеративным органам. Продолжительность фаз генеративного развития интродуцентов в дендрокомплексе оказалась на 4–5 дней меньше по сравнению с интродуцентами, сосредоточенными в ботаническом саду. Это, прежде всего, вызвано различиями в природно-климатических условиях. Климат дендрологического комплекса, в связи с его более южным географическим расположением, более благоприятен для теплолюбивых интродуцентов.

Наиболее вариабельными по срокам наступления основных фенологических фаз в 2011–2012 г. среди интродуцированных видов являются *P. omorica, P. Engelmannii, P. asperata, P. mariana, P. canadensis* «*Conica*». Минимальной вариабельностью отличаются виды: *P. pungens, P. pungens f. glauca, P. ajanensis, P. obovata, P. koraiensis, P. canadensis, P. glehni*. Данное незначительное ежегодное варьирование является показателем адаптивности указанных видов к новым условиям произрастания.

Известно [11], что интродуценты, относительно рано начинающие ростовые процессы и рано их завершающие, обладают наиболее благоприятным типом сезонного развития и более зимостойки. Наименее благоприятным типом характеризуются виды и формы, поздно начинающие и поздно оканчивающие вегетацию. Ранне-поздние растения и поздне-ранние по зимостойкости занимают промежуточное положение [11].

Кластерный анализ данных позволил выделить три фенологические группы по началу вегетации: ранняя, средняя, поздняя (рис. 5). Кластеризация проводилась на основе интервала квадратной евклидовой дистанции.

В соответствии с этим все исследуемые виды в зависимости от сроков начала и окончания вегетации были ранжированы на 3 группы:

I группа – виды, рано начинающие и рано оканчивающие вегетацию – *P. obovata, P. ajanensis, P. koraiensis, P. abies; P. glehnii*;

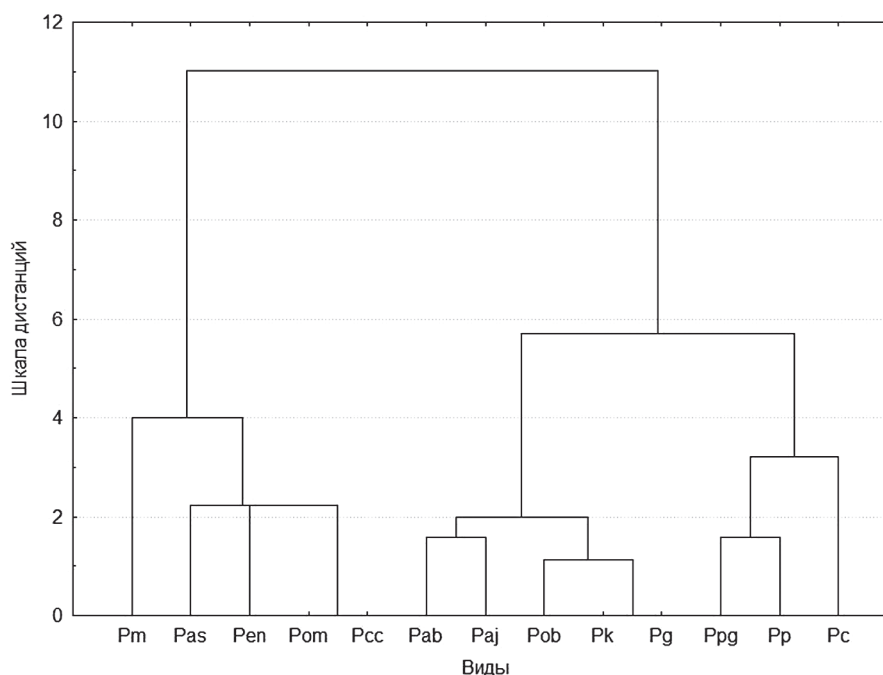


Рис. 5. Кластеризация по нормированным величинам даты начала вегетации (метод интервала квадратной евклидовой дистанции)

II группа – виды, поздно начинающие и поздно оканчивающие вегетацию – *P. mariana*, *P. omorica*, *P. asperata*, *P. Engelmannii*, *P. canadensis* «*Conica*»;

III группа – виды с промежуточными значениями – *P. pungens*, *P. pungens f. glauca*, *P. canadensis*.

Можно считать, что виды, отнесенные к I группе, в условиях Нижегородской области отличаются высокой зимостойкостью, виды II группы обладают низкой зимостойкостью, а виды III группы занимают промежуточное положение.

Заключение

На основе проведенных фенологических наблюдений установлено, что в неблагоприятных природно-экологических условиях, которые оказывают существенное влияние на жизнеспособность растений, процесс адаптации интродуцентов рода *Pinus L.* проходит удовлетворительно, что указывает на положительные результаты интродукции данных видов в условиях Нижегородской области.

Полученные данные позволяют выявить устойчивость видов к целому комплексу природно-климатических факторов. По характеру сезонно-ритмических изменений

наиболее успешными видами в развитии вегетативных и генеративных органов являются *P. ajanensis*, *P. koraiensis*, *P. glehnii*, *P. obovata*, *P. canadensis* которые за вегетационный период успевают пройти весь цикл онтогенетического роста и развития, удовлетворительно перенося при этом неблагоприятные условия. Наименее устойчивыми оказались *P. mariana*, *P. omorica*, *P. asperata*, *P. Engelmannii*, *P. canadensis* «*Conica*». Промежуточное положение занимают *P. pungens*, *P. pungens f. glauca*, *P. glehnii* – виды, относительно устойчивые к неблагоприятным условиям среды, но с неустойчивым циклом сезонного развития.

Работа проводилась при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации, государственный контракт от 14 марта 2013 г. № 14.515.11.0014, выполненный в рамках ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2007–2013 гг.».

Библиографический список

1. Шнелле Ф. Фенология / Ф. Шнелле // Л.: Гидрометеорологическое изд-во, 1961. – 259 с.
2. Лапин П.И. Определение перспективности растений для интродукции по данным фенологии /

- П.И.Лапин, С.В. Сиднева// Бюлл. Главн. бот. сада, 1968. – Вып. 69. – С. 14–21.
3. Самофал С.А. Исследование роста сосны в связи с климатическими факторами / С.А. Самофал // Исследования по лесн. хоз-ву и лесной промышленности, 1931. – Вып. 12. – С. 67–75.
 4. Вехов В.Н. Особенности роста некоторых видов сосен в условиях лесостепи / В.Н. Вехов // Научн. докл. высш. школы, 1958. – № 2. – С. 42–47.
 5. Булыгин Н.Е. Дендрология / Н.Е. Булыгин, В.Т. Ярмишко. – М.: МГУЛ, 2001. – 528 с.
 6. Арбузов Б.В. К вопросу о роли древесно-кустарниковых интродуцентов в лесных экосистемах / Б.В. Арбузов // Труды ассоциации особо охраняемых природных территорий. – Курск, 2000. – № 1. – С. 26–29.
 7. Александрова М.С. Фенологические наблюдения в ботанических садах / М.С. Александрова, Н.Е. Булыгин, В.Н. Ворошилов, Л.А. Фролова // Бюл. ГБС. – М.: Наука, 1979. – Вып. 113. – 114 с.
 8. Зайцев Г.Н. Фенология древесных растений / Г.Н. Зайцев. – М.: Наука, 1981. – 120 с.
 9. Сергеев Л.И. Морфо-физиологическая периодичность и зимостойкость древесных растений / Л.И. Сергеев, К.А. Сергеева, В.К. Мельников // Уфа: Изд-во АН СССР, Башкирский филиал, Институт биологии, 1961. – 222 с.
 10. Агамирова М.И. Особенности фенологии хвойных пород в условиях Апшерона / М.И. Агамирова // Сезонное развитие природы. – М., 1972. – С. 65–67.
 11. Лапин П.И. Интродукция лесных пород / П.И. Лапин. – М.: Лесн. пром-сть, 1979. – 224 с.
 12. Погиба С.П. Селекционно-генетический анализ лесных популяций / С.П. Погиба, А.С. Рабцун // Вестник МГУЛ – Лесной вестник. – 2012. – № 9 (92). – С. 79–83.

О ПРИРОДЕ ГУМУСОВЫХ ВЕЩЕСТВ

Г.Н. ФЕДОТОВ, *ст. научн. сотр. Института экологического почвоведения, МГУ им. М.В. Ломоносова, д-р биол. наук,*
 В.С. ШАЛАЕВ, *проф., директор ИСИЛ, МГУЛ, д-р техн. наук*

gennadiy.fedoton@gmail.com

При рассмотрении природы и строения гумусовых веществ (ГВ), как правило, противопоставляются два подхода:

– ГВ представляют собой макромолекулы [1–5];

– ГВ являются супрамолекулярными [6] образованиями [7–9].

С этих контрастных позиций проводят исследования и рассматривают полученные результаты. Как следствие, при обнаружении в составе гуминовых кислот низкомолекулярных соединений делают однозначный вывод об их супрамолекулярной природе [7, 10].

Однако реальная ситуация, вероятнее всего, является более сложной. Попытаемся проанализировать ее, опираясь на ранее полученные при изучении ГВ экспериментальные данные, а также на основе известных свойств высокомолекулярных соединений и супрамолекулярных образований.

Предположим, что ГВ представляют собой макромолекулы. Тогда они должны сворачиваться в клубок, в котором сегменты постоянно меняют свое положение в пространстве [11, 12]. Как известно, в ГВ сущес-

твуют различные функциональные группы, гидрофобные участки, ароматические кольца и т.д., то есть участки макромолекул [3], которые способны взаимодействовать за счет нековалентных (супрамолекулярных) связей [6]. Они, во-первых, могут взаимодействовать между собой в рамках одной или разных макромолекул. Такие процессы хорошо известны, именно за счет них формируются вторичная, третичная и четвертичная структуры белка и спираль ДНК. Во-вторых, можно предположить, что в клубок (частицу) ГВ могут входить низкомолекулярные вещества, комплементарные частям макромолекул ГВ, и закрепляться на них за счет нековалентных взаимодействий.

Для этого случая должны существовать два заметно отличающихся варианта. В одном случае закрепление низкомолекулярных веществ на макромолекулах ГВ не приведет к потере сегментами макромолекул подвижности. В другом случае возможна супрамолекулярная сшивка макромолекул ГВ низкомолекулярными веществами с потерей их сегментами подвижности. При таком подходе к ГВ мы для обоих случаев имеем мак-

Предполагаемые возможные варианты природы и строения ГВ

Варианты	Природа и строение	Структурная организация
1	Макромолекулы	Сегменты макромолекул свободно перемещаются друг относительно друга
2	Макромолекулы с сорбированными на них низкомолекулярными веществами	Сегменты макромолекул с сорбированными на них низкомолекулярными веществами перемещаются друг относительно друга
3	Макромолекулы, сегменты которых «сшиты» между собой низкомолекулярными веществами	Жесткое образование с определенной структурой. Сегменты макромолекул потеряли подвижность и не перемещаются друг относительно друга
4	Объединения на основе нескольких олигомерных молекул, сегменты которых и они сами «сшиты» между собой низкомолекулярными веществами	Жесткое образование с определенной структурой.
5	Объединения из молекул	Образования, имеющие четкий состав и структуру

ромолекулу, наполненную низкомолекулярными веществами.

Можно предположить существование еще одного механизма образования ГВ – олигомерные молекулы выступают в качестве многоцентровой основы для возникновения супрамолекулярных образований (Этот вариант, если принять единичное супрамолекулярное образование на основе олигомерной молекулы в качестве фульвокислоты, представляется более близким к реальности, так как позволяет объяснить экспериментальные данные по взаимному переходу гуминовых кислот в фульвокислоты в почвах в годичном цикле [13]).

Мы привели несколько возможных вариантов природы и строения ГВ, которые сведены в табл. При этом только в ГВ, соответствующих 1 варианту, не будут обнаруживаться низкомолекулярные вещества. Однако это, по-видимому, наименее вероятный вариант существования ГВ в почвах, так как трудно ожидать, чтобы из такой сложной, многокомпонентной смеси на макромолекулах ГВ не сорбировались бы низкомолекулярные вещества.

В гумусовых веществах, относящихся к остальным вариантам, будут обнаруживаться молекулы низкомолекулярных веществ, которые могут быть выделены из них теми же приемами, которые использовали исследователи для доказательства супрамолекулярной природы ГВ.

Таким образом, возможно несколько вариантов, и только один из них является в «чистом» виде макромолекулярным, а один в «чистом» виде – супрамолекулярным. При этом с общих позиций можно предполагать существование с большей долей вероятности именно промежуточных вариантов.

Наличие не двух, а большего числа вариантов природы и строения ГВ поднимает вопрос о критериях. В каких случаях подобные образования следует воспринимать в качестве макромолекул, а когда – в качестве супрамолекулярных соединений?

Подобные критерии в настоящее время отсутствуют.

Можно попытаться использовать чисто эмпирический подход, проводя разделение ГВ на супрамолекулярные и макромолекулярные образования. При этом, если доля молекул, связанных между собой нековалентными связями больше, относить их к супрамолекулярным образованиям. Однако, во-первых, химические методы, основанные на количественном определении долей органического вещества, связанного в частице ГВ супрамолекулярными или ковалентными связями, чрезвычайно трудоемки и в настоящее время трудно реализуемы при получении результатов с необходимой точностью. Во-вторых, подобный подход с позиций «доли» не является строго научным.

Данная задача похожа на ту, которая возникла в начале 30-х гг. прошлого века при

изучении механизма эластичности полимеров, когда стало ясно, что химические методы не дают результатов.

Следовательно, основываясь на этой аналогии, необходимо выбрать критерии, базирующиеся на сравнении нехимических свойств макромолекул и супрамолекулярных образований, так как только они могут позволить получить ответ на этот вопрос.

Нахождение отличий в физических и физико-химических свойствах супрамолекулярных и макромолекулярных объектов не является простой задачей. Матрицы из супрамолекулярных образований носят названия супраполимеров именно из-за сходства их свойств с полимерными матрицами. Поэтому количественные отличия этих матриц по плотности, эластичности, температурам переходов и многим другим свойствам вряд ли смогут позволить получить однозначный ответ.

В связи с этим возникла необходимость найти свойство, отличающееся для этих систем не на количественном, а на качественном уровне.

Для этого рассмотрим, в чем заключается основное отличие супрамолекулярных систем от макромолекулярных. Представления об их структурной организации позволяют сделать однозначный вывод, что основное отличие между ними заключается в наличии у супрамолекулярных образований четкой ар-

хитектуры и невозможности проникновения их друг в друга [6]. В то же время макромолекулы состоят из сегментов, непрерывно меняющих положение в пространстве, причем, плотность заполнения пространства клубка сегментами макромолекул редко превышает 1%. Это приводит к их взаимопроникновению [11, 12].

Таким образом, полимерная матрица состоит из взаимопроникающих друг в друга клубков макромолекул, а супраполимерная матрица – из контактирующих друг с другом частиц супрамолекулярных образований.

Различная организация органической матрицы из подобных образований должна ярко проявляться в процессах сегрегации [14–20]. В полиэлектролитных гелях при изменении количества диссоциированных групп (степени гидрофобности) за счет изменения рН среды или вхождения в систему ионов, образующих с этими группами малодиссоциируемые соединения, наблюдается взаимодействие гидрофобных сегментов (принадлежащих одним или разным макромолекулам) между собой с образованием нанобластей гидрофобной фазы в матрице полиэлектролитного геля [19, 20]. Этот процесс получил название микрофазного расслоения [14–20]. В связи с тем, что в нанобласти выделяющейся фазы входят сегменты разных макромолекул, перемещение этих гидрофобных нанобластей новой фазы по матрице геля невозможно.

Совершенно другая картина складывается для органической матрицы на основе частиц супрамолекулярных образований, имеющих диссоциированные группы. При уменьшении степени их диссоциации меняются гидрофильно-гидрофобные свойства – возрастает гидрофобность поверхности у этих частиц. Поскольку подобные процессы, как и распределение ионизированных групп на поверхности супрамолекулярных образований, носят случайный характер, можно ожидать, что будет наблюдаться некое распределение по гидрофильно-гидрофобным свойствам поверхности (по степени гидрофильности) частиц супрамолекулярных

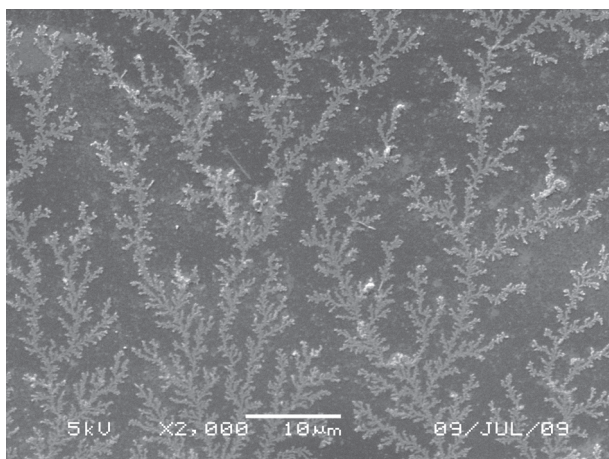


Рис. 1. Дендритные структуры, наблюдаемые при сегрегации органического вещества в гумусовых системах при введении в них небольших количеств алюминия (2,81%). Увеличение $\times 2000$

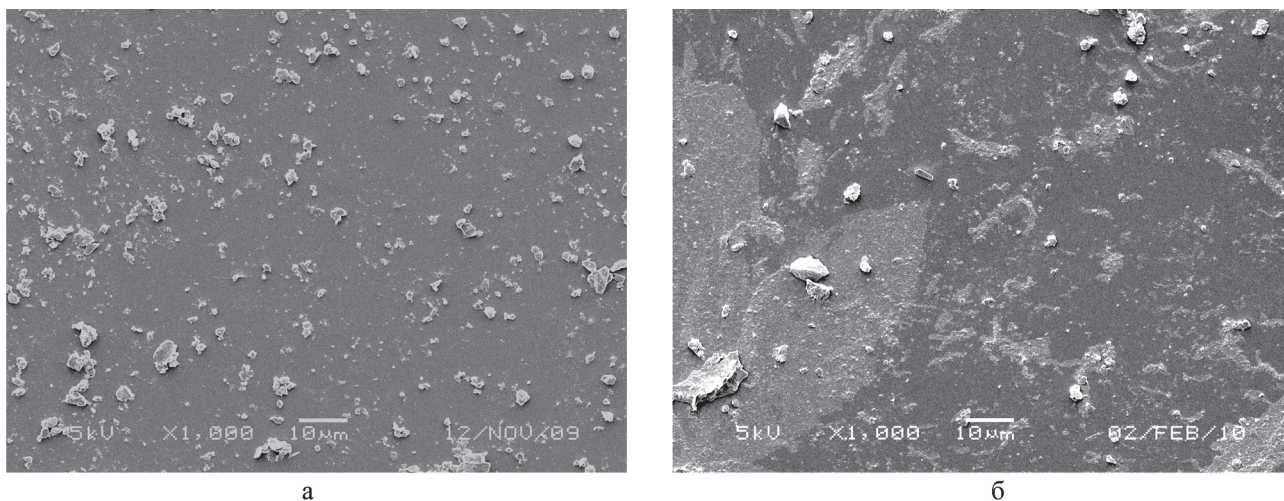


Рис. 2. Электронно-микроскопическое изображение гелевых пленок, выделенных из исходной дерново-подзолистой почвы (а) и из дерново-подзолистой почвы, модифицированной цинком (1,3 мг цинка на 1 г почвы) (б). Увеличение $\times 1000$

образований. Как следствие, более гидрофобные наночастицы (нанообласти) будут перемещаться по матрице и объединяться друг с другом, создавая области новой, более гидрофобной фазы. В результате из-за наличия свободы перемещения подобные области могут иметь значительно большие размеры и достаточно сложное строение, так как не должны ограничиваться строением, характерным для микрофазнорасслоенных полимеров (наночастицы, наноцилиндры, наноламели и т.д.).

Таким образом, изучение структур, образующихся при сегрегации в гумусовой матрице почвенных гелей или других гумусовых системах, способно дать однозначный ответ на вопрос о супра- или макромолекулярной природе ГВ.

Электронно-микроскопические исследования по изучению структурной организации почвенных гелей и других гумусовых систем уже были ранее проведены [21–25]. Проанализируем полученные в этих работах результаты.

При изучении матриц из ГВ, возникающих в нейтрализованных катионитом в Н-форме щелочных вытяжках из торфа, содержащих алюминий [21], было обнаружено, что в органическом гумусовом веществе наблюдается сегрегация с выделением при малом содержании алюминия нанообластей новой фазы размером 20–30 нм, очень похожих

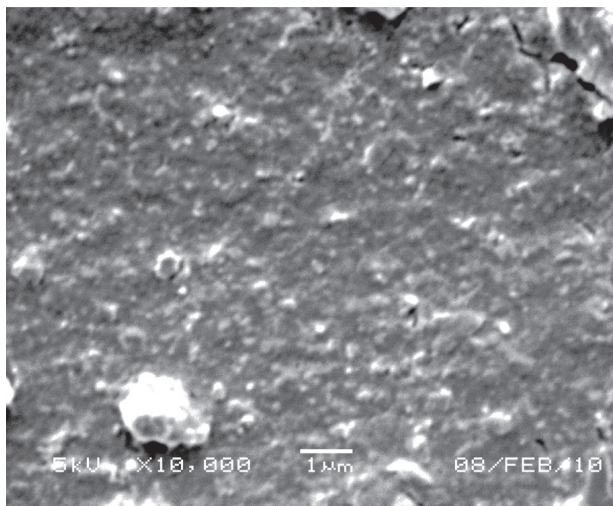
на те, которые возникают при микрофазном расслоении. Однако при росте концентрации алюминия количество выделяющихся частиц увеличивается, и они начинают взаимодействовать между собой. В результате образуются дендритные структуры (рис. 1).

Выделение крупных блоков размером десятки микрон новой фазы в гумусовой матрице наблюдается при введении в дерново-подзолистую почву микроколичеств цинка [22] (рис. 2).

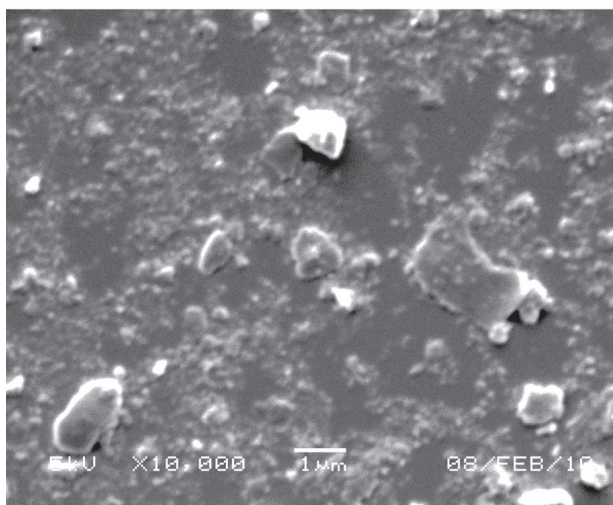
Подобные же объединения из частиц новой фазы были обнаружены в почвенных гелях при введении в почвы некоторых поверхностно-активных веществ [24] (рис. 3).

Еще более яркое подтверждение образования нанообластей новой органической фазы в гумусовой матрице почвенных гелей, их перемещения по матрице и объединения обнаружено при электронно-микроскопическом изучении гелевых пленок, выделенных из бурой полупустынной почвы [25] (рис. 4). На представленном электронно-микроскопическом изображении хорошо видны образующиеся частицы новой фазы, которые перемещаются по органической матрице и объединяются, образуя либо крупные протяженные области новой фазы, либо сложные узорчатые структуры.

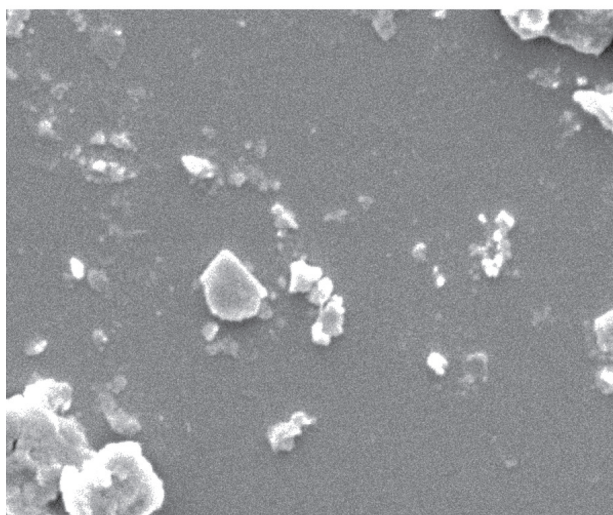
Подобных электронно-микроскопических изображений, подтверждающих пе-



а

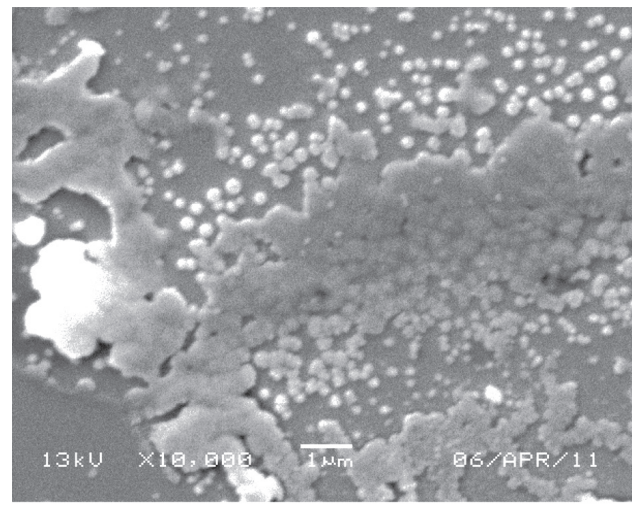


б

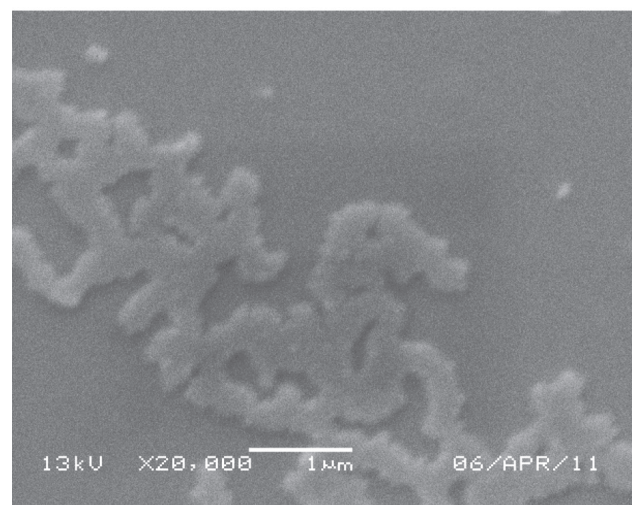


в

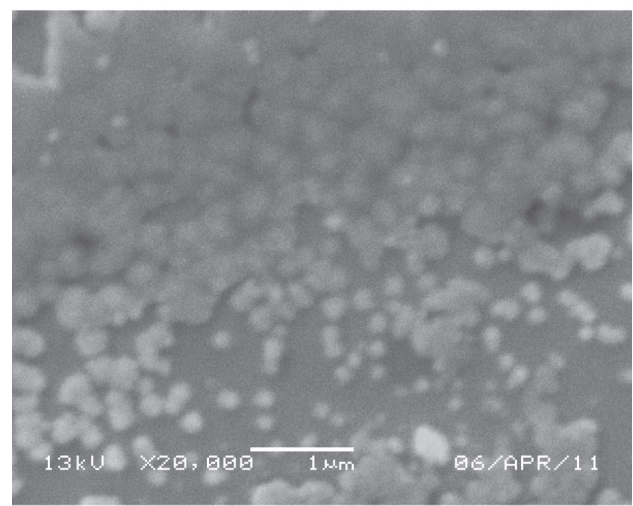
Рис. 3. Электронномикроскопические фотографии почвенных гелей при концентрации в дерново-подзолистой почве модификаторов, соответствующих 4–5 мг/г: а. Span 20; б. Span 80; в. исходная почва без добавок. Увеличение $\times 10000$



а



б



в

Рис. 4. Электронномикроскопические фотографии почвенных гелей из бурой полупустынной почвы при различных увеличениях

ремещение выделяющихся областей новой фазы по гумусовой матрице, накоплено достаточно большое количество как в гелях, выделенных из почв, так и в других гумусовых системах.

Полученные результаты позволяют сделать однозначный вывод о перемещении образующихся областей новой органической фазы по гумусовой матрице, что однозначно свидетельствует о супрамолекулярной природе частиц ГВ. Однако получить ответ на вопрос о том, к какому варианту (третьему, четвертому или пятому) супрамолекулярной структурной организации относятся ГВ, пока не представляется возможным.

Библиографический список

1. Александрова Л.Н. Гумус как система полимерных соединений / Л.Н. Александрова / Тр. юбилейной сессии, посв. 100-летию со дня рождения В.В. Докучаева. – М.: Изд. АН СССР, 1949. – С. 225–232.
2. Кононова М.М. Органическое вещество почв / М.М. Кононова. – М.: Изд. АН СССР, 1963. – 314 с.
3. Орлов Д.С. Гумусовые кислоты почв и общая теория гумификации / Д.С. Орлов. – М.: МГУ, 1990. – 325 с.
4. Тейт Р. Органическое вещество почвы / Р. Тейт. – М.: Мир, 1991. – 400 с.
5. Stevenson F.J. Humus Chemistry. Genesis, Composition, Reactions, 2nd Ed. Wiley, New York. 1994. 443 p.
6. Лен Ж.–М. Супрамолекулярная химия: Концепции и перспективы / Ж.–М. Лен; пер. с англ. – Новосибирск: Наука. Сиб. предприятие РАН, 1998. – 334 с.
7. Piccolo A. «The Supramolecular Structure of Humic Substances». Soil Science. 2001. 166 (11). pp. 810–832.
8. Schaumann G.E. Review Article Soil organic matter beyond molecular structure Part I: Macromolecular and supramolecular characteristics. J. Plant Nutr. Soil Sci. 2006, 169, pp. 145–156.
9. Sutton R, Sposito G. Molecular structure in soil humic substances: The new view. Environmental Science and Technology. 2005. 39. pp. 9009–9015.
10. Трубецкой О.А. Почвенные гуминовые кислоты: макромолекулы или супрамолекулярный комплекс / О.А. Трубецкой, О.Е. Трубецкая // Тезисы докладов международной конференции «Биодиагностика в экологической оценке почв и сопредельных сред». Москва, 4–6 февраля 2013. – М.: Бином. Лаборатория знаний, 2013. – С. 217.
11. Семчиков Ю.Д. Высокмолекулярные соединения : учеб. для вузов / Ю.Д. Семчиков. – М.: Издательский центр «Академия», 2006. – 368 с.
12. Тагер, А.А. Физикохимия полимеров / А.А. Тагер. – М.: Химия, 1978. – 544 с.
13. Дергачева, М.И. Органическое вещество почв: статика и динамика (на примере Западной Сибири) / М.И. Дергачева. – Новосибирск: Наука, 1984. – 153 с.
14. Рамбиди, Н.Г. Физические и химические основы нанотехнологий / Н.Г. Рамбиди, А.В. Березкин. – М.: Физматлит, 2008. – 456 с.
15. Халатур, П.Г. Самоорганизация полимеров / П.Г. Халатур // Соросовский образовательный журнал, 2001. – Т. 7. – № 4. – С. 36–43.
16. Хмелевская, В.С. Процессы самоорганизации в твердом теле / В.С. Хмелевская // Соросовский образовательный журнал, 2000. – Т. 6. – № 6. – С. 85–91.
17. Хохлов, А.Р. Восприимчивые гели / А.Р. Хохлов // Соросовский образовательный журнал, 1998. – № 11. – С. 138–142.
18. Хохлов, А.Р. Инженерия АВ-сополимеров / А.Р. Хохлов // Соросовский образовательный журнал, 2000. – Т.6. – № 10. – С. 108–115.
19. Хохлов А.Р. Самоорганизация в ион-содержащих полимерных системах / А.Р. Хохлов, Е.Е. Дормидонтова // Успехи физических наук, 1997. – Т. 167. – № 2. – С. 113–128.
20. Хохлов А.Р. Лекции по физической химии полимеров / А.Р. Хохлов, С.И. Кучанов. – М.: Мир, 2000. – 192 с.
21. Федотов Г.Н. Микрофазное расслоение в гумусовых системах / Г.Н. Федотов, Г.В. Добровольский, С.А. Шоба, Т.Ф. Рудометкина и др. // Доклады Академии наук, 2009. – Т. 429. – № 3. – С. 336–338.
22. Федотов Г.Н. Влияние микрофазного расслоения почвенных гелей на каталазную активность почв / Г.Н. Федотов, Г.В. Добровольский, Т.Ф. Рудометкина // Доклады Академии наук, 2011. – Т. 438. – № 6. – С. 842–845.
23. Федотов Г.Н. Органоминеральные образования в почвах и пути улучшения почвенных свойств / Г.Н. Федотов, В.С. Шалаев // Вестник МГУЛ – Лесной вестник. – 2012. – №2. – С. 80–87.
24. Федотов Г.Н. Влияние наноструктурной организации почвенных гелей на водоустойчивость почвенной структуры / Г.Н. Федотов, Г.В. Добровольский // Доклады Академии наук, 2011. – Т. 441. – № 1. – С. 137–141.
25. Федотов, Г.Н. К вопросу о механизме возникновения наноструктурной организации в почвенных гелях / Г.Н. Федотов, Г.В. Добровольский, С.А. Шоба // Доклады Академии наук, 2012. – Т. 445. – № 4. – С. 482–485.

МИКРООРГАНИЗМЫ И ОБРАЗОВАНИЕ ГУМУСОВЫХ ВЕЩЕСТВ В ПОЧВАХ

Г.Н. ФЕДОТОВ, *ст. научн. сотр. Института экологического почвоведения, МГУ им. М.В. Ломоносова, д-р биол. наук,*
Л.В. ЛЫСАК, *доц. факультета почвоведения МГУ им. М.В. Ломоносова, д-р биол. наук,*
В.С. ШАЛАЕВ, *проф., директор ИСИЛ МГУЛ, д-р техн. наук*

gennadiy.fedotov@gmail.com

Установлено, что гумусовые вещества возникают под воздействием микроорганизмов, обитающих непосредственно в почвах или попадающих в почвы с растительными и животными остатками [1]. Однако однозначные представления о механизме этого процесса в настоящее время отсутствуют.

Одна из наиболее распространенных теорий возникновения гумусовых веществ (ГВ) состоит в том, что микроорганизмы в процессе переработки поступающих в почвы растительных и животных остатков (опада) выделяют ферменты, разлагающие биополимеры опада до низкомолекулярных компонентов, пригодных для их питания. При этом предлагается несколько механизмов возникновения полимерных молекул ГВ из продуктов ферментативной деструкции биополимеров. Один из них состоит в окислительном изменении этих достаточно простых органических молекул и их взаимодействии друг с другом с образованием полимерных молекул ГВ. Другой механизм базируется на полимеризации продуктов деструкции биополимеров под влиянием ферментов-синтаз, вырабатываемых микроорганизмами с образованием макромолекул ГВ (эти подходы, при которых принимается одновременное функционирование микроорганизмов и образование ГВ, можно условно назвать «параллельными»). В них рассматривается возможность существования ГВ только в виде макромолекул [1–3]. Однако ряд данных [1, 4] позволяют рассматривать и иные механизмы этого процесса.

Хорошо известно, что при избытке опада в почвах активно развиваются микроорганизмы, численность которых заметно снижается после исчерпания питательных веществ. В этих условиях ГВ могут возникать не сразу после образования низкомолекулярных ве-

ществ (к низкомолекулярным относят вещества с молекулярной массой менее 1000 Дальтон) в процессе разложения биополимеров, а только после гибели микроорганизмов. При этом они могут представлять собой как макромолекулы, так нельзя исключить их существование и в виде супрамолекулярных соединений [4] (этот подход, при котором принимается сначала размножение микроорганизмов, а затем при их гибели образование ГВ, можно условно называть «последовательным»).

Исследования почв показали, что ГВ являются основой почвенных гелей, связывающих минеральные частицы почв в единую структуру. При этом гумусовая матрица почвенных гелей имеет многоуровневую организацию, и ее основными элементами являются фрактальные кластеры размером около 100 нм (Ф-кластеры) из первичных частиц ГВ размером несколько нанометров [5].

Как известно, размеры клеток бактерий в почве не превышают нескольких микрон [6]. Диапазон для диаметра составляет 0,2–2,5 мкм, для длины – 0,5–7,3 мкм, а средние размеры бактериальной клетки составляют 0,8–1,5 мкм. Встречаются в почве и более мелкие бактерии – нанобактерии (наноформы обычных бактерий), размеры которых составляют около 0,2–0,3 мкм (200–300 нм) [7].

С учетом того, что Ф-кластеры имеют размеры около 100 нм, и это много меньше размеров обычных почвенных бактерий и минимум вдвое меньше наноформ бактерий, появилась возможность сравнивать и классифицировать наблюдаемые в почвах объекты. Это позволяло чисто морфологическим путем попытаться решить задачу о времени и месте возникновения ГВ и ответить на вопрос о реализации «параллельного» или «последовательного» механизма их возникновения.

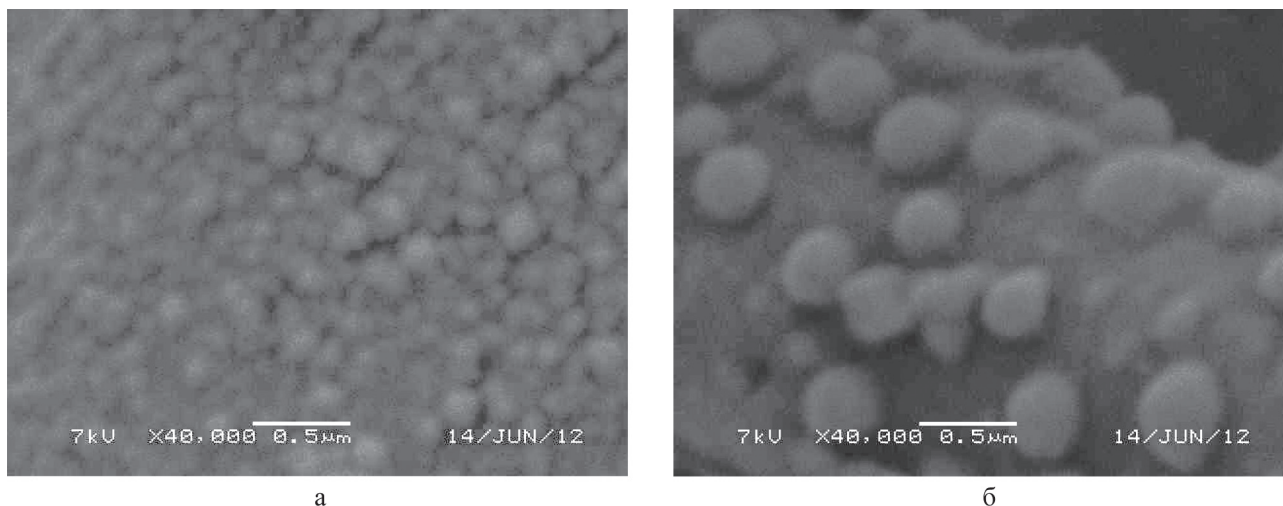


Рис. 1. Электронно-микроскопические фотографии растительных остатков в образце из горизонта ОА подзолистой почвы: а. Микроорганизмы на растительном остатке отсутствуют, но хорошо видны частицы, соответствующие по размерам Ф-кластерам; б. На растительном остатке хорошо видны микроорганизмы, но практически не наблюдается частиц, соответствующих по размерам Ф-кластерам

Целью работы явилось уточнение представлений о роли микроорганизмов в механизме образования ГВ в почвах.

В работе использовали образцы зональных почв из коллекции факультета почвоведения МГУ им. М.В. Ломоносова: подзол иллювиально-железистый, подзолистая, дерново-подзолистая и серая лесная почвы, черноземы различных типов, светло- и темно-каштановая почвы, бурая полупустынная почва, серозем и краснозем.

Для получения дополнительной информации были поставлены модельные эксперименты с различными видами бактерий (*Bacillus subtilis*, *Arthrobacter globiformis*, *Pseudomonas fluorescens*) из коллекции почвенных микроорганизмов кафедры биологии почв МГУ имени М.В. Ломоносова. Культуры бактерий выращивали в течение 4 месяцев на скошенном агаре (агаризованная среда Чапека с сахарозой), предполагая, что за этот период часть клеток микроорганизмов начнет погибать, и результаты этого процесса можно будет увидеть при помощи растрового электронного микроскопа.

Для приготовления образцов для микроскопирования биомассу бактерий с агара помещали в стерильную водопроводную воду. Каплю суспензии наносили на атомно-гладкую поверхность свежерасщепленной слюды и высушивали образцы при 40°С.

Микроскопическое исследование проводили при помощи растрового электронного микроскопа JEOL-6060A (фирмы JEOL, Япония) с вольфрамовым катодом. На образцы перед исследованием напыляли платину, используя установку JFC-1600 (фирмы JEOL, Япония).

Исследование показало, что на растительных остатках в большинстве случаев обнаруживаются либо микроорганизмы, либо частицы, соответствующие по размерам Ф-кластерам. Наблюдать одновременно и те и другие объекты удавалось довольно редко. В качестве примера приведены микрофотографии образца, отобранного из горизонта ОА подзолистой почвы (рис. 1). В первом случае видны частицы, соответствующие по размерам Ф-кластерам, но отсутствуют микроорганизмы (рис. 1, а), а во втором случае хорошо видны микроорганизмы, но достаточно трудно судить о наличии Ф-кластеров (рис. 1, б). Из полученных данных следовало, что сделать однозначный вывод о реализации в почвах «параллельного» или «последовательного» механизма образования ГВ не представляется возможным.

На следующем этапе работы было проведено исследование преобразования микроорганизмов на поздней стадии развития. При этом удалось получить более однозначную информацию. Выяснилось, что при отмирании на поздних стадиях развития популяции некото-

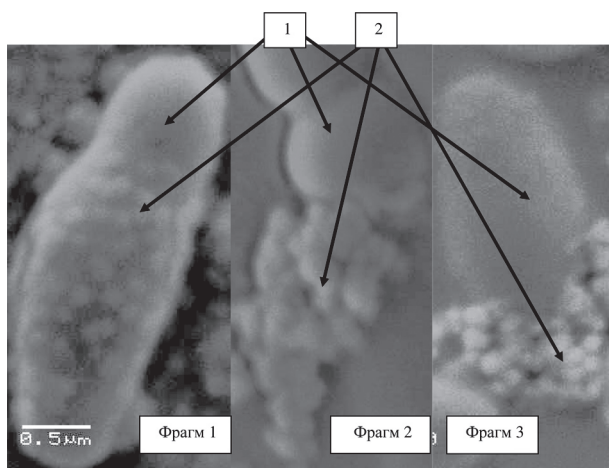


Рис. 2. Электронно-микроскопические фотографии *Arthrobacter globiformis*: 1 – микроорганизмы; 2 – частицы, соответствующие по размерам Φ-кластерам

рые микроорганизмы распадаются на частицы, величина которых соответствует размеру Φ-кластеров. Так ведут себя как грамположительные (*Arthrobacter globiformis*), так и грамотрицательные (*Pseudomonas fluorescens*) бактерии (рис. 2). Спорообразующие грамположительные бактерии (*Bacillus subtilis*) образуют споры. Некоторые клетки этих бактерий в результате автолиза распадаются до частиц, соответствующих по размерам Φ-кластерам (рис. 3).

Суммируя всю полученную экспериментальную информацию, можно сказать:

- в большинстве случаев нам не удалось наблюдать сосуществование на растительных остатках микроорганизмов и Φ-кластеров, как это должно было быть, если бы возникновение ГВ шло по «параллельному» механизму;

- при гибели микроорганизмов образуются частицы, размеры которых соответствуют Φ-кластерам, что свидетельствует в пользу «последовательного» механизма возникновения ГВ.

Следовательно, проведенные эксперименты косвенно, на основании только микроморфологической информации, указывают на возможность образования ГВ в почвах по «последовательному» механизму при гибели микроорганизмов и отрицают возможность возникновения ГВ по «параллельному» механизму.

Дополнительное подтверждение правильности подобного вывода можно полу-

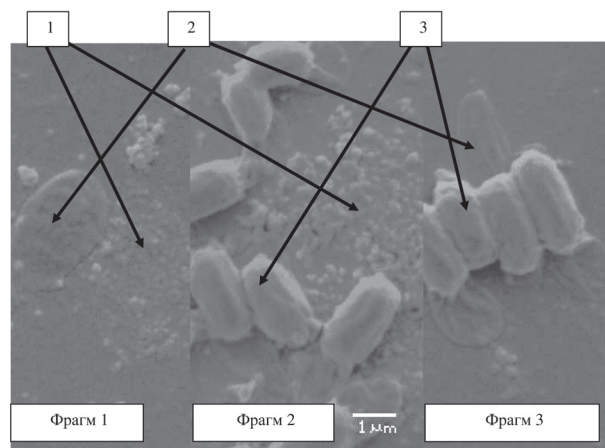


Рис. 3. Электронно-микроскопические фотографии *Bacillus subtilis*: 1 – частицы, соответствующие по размерам Φ-кластерам; 2 – оболочки микроорганизмов; 3 – споры микроорганизмов

чить при анализе процесса образования ГВ с позиций функционирования экосистем.

Вполне очевидно, что образование и существование ГВ в почвах должно соответствовать экстремальному принципу, которому подчиняются существование и функционирование экосистем: «Сообщество животных и растений в любом месте земного шара представляет собой ансамбль видов, который обеспечивает максимальное использование падающей на Землю солнечной радиации при том типе почв, который характерен для данного района» [8].

С позиций этого основополагающего принципа микроорганизмы, обитая в почвах, должны приспосабливать среду для существования, а значит, реутилизируемые продукты распада клеток должны быть предназначены для выполнения важной для микроорганизмов функции и их нельзя рассматривать как случайный побочный продукт, присутствующий в почвах благодаря его высокой устойчивости [3]. Одним из предположений при подобном подходе является использование микроорганизмами ГВ в качестве «депо» питательных веществ для обеспечения почвенного гомеостаза. Однако «параллельный» механизм образования ГВ, включающий выделение ферментов для разложения биополимеров, затем других ферментов для полимеризации органических молекул – продуктов разложения биополимеров, потом третьих ферментов, разлагающих ГВ, с точки зрения энергоэффективности не может

быть основой почвенного гомеостаза, так как все процессы образования ферментов энергозатратны и выигрыша энергии для микроорганизмов в этом случае ожидать довольно трудно [1]. Следовательно, объяснить с позиций «параллельного» механизма необходимость ГВ для микроорганизмов как «депо» питательных веществ достаточно сложно, и основная проблема связана с затратой микроорганизмами энергии на синтез ферментов для образования и разрушения полимеров (макромолекул) ГВ.

Использование представлений о ГВ как о супрамолекулярных соединениях все принципиально меняет с точки зрения их роли в создании почвенного гомеостаза. При существовании ГВ в виде супермолекул или супрамолекулярных ансамблей у них появляется принципиальная возможность выполнять роль «депо» низкомолекулярных органических соединений для питания микроорганизмов в условиях дефицита опада. Причем процесс возникновения супермолекул ГВ протекает самопроизвольно – без затрат энергии, так как не требует для своей реализации выделения микроорганизмами ферментов.

Получение микроорганизмами из супермолекул ГВ низкомолекулярных органических продуктов тоже может происходить без затрат энергии, если последние заменяются на молекулы-метаболиты, выделяющиеся из микроорганизмов. В этом случае микроорганизмы решают сразу две задачи – получают питание и утилизируют отходы. Процесс замены низкомолекулярных органических продуктов ГВ на метаболиты микроорганизмов, протекающий во времени, приводит к изменению ГВ, и, по-видимому, он и является хорошо известным в почвоведении созреванием ГВ [3].

Рассматривая возможность образования супермолекул или супрамолекулярных ассоциатов ГВ в почвах, следует отметить. Во-первых, наиболее вероятным с точки зрения химии является их образование в каких-то пространственно выделенных областях почвы – компартментах, роль которых могут выполнять гибнущие микроорганизмы. В этом случае автоматически решается вопрос о необходимом составе и концентрации в части системы, при которых возможно возникновение супрамолекулярных ГВ. Во-вто-

рых, в связи с тем, что биологические объекты, как правило, сами управляют важными для них процессами [9], нельзя исключать существования своего рода затравочного эффекта – образования при гибели микроорганизмов каких-либо олигомерных соединений, на которых и происходит сборка супрамолекулярных ГВ.

Подобная точка зрения ранее уже высказывалась [10] и подтверждается процессами самоорганизации в микробных сообществах, которые не являются просто группой расположенных рядом микроорганизмов, а являются системой, обладающей способностью приспосабливаться, и устойчивостью из-за коллективной ответной реакции на различные воздействия [13–17]. Можно предположить, подобная система реагирует на уменьшение содержания питательных веществ в почвенном растворе организовано, изменяясь так, чтобы обеспечить дальнейшее существование микроорганизмов в почве, запасая при гибели отдельных клеток микроорганизмов питательные вещества в виде супермолекул ГВ.

Таким образом, проведенные эксперименты и анализ происходящих в почвах при образовании ГВ процессов с большой долей уверенности позволяют утверждать, что образование фрактальных кластеров из супермолекул ГВ происходит в почвах по «последовательному» механизму, при гибели микроорганизмов бактериального сообщества внутри погибающих клеток и, по-видимому, на неких затравочных молекулах.

Библиографический список

1. Тейт Р. Органическое вещество почвы: Биологические и экологические аспекты / Р. Тейт. – М.: Мир, 1991. – 400 с.
2. Кононова М.М. Органическое вещество почв / М.М. Кононова. – М.: Изд. АН СССР, 1963. – 314 с.
3. Орлов Д.С. Гумусовые кислоты почв и общая теория гумификации / Д.С. Орлов. – М.: Изд. МГУ, 1990. – 325 с.
4. Piccolo A. «The Supramolecular Structure of Humic Substances» // *Soil Science*, 2001, 166(11). pp. 810–832.
5. Федотов Г.Н. Возможные пути формирования наноструктуры в почвенных гелях / Г.Н. Федотов, Г.В. Добровольский // *Почвоведение*. – 2012. – № 8. – С. 908–920.
6. Гузев В.С. Биометрический анализ клеток бактерий в почве / В.С. Гузев, Д.Г. Звягинцев // *Микробиология*. – 2003. – Т. 72. – № 2. – С. 221–227.

7. Лысак Л.В. Численность и таксономический состав наноформ бактерий в некоторых почвах России / Л.В. Лысак, Е.В. Лапыгина, И.А. Конова, Д.Г. Звягинцев // Почвоведение. – 2010. – № 7. – С. 819–824.
8. Уатт К. Экология и управление природными ресурсами: Количественный подход / К. Уатт. – М.: Мир, 1971. – 463 с.
9. Исаев, В.В. Синергетика для биологов: вводный курс / В.В. Исаев. – М.: Наука, 2005. – 158 с.
10. Руссель С. Микроорганизмы и жизнь почвы / С. Руссель. – М.: Колос, 1977. – 224 с.
11. Федотов Г.Н. Органоминеральные образования в почвах и пути улучшения почвенных свойств / Г.Н. Федотов, В.С. Шалаев // Вестник МГУЛ – Лесной вестник. – 2012. – №2. – С. 80–87.
12. Федотов Г.Н. Попытка применения системного подхода к объяснению образования гумусовых веществ в почвах и возникновению в почвенных горизонтах различных видов гелей / Г.Н. Федотов, Ю.П. Батырев // Вестник МГУЛ – Лесной вестник. – 2011. – №7. – С. 87–95.
13. Ben-Jacob E. Bacterial self-organization: co-enhancement of complexication and adaptability in a dynamic environment // Phil. Trans. R. Soc. Lond. A (2003) 361, pp. 1283-1312.
14. Cho H.J., Jonsson H., Campbell K., Melke P., Williams J.W., Jedynak B., Stevens A.M., Groisman A., Levchenko A. Self-Organization in High-Density Bacterial Colonies: Efficient Crowd Control // PLoS Biology. 2007. November. V. 5. Issue 11. e302. pp. 2614-2623.
15. Kerner M., Hohenberg H., Ertl S., Reckermann M., Spitzzy A. Self-organization of dissolved organic matter to micelle-like microparticles in river water // Nature. 2003. 422: 150-154.
16. Kibblewhite M.G., Ritz K. and Swift M.J. Soil health in agricultural systems // Phil. Trans. R. Soc. B. 2008. February. V. 363. № 1492. pp. 685-701.
17. Rang C.U., Peng A.Y., Lin Chao. Temporal Dynamics of Bacterial Aging and Rejuvenation // Current Biology, 27 October 2011 DOI: 10.1016 / j.cub.2011.09.018.

ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДЕНДРОХРОНОЛОГИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ ПРИ ИДЕНТИФИКАЦИИ ЛЕСОЗАЩИТНЫХ СТРАТ МУРОМЦЕВСКОГО УЧАСТКОВОГО ЛЕСНИЧЕСТВА ВЛАДИМИРСКОЙ ОБЛАСТИ

В.А. ЛИПАТКИН, *проф. каф. экологии и защиты леса МГУЛ, канд. биол. наук,*
С.Б. ПАЛЬЧИКОВ, *доц. лесоустройства и охраны леса МГУЛ, канд. с.-х. наук, президент*
НПСА «ЗДОРОВЫЙ ЛЕС»,
Д.Е. РУМЯНЦЕВ, *проф. каф. ботаники и физиологии растений, д-р биол. наук,*
А.М. КРЫЛОВ, *асп. МГУЛ,*
А.А. ЕПИШКОВ, *асп. МГУЛ*

dendro@mgul.ac.ru

В последнее время во всем мире актуальной является задача идентификации происхождения древесины. Предпринимаются меры по документальному контролю за происхождением древесины (закон Лейси в США, Директива Евросоюза № 995/2010, проект закона о круглых лесоматериалах в РФ). Вместе с тем растет и востребованность объективных методов контроля за достоверностью предоставляемой в сопроводительных документах информации. Одним из самых перспективных методов такого контроля является дендрохронологический.

В настоящий момент можно считать решенной задачу идентификации региона происхождения древесины дендрохронологическими методами. Вопрос точного установления таксационного выдела происхож-

дения древесины на практике сталкивается с необходимостью создания обширных банков дендрохронологической информации. В связи с этим актуальной является проверка возможности идентификации происхождения древесины из некоторой общности выделов – страты, т.е. группы насаждений сходных по основным таксационным показателям.

Стратификация лесного фонда в настоящее время производится при лесопатологическом мониторинге и государственной инвентаризации лесов. Методику стратификации лесов в соответствии с лесозащитным районированием, регламентирует приложение к приказу Рослесхоза от 29.12.2007 № 523 «Руководство по проектированию, организации и ведению лесопатологического мониторинга». Согласно

данному документу определение состояния лесов ведется на основе стратификации участков лесного фонда, то есть выделения однородных групп (страт) лесных насаждений, сходных по основным таксационным показателям. Основными таксационными показателями, по которым проводится стратификация, являются:

- 1) порода;
- 2) участие главной породы в составе древостоя: смешанное – до 4 единиц состава (СП); с преобладанием главной породы – от 5 до 7 единиц состава (ПП); «чистый» древостой – 8–10 единиц состава (ЧП);
- 3) группа возраста: молодняки (МВ); средневозрастные и припевающие (ПВ); спелые и перестойные (СВ);
- 4) группа полноты: низкополнотные – 0,3–0,5 (НП); среднеполнотные – 0,6–0,7 (ОП); высокополнотные – 0,8 и более (ВП);
- 5) группа бонитета: низкобонитетные – Vб–IV (НБ); среднебонитетные – III–II (СБ); высокобонитетные – I–II (ВБ).

Дополнительными таксационными показателями являются происхождение древостоя (естественное или искусственное) и группа типов условий произрастания. Стратификация осуществляется по лесозащитным районам путем распределения выделов по стратам (комбинациям значений таксационных характеристик). При большом разнообразии лесорастительных условий возможно объединение нескольких страт в одну с соответствующим обоснованием. Конечным результатом данного этапа работ является перечень страт с указанием их площади.

Нами, на материале хронологий созданного в 2009 г. банка данных для территории Муромцевского участкового лесничества Владимирской области, были выполнены исследования специфики колебаний величины радиального прироста в соответствии со стратификацией территорий лесозащитных районов. Целью исследований была оценка специфичности колебаний прироста в пределах отдельных страт и возможности определения страты заготовки древесины с учетом данных об изменчивости прироста.

Данные о стратификации лесных массивов были предоставлены ФБУ «Рослесозащи-

та» в рамках договора о научном сотрудничестве. Были выбраны четыре страты Е.СП.ПВ.ОП.ВБ. (9 пробных площадей, условный код страты 1); С.ПП.ПВ.ОП.ВБ (19 пробных площадей, условный код страты 2); Е.ПП.ПВ.ОП.ВБ (9 пробных площадей, код страты 3); С.СП.ПВ.ОП.ВБ. (9 пробных площадей, код страты 4). Для исследования был применен метод кластерного анализа в программе STATISTICA 6,0.

Задачей кластерного анализа является разбиение множества исследуемых объектов и признаков на однородные в некотором смысле группы, или кластеры. Задача кластерного анализа заключается в том, чтобы на основании данных содержащихся во множестве X , разбить множество объектов G на m (m -целое) кластеров Q_1, Q_2, \dots, Q_m так, чтобы каждый объект G_j принадлежал одному и только одному подмножеству разбиения. При этом объекты, принадлежащие одному и тому же кластеру, должны быть сходными, а объекты, принадлежащие разным кластерам, – разнородными.

Решением задачи кластерного анализа являются разбиения, удовлетворяющие критерию оптимальности. Сходство между объектами при кластерном анализе определяется через понятие расстояния между векторами измерений X_i, X_j . Чем меньше расстояние между объектами, тем выше их сходство.

Наиболее часто используемым вариантом оценки расстояния между объектами является «евклидово расстояние» (*euclidean distances*), вычисляемое по формуле

$$D_e(X_i, X_j) = (\sum_k (x_{ik} - x_{jk})^2)^{1/2}.$$

Евклидово расстояние – это геометрическое расстояние в многомерном пространстве. Если при анализе имеет смысл придать большие веса более отдаленным друг от друга объектам, то используют такой показатель, как «квадрат евклидова расстояния» (*square euclidean distances*).

По итогам расчета расстояния между объектами производится объединение их в однородные группы. Принцип работы иерархических (создающих древовидные структуры) процедур состоит в последовательном объединении (разделении) групп элементов сначала самых близких (далеких), а затем все более отдаленных (близких) друг от друга.

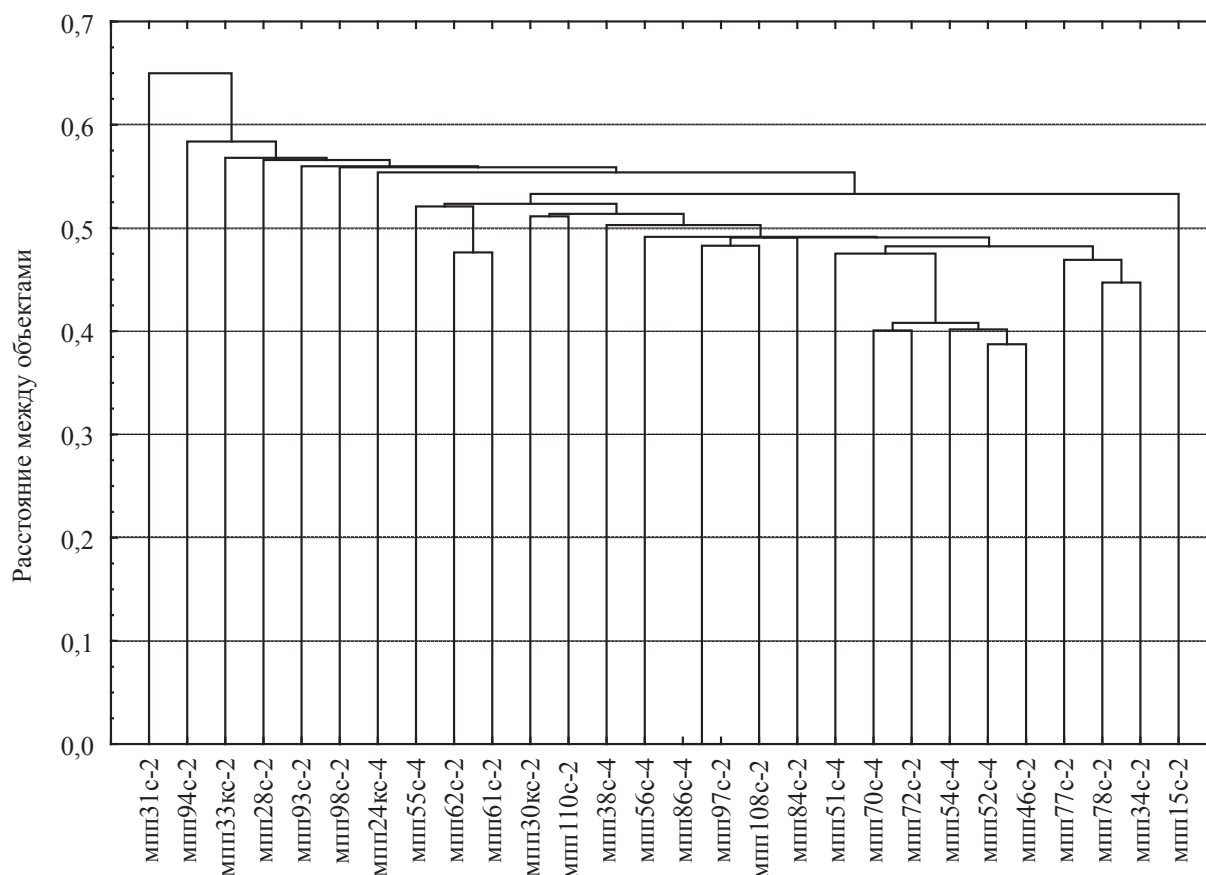


Рис. 1. Результаты кластерного анализа индексированных хронологий сосны, принадлежащих стратам 2 и 4, на основе расчета евклидова расстояния и объединения в группы по правилу одиночной связи

Большинство из этих алгоритмов исходит из матрицы расстояний (сходства).

Общий принцип работы агломеративного алгоритма следующей. На первом шаге каждое наблюдение G_i ($i = 1, 2, \dots, n$) рассматривается как отдельный кластер. В дальнейшем на каждом шаге работы алгоритма происходит объединение двух самых близких кластеров и с учетом принятого расстояния по формуле пересчитывается матрица расстояний, размерность которой снижается на единицу. Работа алгоритма заканчивается, когда все наблюдения объединены в один класс. Полученная классификация представляется графически в виде дендрограммы.

Программа STATISTICA 6,0 предусматривает возможность использования различных правил иерархического объединения объектов кластеры.

Так, согласно правилу «одиночной связи» (*single linkage*) в первом шаге объединяются два наиболее близких объекта, т.е.

имеющие максимальную меру сходства. На следующем шаге к ним присоединяется объект с максимальной мерой сходства с одним из объектов кластера, т.е. для его включения в кластер требуется максимальное сходство лишь с одним членом кластера. Данный метод называют методом ближайшего соседа, так как расстояние между двумя кластерами определяется как расстояние между двумя наиболее близкими объектами в различных кластерах. Это правило «нанизывает» объекты для формирования кластеров.

Согласно правилу «полных связей» (*complete linkage*) два объекта, принадлежащие одной и той же группе (кластеру), имеют коэффициент сходства, который меньше некоторого порогового значения S . Другими словами, расстояние между двумя точками (объектами) кластера не должно превышать некоторого порогового значения d . Таким образом, d определяет максимально допустимый диаметр подмножества, образующего клас-

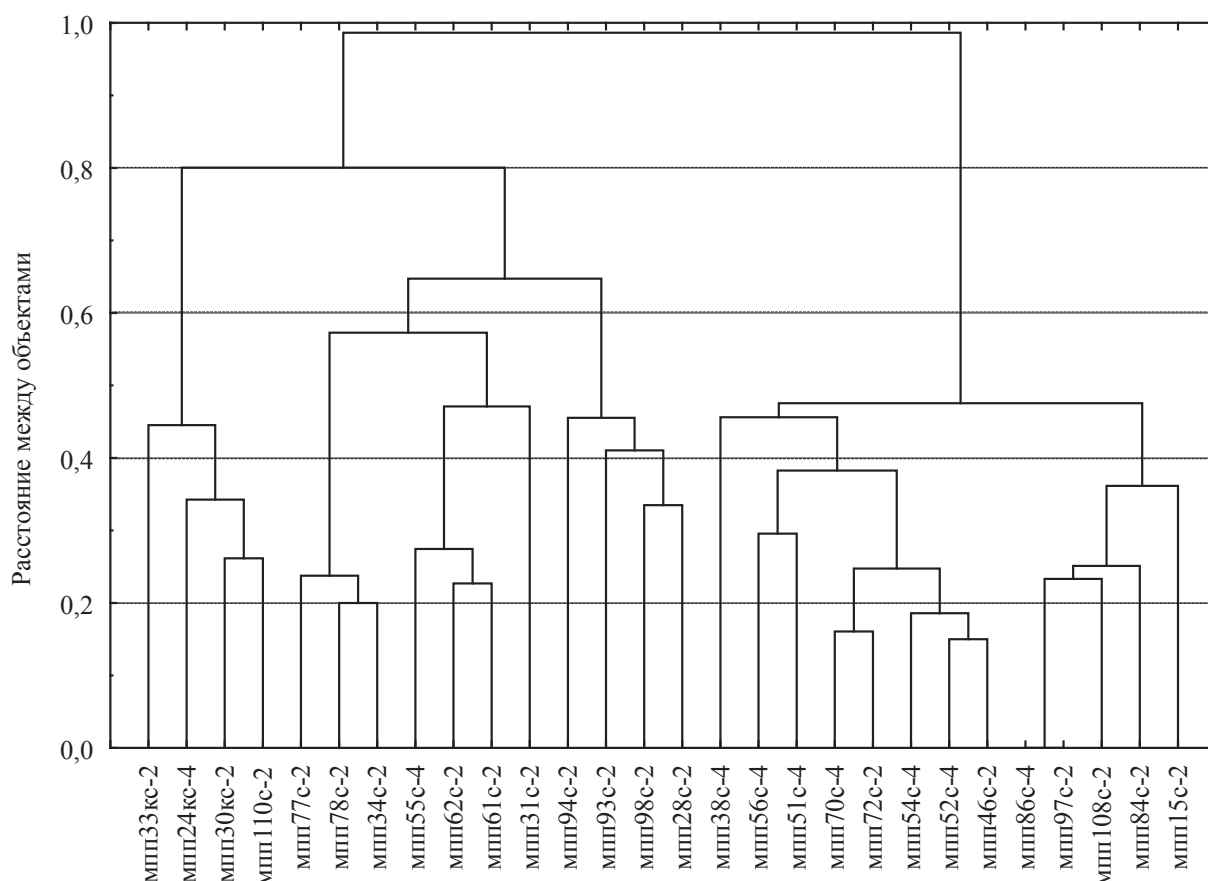


Рис. 2. Результаты кластерного анализа индексированных хронологий сосны, принадлежащих стратам 2 и 4, на основе расчета евклидова расстояния и объединения в группы по правилу полных связей

тер. Этот метод называют методом наиболее удаленных соседей, так как при достаточно большом пороговом значении d расстояние между кластерами определяется наибольшим расстоянием между любыми двумя объектами в различных кластерах.

Выполненные расчеты имели целью получение информации о соответствии между лесозащитной стратификацией лесных массивов и делением лесного массива на кластеры по признаку сходства в кратковременно обусловленной (климатической) компоненты изменчивости радиального прироста. Для территории Муромцевского участкового лесничества было выполнено по два варианта подобного рода расчетов для каждой из хвойных пород (сосна, ель):

1. Расчет евклидова расстояния, объединение в группы по правилу одиночной связи.
2. Расчет квадрата евклидова расстояния, объединение в группу по правилу полных связей.

Варианты расчета по первому и второму алгоритму для сосняков Муромцевского лесничества приведены на рис. 1 и 2. В наименовании пробных площадей первое место занимает код пробной площади в банке данных, через дефис расположена цифра, обозначающая принадлежность таксационного выдела, в пределах которого заложена пробная площадь к определенной страте (2 или 4).

По данным дендрограммы (рис. 1) видно, что формирования отдельных двух кластеров, приблизительно соответствующих по количеству хронологий двум исследуемым лесозащитным стартам, не происходит. Более того, в кластере, состоящем из двух хронологий, довольно часто представлены как наиболее близкие объекты хронологии из разных страт.

На рис. 2 можно отметить формирование двух четко отличающихся кластеров. В кластере 1 (левый кластер) 87 % членов представлено хронологиями страты 2. В кластере 2 (правый кластер) 46 % представлено хро-

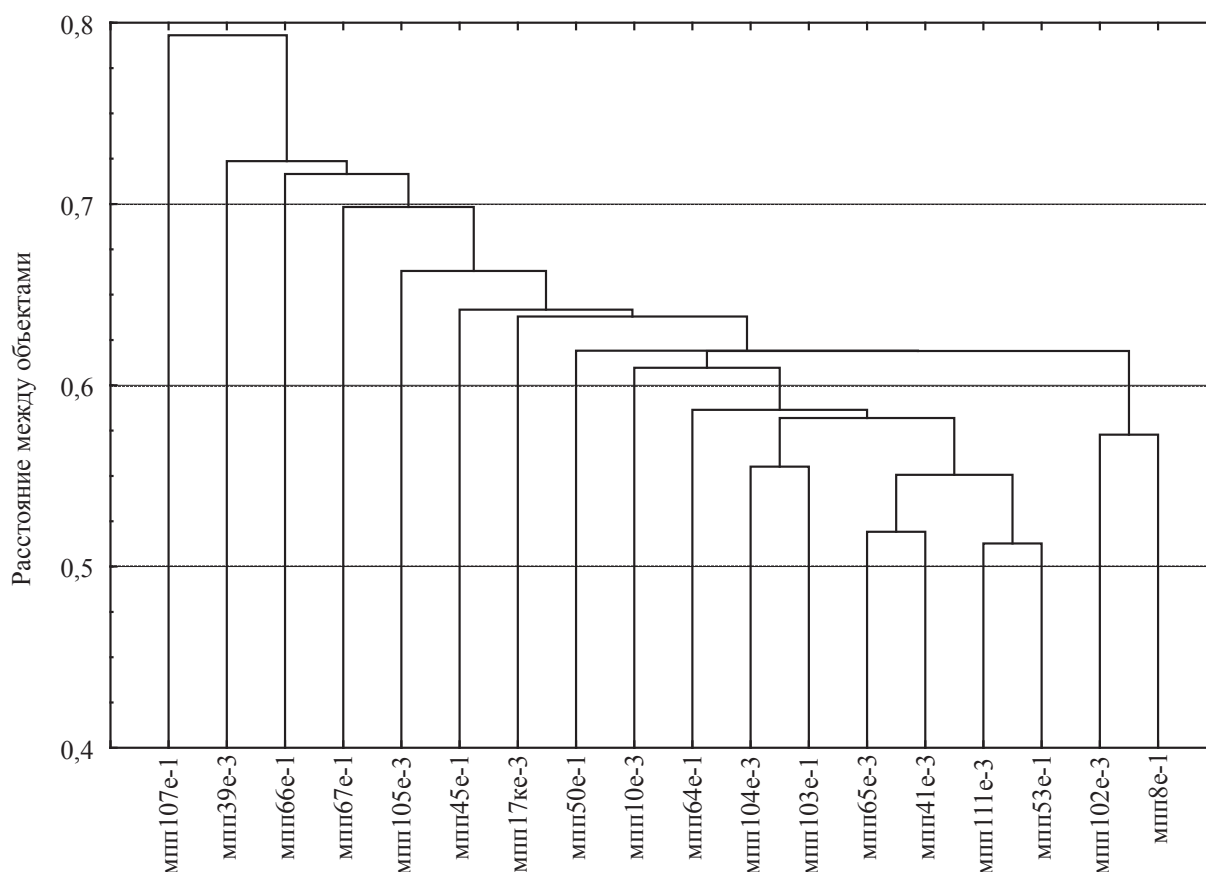


Рис. 3. Результаты кластерного анализа индексированных хронологий ели, принадлежащих стратам 1 и 3, на основе расчета евклидова расстояния и объединения в группы по правилу одиночной связи

нологиями страты 2. Таким образом, частоты встречаемости хронологий разных страт в разных кластерах отличаются

Варианты расчета по первому и второму алгоритму для ельников Муромцевского лесничества приведены на рис. 2.3 и рис. 2.4. В наименовании пробных площадей первое место занимает код пробной площади в банке данных, через дефис расположена цифра, обозначающая принадлежность таксационного выдела, в пределах которого заложена пробная площадь к определенной страте (1 или 3).

По данным дендрограммы на рис. 3 видно, что, как и в случае с сосняками, при использовании алгоритма кластеризации по правилу одиночной связи в выборке не происходит формирования отдельных двух кластеров, приблизительно соответствующих по количеству хронологий двум исследуемым лесозащитным стратам. В кластерах, состоящих из двух хронологий, довольно часто

представлены как наиболее близкие объекты хронологии из разных страт.

По данным дендрограммы на рис. 4 в кластере 1(левый кластер) 60 % хронологий представлено хронологиями страты 3. В кластере 2 (правый) только 40 % хронологий представлено хронологиями страты 3. Следовательно, наблюдается явный дисбаланс представленности хронологий из разных страт в каждом из кластеров. С другой стороны наблюдающееся превышение в 10 % над полностью случайным распределением (50 %/50 %) не дает возможности говорить о наличии имеющего практическое значение совпадения классификаций.

Подводя итог по результатам выполненных исследований, можно заключить, что существующая лесозащитная стратификация территории лесных массивов отражает некоторую объективную для дендрохронологии классификацию, результаты подобного разделения коррелируют с определенным рода

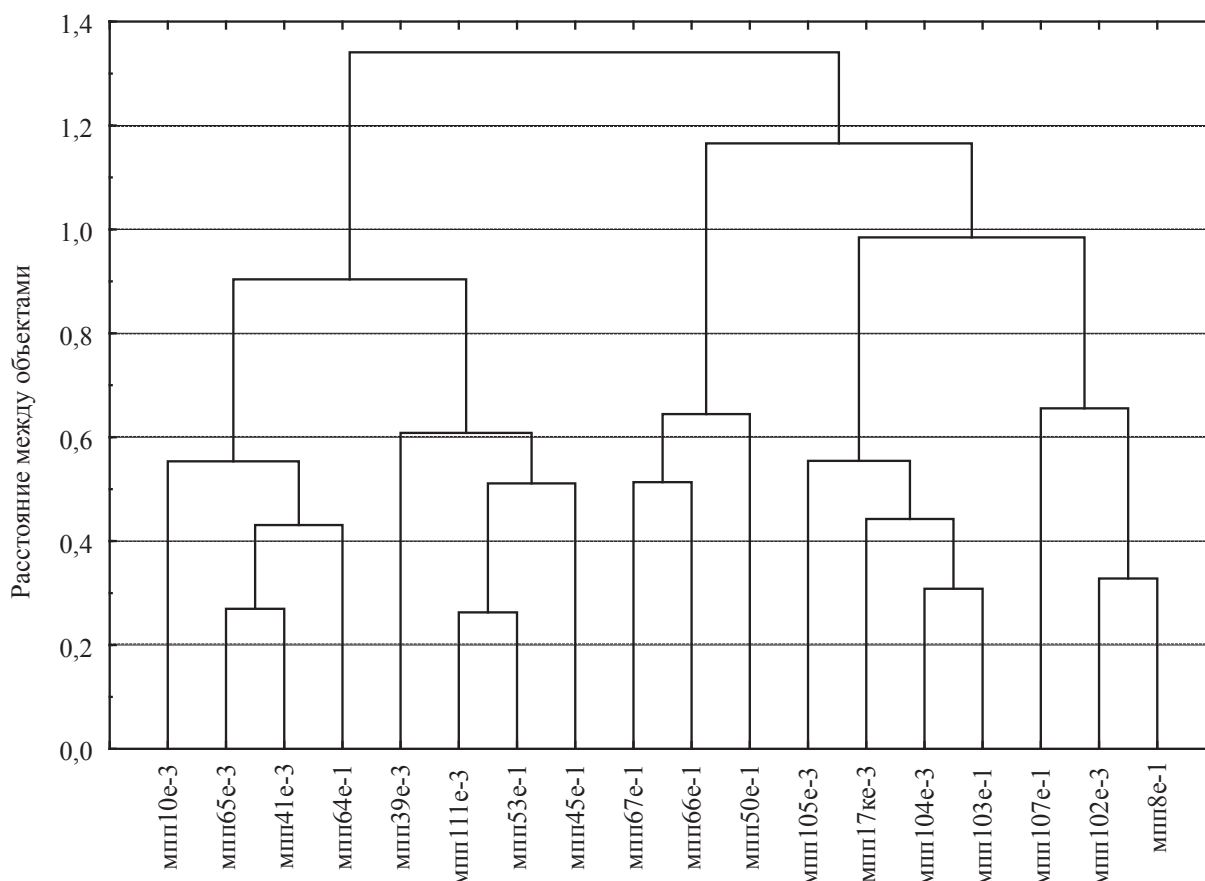


Рис. 4. Результаты кластерного анализа индексированных хронологий ели, принадлежащих стратам 1 и 3, на основе расчета евклидова расстояния и объединения в группы по правилу полных связей

вариантом кластерного анализа индексированных хронологий. Однако соответствие такого рода классификаций не полное и не линейное.

Возможно, что дендрохронологическая стратификация будет являться более точным методом разделения лесных массивов на однородные с точки зрения потребностей лесопатологического мониторинга группы. Для этого необходимы исследования по кластеризации территории лесного массивов по признакам распространенности различного рода заболеваний и вредителей и сопоставление данных результатов с результатами кластеризации по признакам изменчивости индексов радиального прироста.

С точки зрения идентификации места происхождения срубленной древесины использование стратификации территорий лесозащитных районов на современном этапе развития методики неперспективно. Хотя в пределах одной страты и наблюдается известное сходство по динамике индексов

прироста, но говорить о единстве динамики индексов прироста в пределах одной страты нет оснований. С точки зрения развития методики дендрохронологической идентификации места происхождения древесины полученный результат является положительным моментом: он говорит о наличии достаточно высокой специфичности в изменчивости прироста каждой отдельной ценопопуляции и подтверждает возможность идентификации места происхождения срубленной древесины с точностью до выдела, несмотря на известное сходство лесорастительных условий нескольких точек лесного массива.

Библиографический список

1. Руководство по проектированию, организации и ведению лесопатологического мониторинга. Приложение к приказу Рослесхоза от 29.12.2007 № 523 – 21 с.
2. Халафян А.А. STATISTICA 6. Статистический анализ данных / А.А. Халафян. – М.: БИНОМ, 2008 – 508 с.

ДЕНДРОКЛИМАТИЧЕСКАЯ ДИАГНОСТИКА СОСТОЯНИЯ СОСЕН СЕКЦИИ СТРОВІ В УСЛОВИЯХ ДЕНДРОЛОГИЧЕСКОГО САДА МГУЛ

Д.Е. РУМЯНЦЕВ, *проф. каф. ботаники и физиологии растений МГУЛ, д-р биол. наук,*
А.В. ЧЕРАКШЕВ, *магистрант каф. ботаники и физиологии растений МГУЛ*

dendro@mgul.ac.ru

Ширинa годичного кольца является признаком, который сильно варьирует от года к году в зависимости от изменений экологической обстановки. Есть основания придерживаться той точки зрения, что в оптимальных условиях произрастания фактор, лимитирующий прирост, может меняться от года к году и вследствие этого корреляционный анализ не способен выявить достоверную связь колебаний радиального прироста с колебаниями метеопараметров [1]. В то же время, если условия экстремальны, существует один лимитирующий прирост фактор, и колебания прироста от года к году связаны только с колебаниями дозы этого фактора от года к году, что может быть относительно легко установлено с помощью корреляционного анализа.

Городские условия для древесных растений могут быть экстремальны по многим параметрам. Факторы, создающие экстремальные экологические условия для древесной растительности в городской среде достаточно подробно рассмотрены в ряде обзорных работ [2, 3]. Одним из них является неблагоприятный водный режим почвы.

В городских условиях неблагоприятный водный режим почвы может создаваться, главным образом, вследствие:

- изменения уровня грунтовых вод, вызванных строительством на близлежащих территориях;
- небольшого количества внутрипочвенного стока при условии того, что значительная часть поверхности почвы закрыта асфальтом;
- интенсивной транспирации и усиленного испарения с поверхности почвы вследствие повышенных температур почвы и воздуха в городской среде из-за нагрева асфальтового покрытия и стен зданий солнечной радиацией.

Неблагоприятные условия для водного питания создает также изменение режима аэрации почвы при ее уплотнении вследствие рекреационной нагрузки. Отрицательная роль уплотнения почвы проявляется также в том, что наличие уплотненного поверхностного горизонта почвы снижает внутренний сток при выпадении атмосферных осадков.

Подводя итог, следует заключить, что в городской среде водный стресс представляет серьезную опасность для нормального существования древесных растений и часто может служить основным фактором ухудшения их состояния. С другой стороны, избыточный полив в силу особенностей физиологии растений (необходимости кислорода для жизни корней дерева и всасывания ими влаги) также может вести к водному стрессу в кроне дерева.

Поэтому прежде чем назначать полив, нужно быть действительно уверенным, что растение ослаблено именно вследствие водного стресса, иначе возможно достичь и обратного эффекта – ухудшения состояния насаждений. Немаловажен и экономический аспект, ведь полив – достаточно дорогостоящая процедура и назначать его следует лишь в случае серьезной нужды в нем.

Внешние признаки ослабления растений (ажурность охвоения, наличие некротических участков на хвое и др.) достаточно неспецифичны и для уверенной диагностики того, что растение страдает именно из-за водного стресса, использованы быть не могут. Кроме того, водный стресс может быть особенно сильным лишь в определенные периоды вегетационного сезона и ведение полива лишь в этот период будет более экономически оправданным, чем регулярные поливы в течение всего вегетационного сезона.

Дендроклиматическая диагностика потребности городских зеленых насаждений

в регуляции водного режима почвы отвечает поставленным выше задачам. Она позволяет надежно выявлять как сам факт наличия неблагоприятного водного режима почвы в насаждении, так и календарный период года, в течение которого необходима его регуляция.

В качестве примера использования дендроклиматической информации для выявления водного стресса в зеленых насаждениях можно привести ряд исследований [4–7]. В нашей работе дендроклиматическая информация была использована для диагностики состояния сосен секции *Strobi*, произрастающих на территории дендрария Московского государственного университета леса.

Дендрологический сад на этой территории был заложен в начале 60-х гг. XX в. Началом его формирования послужили посадки преподавателей кафедры селекции МЛТИ: М.Л. Стельмахович, Н.В. Котеловой, А.Я. Любавской, проведенные под руководством академика А.С. Яблокова.

Согласно данным инвентаризации 1975–1985 гг., коллекция дендрария насчитывала более 300 наименований видов и внутривидовых форм древесных растений. Согласно данным инвентаризации, выполненной в 2000 г. под руководством старшего преподавателя кафедры селекции, генетики и дендрологии МГУЛ Е.И. Тимофеенко, было выявлено 209 видов деревьев, кустарников и древесных лиан, в том числе 173 вида лиственных пород и 36 видов хвойных. Список видов и внутривидовых форм, составленный Е.И. Тимофеенко, насчитывал 251 наименование.

В работе были использованы данные по двум видам сосен секции *Strobi*, сосны румелийской (*Pinus peuce* Griseb) и сосны веймутовой (*Pinus strobus* L.), произрастающих на территории дендрологического сада МГУЛ.

Для каждого учетного дерева составлялась таксационная и лесопатологическое описание; т.е. определялась высота каждого дерева, диаметр на высоте 1,3 м, класс роста по Крафту, категория состояния.

Точная высота каждого учетного дерева измерялась с помощью финского высоотомера SUUNTO PM–5/1520 с расстояния 20

м от дерева. Диаметр поперечного сечения ствола на высоте груди (1,3 м) измерялся с помощью мерной вилки с точностью до 1 см.

Категория состояния учетных деревьев определялась на основании действующих «Санитарных правил в лесах России», согласно которым различают шесть категорий состояния (жизнеспособности) деревьев: 1 – без признаков ослабления; 2 – ослабленные; 3 – сильно ослабленные; 4 – усыхающие; 5 – сухостой текущего года; 6 – сухостой прошлых лет.

Отбор образцов древесины производился с помощью бурава Пресслера по два буровых керна с каждого учетного дерева. Отбор велся на высоте 1,3 м по произвольно взятому радиусу. Направление отбора керна (например север, запад) при этом фиксировалось. Если на высоте 1,3 м была расположена мутовка, то место отбора образца смещался на 10 см выше или ниже намеченного.

Отобранные образцы укладывались в специальной формы бумажные конверты. На конверте подписывался номер учетного дерева в соответствии с нумерацией на плане дендрария МГУЛ, номер образца, так как отбиралось по два буровых образца с каждого учетного дерева, порода и сторона света.

Отобранные и этикетированные образцы поступали в лабораторию дендрохронологии Научно-образовательного экспертно-аналитического центра исследования древесных растений, где проводился дальнейший анализ отобранного материала с помощью прибора ЛИНТАБ и программы TSAP-Win. Измерение ширины годичных колец велось с точностью до 0,01 мм, для контроля за правильностью измерений использовалась процедура перекрестной датировки.

Характеристика обследованных деревьев приведена в табл. 1, 2.

Как видно из данных табл. 1, средний диаметр обследованных деревьев сосны румелийской составляет 22 см, средняя высота 15 м, класс роста по Крафту в среднем составляет 1,34 балла, категория состояния – 1,42 балла. Всего было отобрано 24 керна с 12 учетных деревьев.

Как видно из данных табл. 2, средний диаметр обследованных деревьев сосны

Таксационная характеристика обследованных деревьев сосны румелийской

№ дерева	Диаметр, см	Высота, м	Класс роста по Крафту	Категория состояния	Место отбора образцов
42	24	16	I	2	1,3 м, Запад
					1,3 м, Север
32	20	15	I	1	1,3 м, Юг
					1,3 м, Запад
33	30	16	I	1	1,3 м, Восток
					1,3 м, Юг
34	24	16	I	1	1,3 м, Север
					1,3 м, Восток
35	22	16	I	1	1,3 м, Север
					1,3 м, Восток
36	12	12	III	3	1,3 м, Запад
					1,3 м, Север
40	28	16	I	1	1,3 м, Восток
					1,3 м, Юг
38	20	16	I	1	1,3 м, Север
					1,3 м, Восток
39	18	15	I	1	1,3 м, Север
					1,3 м, Запад
31	20	14	II	2	1,3 м, Восток
					1,3 м, Север
30	14	13,5	II	2	1,3 м, Восток
					1,3 м, Север
29	28	14	I	1	1,3 м, Юг
					1,3 м, Восток

Таксационная характеристика обследованных деревьев сосны веймутовой

№ дерева	Диаметр, см	Высота, м	Класс роста по Крафту	Категория состояния	Место отбора образцов
318	20	11	III	2	1,3 м, Восток
					1,3 м, Юг
316	33	23	I	2	1,3 м, Север
					1,3 м, Запад
317	14	7	IV	3	1,3 м, Восток
					1,3 м, Юг
313	35	23	I	2	1,3 м, Север
					1,3 м, Восток
315	25	23	I	2	1,3 м, Юг
					1,3 м, Запад

веймутовой составляет 25 см, средняя высота 17,4 м, класс роста по Крафту в среднем составляет 2,0 балла, категория состояния – 2,42 балла. Всего было отобрано 10 кернов с 5 учетных деревьев.

Все деревья сосны веймутовой поражены возбудителем пузырчатой ржавчины (*Cronartium ribicola* Diett.). В то же время данное заболевание отсутствует у сосны ру-

мелийской. Чувствительность сосны веймутовой к возбудителю пузырчатой ржавчины и устойчивость к этому заболеванию сосны румелийской – давно и хорошо известный факт [8].

Для исследования влияния климатических факторов на радиальный прирост были использованы временные ряды метеопараметров метеостанции МГУ (г. Москва),

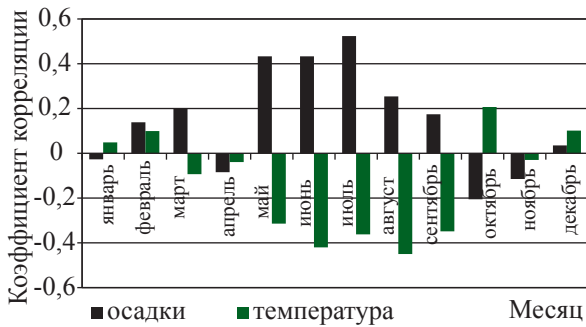


Рис. 1. Корреляция между индексом ширины годичного кольца и метеопараметрами текущего года для сосны румелийской

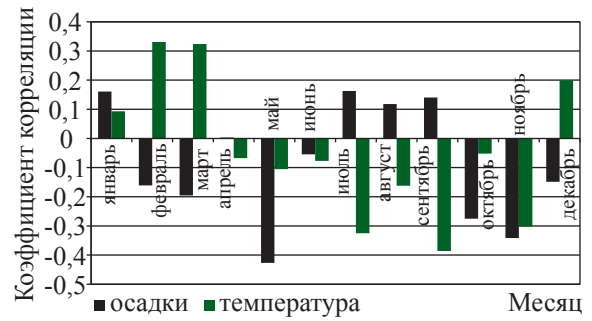


Рис. 2. Корреляция между индексом ширины годичного кольца и метеопараметрами прошлого года для сосны румелийской

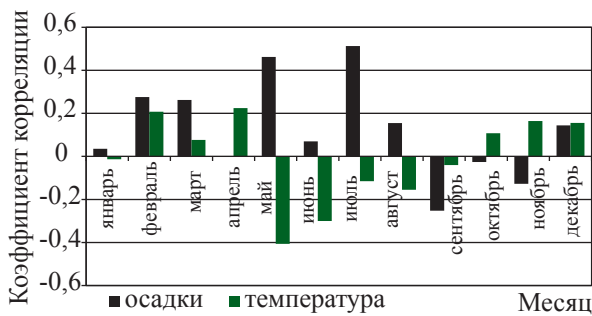


Рис. 3. Корреляция между индексом ширины годичного кольца и метеопараметрами текущего года для сосны веймутовой

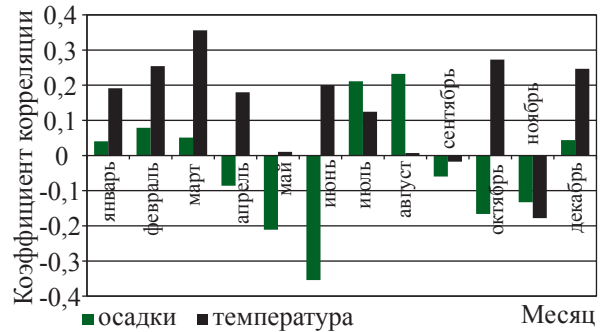


Рис. 4. Корреляция между индексом ширины годичного кольца и метеопараметрами прошлого года для сосны веймутовой

размещенные в открытом доступе на сайте <http://pogoda.ru.net/file.htm>. Индивидуальные для каждого образца ряды радиального прироста были проиндексированы отнесением ширины годичного кольца каждого года к средней ширине годичного кольца за последние пять лет. На основе индивидуальных индексированных хронологий были рассчитаны средние индексированные хронологии для сосны веймутовой и сосны румелийской.

Результаты корреляционного анализа влияния метеопараметров календарного года формирования годичного кольца на прирост сосны румелийской приведены на рис. 1. Расчет производился для периода 1986–2012 гг.

При числе степеней свободы 25 и уровне доверительной вероятности 0,05 достоверны значения коэффициентов корреляции (R) от 0,38 и больше. Среди метеопараметров текущего года формирования годичного кольца такие коэффициенты были выявлены для суммы осадков мая ($R = 0,43$), суммы осадков июня ($R = 0,43$), суммы осадков июля ($R = 0,52$), среднемесячной температуры июня

($R = -0,42$) и среднемесячной температуры августа ($R = -0,45$).

Результаты корреляционного анализа влияния метеопараметров года, предшествовавшего году формирования годичного кольца, на прирост сосны румелийской приведены на рис. 2. Расчет производился для периода 1986–2012 гг.

При числе степеней свободы 25 и уровне доверительной вероятности 0,05 достоверны значения коэффициентов корреляции (R) от 0,38 и больше. Среди метеопараметров года, предшествовавшего году формирования годичного кольца, такие коэффициенты были выявлены для суммы осадков мая ($R = -0,43$) и среднемесячной температуры сентября ($R = -0,39$).

Результаты корреляционного анализа влияния метеопараметров календарного года формирования годичного кольца на прирост сосны веймутовой приведены на рис. 3. Расчет производился для периода 1966–2012 гг.

При числе степеней свободы 45 и уровне доверительной вероятности 0,05 достовер-

Значения коэффициентов корреляции между отдельными метеопараметрами для разных видов сосны

Метеопараметр, для которого зафиксирована достоверная корреляция хотя бы для одного вида	Сосна веймутова	Сосна румелийская
Сумма осадков мая текущего года	0,46*	0,43*
Сумма осадков июня текущего года	0,07	0,43*
Сумма осадков июля текущего года	0,51*	0,52*
Среднемесячная температура мая текущего года	- 0,41*	- 0,31
Среднемесячная температура июня текущего года	- 0,30*	- 0,42*
Среднемесячная температура августа текущего года	- 0,15	- 0,45*
Сумма осадков мая прошлого года	- 0,20	- 0,43*
Среднемесячная температура июня прошлого года	- 0,35*	- 0,08
Среднемесячная температура сентября прошлого года	- 0,02	- 0,39*
Сумма осадков марта прошлого года	0,36*	- 0,20

Результаты многолетних фенологических наблюдений за двумя видами сосен в дендрарии ГБС РАН

Фенофаза	Сосна веймутова	Сосна румелийская
Начало вегетации	С начала апреля	С середины апреля
Рост побегов	С середины апреля до начала июня, иногда до конца июня	С конца апреля до середины июня
Вторичный рост побегов	Не отмечен	Иногда наблюдается в октябре

ны значения коэффициентов корреляции (R) от 0,29 и больше. Среди метеопараметров текущего года формирования годичного кольца такие коэффициенты были выявлены для суммы осадков мая ($R = 0,46$), суммы осадков июля ($R = 0,51$), среднемесячной температуры мая ($R = - 0,41$) и среднемесячной температуры июня ($R = - 0,30$).

Результаты корреляционного анализа влияния метеопараметров года, предшествовавшего году формирования годичного кольца, на прирост сосны веймутовой приведены на рис. 4. Расчет производился для периода 1966–2012гг.

При числе степеней свободы 45 и уровне доверительной вероятности 0,05 достоверны значения коэффициентов корреляции (R) от 0,29 и больше. Среди метеопараметров года, предшествовавшего году формирования годичного кольца, такие коэффициенты были выявлены для суммы осадков марта ($R = 0,36$) и среднемесячной температуры июня ($R = - 0,35$).

Сопоставляя характер влияния метеопараметров на прирост сосны румелийской и

сосны веймутовой, можно отметить наличие достоверных корреляций, общих для двух систематических близких видов, что обусловлено общностью их наследственных экологических свойств. При этом имеются и межвидовые отличия по чувствительности к погодному режиму на разных этапах роста. Проанализировать сходство и отличие видов по наследственным экологическим свойствам помогают данные табл. 3. Знаком «*» помечены достоверные значения коэффициентов корреляции (уровень доверительной вероятности 0,05)

По данным табл. 3 четко заметна закономерность чувствительности сосны веймутовой к температурам мая текущего года в отличие от сосны румелийской. По реакции на режим увлажнения данного месяца оба вида сходны.

В июне сосна веймутова не проявляет чувствительности к режиму увлажнения, тогда как сосна румелийская продолжает страдать от недостатка влаги. По реакции на температурный режим июня оба вида достаточно сходны. Реакция сосен на метеоусловия июля также очень похожа.

В то же время в августе сосна веймутова уже не реагирует на повышенные температуры, тогда как сосна румелийская к ним чувствительна. С этой тенденцией согласуется и отсутствие отрицательной реакции у сосны веймутовой на повышенные температуры сентября прошлого года.

Такого рода отличия можно интерпретировать на фенологической основе: основные фенофазы у двух видов, по-видимому, сдвинуты относительно друг друга. У сосны веймутовой какие-то важные физиологические процессы начинаются раньше, чем у сосны румелийской и, следовательно, какие-то фазы физиологического цикла у нее также заканчиваются несколько раньше.

Справедливость этого предположения подтвердилась при обращении к данным многолетних фенологических наблюдений в дендрарии Главного ботанического сада им Н.В. Цицина РАН [9]. Их результаты для двух исследуемых видов приведены в табл. 4.

Из данных табл. 4 видно, что сосна веймутова в условиях Московской области действительно начинает вегетацию раньше, чем сосна румелийская. Сосна румелийская проходит те же фенофазы с запозданием около двух недель по сравнению с сосной веймутовой. Интересно, что для сосны румелийской, в отличие от веймутовой, отмечался вторичный рост побегов. Эта биологическая особенность может объяснять наличие на образцах сосны румелийской небольшого (5–10 %) от общего количества годичных колец с аномальной анатомической структурой, что отсутствует у сосны веймутовой. Данный вопрос требует в дальнейшем дополнительных исследований.

Для экологической интерпретации других отличий, зафиксированных в табл. 3, оценки их биологической значимости, возможно, имеет смысл обратиться к биологии возбудителя пузырчатой ржавчины. Этим грибным заболеванием сильно поражены все исследуемые нами деревья сосны веймутовой.

По данным корреляционного анализа, для каждого вида сосны с использованием стандартных функций табличного процессо-

ра Microsoft Excel было составлено уравнение линейной регрессии.

Для сосны румелийской связь колебаний индексов прироста с метеоусловиями была смоделирована с помощью уравнения линейной регрессии вида

$$Y = 1,514 + 0,002 \times O_5 + 0,001 \times O_6 + 0,0013 \times O_7 - 0,023 \times T_6 - 0,03 \times T_8$$

где Y – индекс прироста

T_6 – среднемесячная температура июня, °С

T_8 – среднемесячная температура августа, °С

O_5 – сумма осадков мая, мм

O_6 – сумма осадков июня, мм

O_7 – сумма осадков июля, мм

Результат моделирования динамики индексов радиального прироста сосны румелийской под действием метеофакторов отражает рис. 5.

График (рис. 5), отражающий реальные колебания индексов прироста у учетных деревьев, и график, отражающий колебания, рассчитанные на основании метеорологических параметров моделированных значений, характеризуются высоким уровнем визуального сходства. Значения коэффициентов сходства также высоки (коэффициент синхронности 77 %; коэффициент корреляции 0,77). Регрессионная модель описывает 60 % изменчивости прироста.

Для сосны веймутовой связь прироста с метеоусловиями была смоделирована с помощью уравнения линейной регрессии вида

$$Y = 1,3272 + 0,002 \times O_5 + 0,002 \times O_7 - 0,0251 \times T_5 - 0,0168 \times T_6$$

где Y – индекс прироста,

T_5 – температура мая, °С

T_6 – температура июня, °С

O_5 – сумма осадков мая, мм

O_7 – сумма осадков июля, мм.

Результаты моделирования динамики индексов радиального прироста сосны веймутовой под действием метеофакторов отражает рис. 6.

Из данных рис. 6 видно, что для сосны веймутовой, также как и для сосны румелийской, регрессионная модель описывает колебания прироста с высоким уровнем точнос-

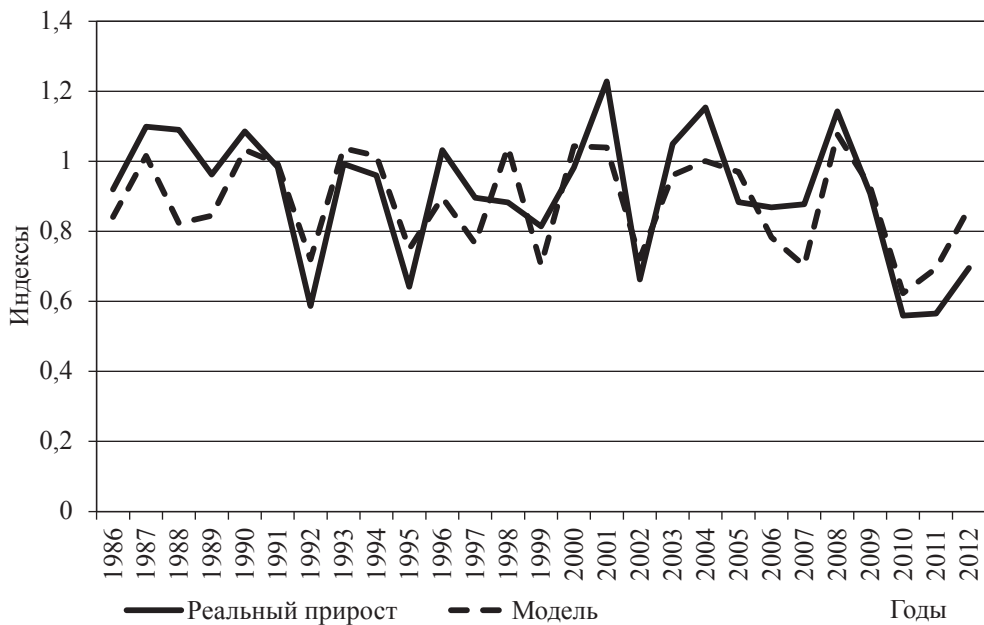


Рис. 5. Сопоставление реальных и модельных значений индексов прироста сосны румелийской по годам

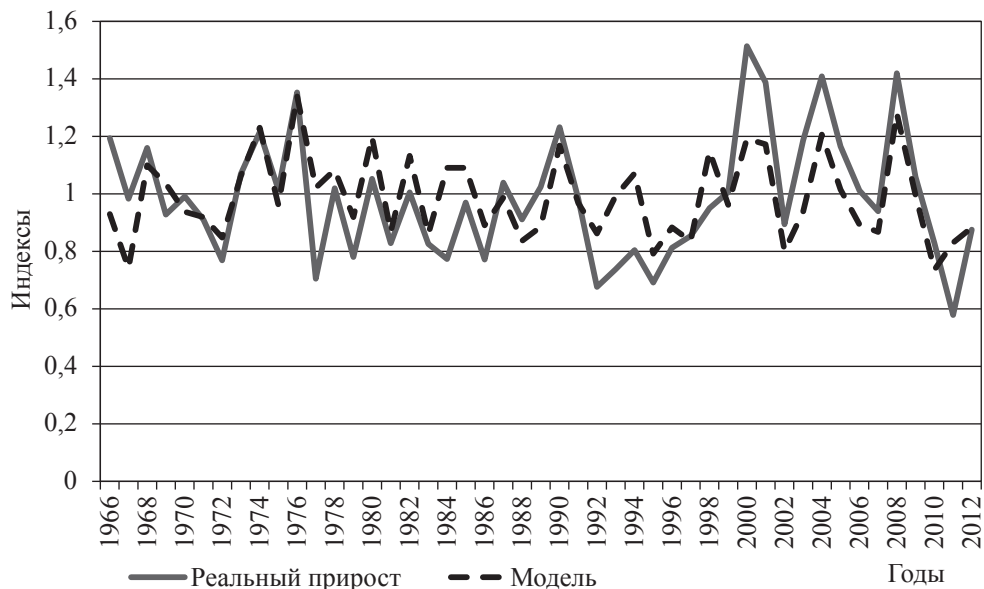


Рис. 6. Сопоставление реальных и модельных значений индексов прироста сосны веймутовой по годам

ти. Коэффициент синхронности составляет 85 %, коэффициент корреляции 0,69, уравнение описывает 47 % изменчивости индексов радиального прироста.

Подводя итог результатов корреляционного и регрессионного анализа, следует сделать вывод, что оба вида сосны в условиях дендрария в основном испытывают угнетение в период наступления засушливого погодного режима в течение вегетационного сезона. Повышение среднемесячной температуры и снижение месячной суммы осадков отрицательно сказываются на величине годового

радиального прироста. Отрицательное влияние засух прослеживается как для погодного режима в год формирования годовичного кольца, так и для погодного режима прошлого года, однако в первом случае оно проявляется более отчетливо.

Практическое значение полученных результатов сводится к тому, что для стимулирования радиального прироста у сосен секции *Strobi* в дендрарии МГУЛ необходимо вести полив деревьев. Для каждого вида установлен режим такого полива (сосна веймутова – май и июль; сосна румелийская – май, июнь,

июль). Стимулирование радиального прироста необходимо для скорейшего выздоровления деревьев, подвергавшихся хирургическим методам лечения: обрезка сухих ветвей, лечение ран, сухобочин, дупел. Увеличение радиального прироста будет способствовать скорейшему зарастанию древесины зоны механического повреждения.

Библиографический список

1. Александрова М.С. Дендрохронологическая информация в лесоводственных исследованиях / Под ред. В.А. Липаткина и Д.Е. Румянцева // М.С. Александрова, В.В. Коровин, С.А. Коротков, А.М. Крылов и др. – М.: МГУЛ, 2010. – 23 с.
2. Чернышенко О.В. Деревья в городе / О.В. Чернышенко // Лесохозяйственная информация, 1999. – Вып. 7–8. – 15–21 с.
3. Кочарян К.С. Эколого-экспериментальные основы зеленого строительства в крупных городах Центральной части России (на примере г. Москвы) / К.С. Кочарян – М.: Наука, 2000. – 184 с.
4. Ловелиус Н.В. Изменчивость прироста деревьев. Дендроиндикация природных процессов и антропогенных явлений / Н.В. Ловелиус – Л.: Наука, 1979. – 231 с.
5. Дроздов И.И. Влияние климатических факторов на радиальный прирост сосны кедровой сибирской (*Pinus sibirica* Du Tour) в условиях ГБС РАН / И.И. Дроздов, М.С. Александрова, Д.Е. Румянцев // Бюллетень Главного Ботанического сада. – Вып. 194 – М.: Наука, 2008. – 36–40 с.
6. Румянцев Д.Е. История и методология лесоводственной дендрохронологии: монография / Д.Е. Румянцев. – М.: МГУЛ, 2010. – 109 с.
7. Латанов А.А. Эколого-физиологическая оценка состояния древесных растений и насаждений в зависимости от антропогенной нагрузки в городе Одинцово: автореф дисс. ... канд. биол. наук / А.А. Латанов. – М.: МГУЛ, 2012. – 23 с.
8. Каппер О.Г. Хвойные породы / О.Г. Каппер. – М.–Л.: Гослесбумиздат, 1954. – 304 с.
9. Лапин П.И. Древесные растения Главного ботанического сада АН СССР / Под ред. академика Н.В. Цицина; П.И. Лапин, М.С. Александрова, Н.А. Бородина, С.Н. Макаров и др. – М.: Наука, 1975. – 547 с.

РОЛЬ ИНФОРМАЦИОННО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ СТОИМОСТНОЙ ОЦЕНКИ БИОРЕСУРСОВ ЛЕСА

И.В. КАРАКЧИЕВА, *Сыктывкарский лесной институт, каф. ЭОП,*
С.И. ЧУМАЧЕНКО, *зав.каф. ИТвЛС, МГУЛ, д-р биол. наук*

chumachenko@mgul.ac.ru

На современном этапе в век информационно-технологического развития остается острой проблема достоверности экономической оценки ресурсов леса. Базовым элементом при стоимостной оценке ресурсов леса выступают древесные ресурсы, при этом недревесные ресурсы и услуги леса не учитываются при формировании цены на лесное сырье.

«Недооценка» имеющихся ресурсов, отсутствие комплексного подхода к данной проблеме ведут к снижению эффективности лесоиспользования, к обесцениванию значимости экологической и социокультурной составляющей леса. Решение данной проблемы возможно при использовании информационно-экономической модели стоимостной оценки биоресурсов леса, что, в конечном итоге, позволяет повысить экономическую

эффективность многоцелевого использования лесов. Поэтому разработка и апробация информационно-экономической модели стоимостной оценки биоресурсов леса на основе научно обоснованного неистощительного, многоцелевого лесопользования – основная цель проводимого исследования.

Информационно-экономическая модель – это система, включающая многофакторный анализ, оценку современного состояния ресурсной базы, проектирование вида и скорости освоения ресурса и прогнозирование изменений данной ресурсной базы. Использование данной модели позволяет не только определить наиболее эффективный сценарий ведения лесного хозяйства, но и на основе долгосрочного планирования сформировать ресурсный потенциал, необходимый для развития данной территории.

Апробация разработанной модели проходила на базе Ляскельского участкового лесничества Питкярантского лесничества республики Карелия.

Экономическая ценность лесных ресурсов, в том числе и биоресурсов леса, зависит от их местоположения, потребительских свойств и затрат при разных сценариях ведения лесного хозяйства.

Территориально-природный комплекс Ляскельского участкового лесничества располагается на юге Республики Карелия на территории двух административных районов – Питкярантского и Олонецкого, с общей площадью 545,4 тыс. га (3,8 % от площади Республики Карелия). Граничит с Пряжинским, Суоярвским и Сортавальским центральными лесничествами, на юге и юго-востоке – с Ленинградской областью, и имеет границу вдоль северо-восточного побережья Ладожского озера. По характеру рельефа все леса относятся к равнинным территориям.

Климатические условия района в целом благоприятны для роста и развития произрастающих здесь древесных и кустарниковых пород. Современная лесистость Питкярантского лесничества довольно значительна и составляет 86 %.

Общий запас леса на территории участкового лесничества составляет 22,8 млн м³ (расчетная лесосека 618 тыс. м³, в том числе по хвойному хозяйству 345 тыс. м³). Общая площадь насаждений Ляскельского участкового лесничества составляет 7412 га (1247 выделов). При этом состав насаждения при расчете по главной породе – 48E35C17Б (при расчете с учетом смешения пород 40E36C24Б). Насаждения Ляскельского участкового лесничества представлены в основном среднебонитетными насаждениями (насаждения 3 и 4 бонитетов занимают более 63 % территории, доля высокобонитетных насаждений – 26 %, низкобонитетных – около 11 %).

Анализ лесорастительных условий показал, что условия в целом благоприятны для произрастания основных лесобразующих пород: сосны, ели, березы. При этом места с переувлажненной почвой занимают чуть более 20 % территории лесничества.

Разрабатываемая модель стоимостной оценки биоресурсов при разных сценариях ведения лесного хозяйства строилась на базе вычислительного эксперимента с использованием комплекса программ FORRUS-S (Forest of Russia – STAND) и включала трехмерные пространством моделируемые элементы в технике эколого-физиологического (объясняющего) имитационного моделирования. Ключевыми параметрами модели при разработке сценариев ведения лесного хозяйства были определены следующие: максимально допустимый объем рубок главного пользования, возраст рубки, доля площадей, на которых происходит посадка лесных культур и вид рубок ухода [1].

В рамках проведенного исследования среди биоресурсов леса анализировались пищевые ресурсы леса (ягоды, грибы и пр.).

Проведенные вычислительные эксперименты по четырем сценариям ведения лесного хозяйства позволили спрогнозировать динамику некоторых пищевых ресурсов леса на период в 150 лет.

Используя данные, полученные в результате многолетних наблюдений ВНИИЛМ по оценке недревесных, в том числе пищевых ресурсов леса [2], а также расчетные (модельные) параметры древостоя по каждому шагу, были построены прогнозы по хозяйственно доступной части урожая для сбора и заготовок для ягодников (черника, брусника, клюква и земляника), грибов (белый гриб, масленок, лисичка).

На основе полученных данных определялась зависимость суммарной хозяйственно доступной части для сбора пищевых ресурсов леса и определялся уровень дохода при заготовке пищевых ресурсов леса. Все расчеты велись на повыведельном уровне, а потом суммировались по всей территории лесничества.

Полученные данные по 4 сценариям ведения лесного хозяйства консолидировались на две группы по показателю доходности от заготовки и реализации пищевых ресурсов леса. При этом основными отличиями данных групп сценариев являлись:

– в сценарии 1 и 2 моделируются коммерческие рубки ухода и сокращенный оборот рубки,

Среднегодовой чистый доход от заготовки пищевых ресурсов модельной территории для разных сценариев и разных периодов анализа

Сценарий	Первые 30 лет	Вторые 30 лет	Последние 30 лет	Весь период
1	8,9 / 87	6,5 / 68	5,3 / 50	6,2 / 59
2	8,9 / 88	6,5 / 67	7,2 / 68	6,9 / 66
3	10,2 / 100	9,6 / 100	10,5 / 100	10,5 / 100
4	9,7 / 95	8,2 / 86	9,1 / 86	9,0 / 86

Примечание. * – доход в млн руб.; ** – % от максимального

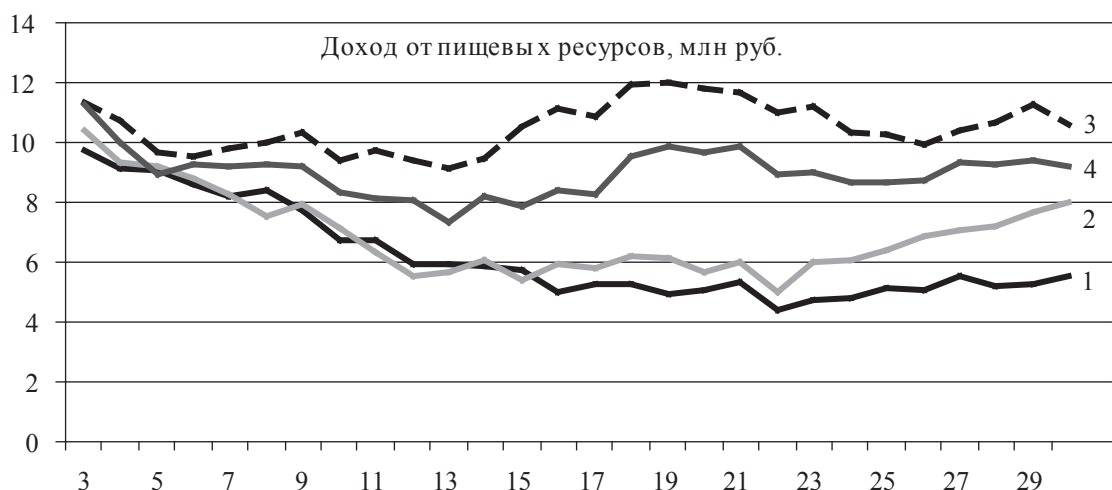


Рисунок. Сравнительная динамика чистого годового дохода от заготовки пищевых ресурсов для разных сценариев ведения лесного хозяйства по шагам моделирования

– в сценариях 3 и 4 – рубки ухода по лесоводственным правилам и нормальный оборот рубки.

Оценивая влияние сценариев ведения лесного хозяйства на уровень доходности от использования биоресурсов леса (пищевых ресурсов) необходимо отметить, что на первом этапе доходность практически не отличается по разным сценариям. Так, разница между лучшим (сценарий 3) и худшим (сценарий 2) сценариями составляет чуть более 10 % (рисунок).

Однако, особенно в последние 30 лет моделирования, доходность сценария 1 падает до 50 % от доходности сценария 3. В целом же за весь период моделирования доходности отличаются на величину в 40 %.

Безусловно, определяющим фактором, влияющим на объемы сбора и состав хозяйственно доступных ягод, грибов и других пищевых ресурсов леса, является тип лесорастительных условий каждого выдела. Это определяет потенцию территории. Но как мы видим, та или

иная хозяйственная деятельность может резко изменить ожидаемые сборы и общую экономическую эффективность насаждения.

Породно-возрастная структура древостоя каждого отдельного лесотаксационного выдела (в том числе и лесных плантаций), его пространственное размещение, транспортная доступность оказывают влияние на доходность ресурсов леса.

Проведенное исследование показало, что таксационными характеристиками, влияющими на продуктивность пищевых ресурсов леса, являются: освещенность приземного слоя (связана с полнотой древесного полога и его породным составом), главная порода и ее возраст, тип лесорастительных условий.

Выявленная зависимость пищевых ресурсов леса от основных таксационных и пространственных параметров лесотаксационных выделов позволяют разработать алгоритмы расчета стоимостной оценки биоресурсов леса. При этом разработанная информационно-экономическая модель поз-

воляет определить долгосрочную, экономически эффективную, экологически грамотную политику лесопользования.

Учитывая, что лес является динамической системой (все его показатели меняются во времени и пространстве), необходим учет динамики таксационных показателей насаждения в процессе его роста и эксплуатации на весь период пользования лесом. Это возможно при использовании разрабатываемой модели.

Проведенные исследования проблемы стоимостной оценки биоресурсов леса позволили сделать следующие выводы:

1) необходимо отказаться от применения методик в практике оценки биоресурсов леса, использующих линейную зависимость ценности ресурса от стоимостной оценки;

2) стоимостная оценка биоресурсов должна проводиться на повыдельном уровне с использованием данных лесной инвентаризации и планов лесных насаждений;

3) необходимо учитывать динамику лесных насаждений при разных способах ведения лесного хозяйства за длительный период, превышающий оборот рубки, так как только знание отдаленных последствий проводимых лесохозяйственных мероприятий позволяет подтвердить или опровергнуть соблюдение основополагающего принципа ведения лесного хозяйства – непрерывности и неистощительности;

4) проведенные вычислительные эксперименты показали, что доходы от биоресурсов леса потенциально могут превосходить доходы от заготовки древесных ресурсов и в корне менять решение о выборе рациональ-

ной стратегии ведения лесного хозяйства.

Таким образом, на основе информационно-экономической модели определена экономическая оценка биоресурсов леса для разных сценариев ведения лесного хозяйства. Компьютерное моделирование динамики лесов на базе информационно-экономической модели дало возможность определить оптимальную стратегию освоения биоресурсов леса с целью экономически наиболее выгодного обеспечения ресурсами и услугами леса на долгосрочную перспективу.

Информационно-экономическое моделирование является необходимым и важнейшим инструментом, обеспечивающим применение современных информационных технологий для обеспечения неистощительного лесопользования.

Работа выполнена при поддержке государственного контракта № 14.515.11.0014 от 14.03.2013 г.

Библиографический список

1. Чумаченко С.И. Имитационное моделирование влияния лесохозяйственных воздействий на лесные экосистемы Мониторинг биологического разнообразия лесов России: методология и методы / С.И. Чумаченко, М.М. Паленова, В.Н. Коротков, С.В. Починков. – М.: Наука, 2008. – С. 314–328.
2. Курлович Л.Е. Руководство по учету и оценке второстепенных лесных ресурсов и продуктов побочного лесопользования / Л.Е. Курлович, Г.В. Николаев, А.Ф. Черкасов, В.Н. Косицын. – М., 2003 – 309 с.
3. Чочаев А.Х. Выбор критериев экономической эффективности / А.Х. Чочаев, Н.П. Кононов. // Вестник МГУЛ – Лесной вестник. – 2012. – № 5 (88). – С. 87–88.

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ МОДЕРНИЗАЦИЯ – ОТ ТЕОРИИ К ПРАКТИКЕ

Н.А. ХУТОРОВА, доц., вед. науч. сотрудник ИСИЛ МГУЛ, канд. экон. наук

khutorova@gmail.com

Использование на протяжении столетий традиционных парадигм социально-экономического развития, основанных на пользовательском и истощительном природопользовании фактически привело человечество в тупик, поставив перед угрозой глобальных экологических катастроф и кризисов.

Едва ли не центральное место в стратегиях развития различных стран в последние годы стали отводить проблемам роста антропогенного воздействия на окружающую среду, истощительного природопользования, последствий урбанизации, изменения климата, исчезновения некоторых видов живот-

ных и поиску путей выхода из сложившегося положения. Одним из таких стратегических направлений развития мировой экономики в сложившихся условиях заслуженно стали считать экологическую модернизацию.

В настоящее время уже сформулирован ряд определений экологической модернизации, которые имеют широкую трактовку и существенно образом разнятся друг с другом. Причинами этого следует считать различные истоки развития теории экологической модернизации. Часто в научной литературе экологическая модернизация рассматривается как инструмент перехода к устойчивому развитию. В то же время существует мнение, что экологическая модернизация стала очередным (за устойчивым развитием) этапом развития научной теории защиты окружающей среды. Существенно разнятся определения, данные социологами, экологами, политологами и экономистами. Так, например, наиболее известным является определение, данное проф. Кулясовым: «экологическая модернизация – сознательно организованный процесс и социальная практика, которые способствуют улучшению состояния окружающей среды и здоровья человека и реализуются через конкретные социальные институты и их взаимодействие. В то же время он отмечает, что на данный момент нет единого определения «экологической модернизации», а можно выделить лишь четыре «смысловых слоя»:

- экологическая модернизация – теоретическая основа экосоциологии (социологическая интерпретация экологических реформ);

- экологическая модернизация – новая модель понимания и анализа технологически интенсивной экологической политики;

- экологическая модернизация – качественная модель отражения прогресса развитых стран в экологических и экономических реформах (с 1980-х гг.);

- экологическая модернизация – теория социальных перемен, описывающих экономические и социальные изменения, в основе которых лежит «экологический сигнал» (теория, нацеленная на развитие без враждебного отношения к природе) [1].

Данное определение отражает точку зрения В.И. Данилова-Данильяна (2010), с этим же определением согласен Г. Розенберг (2012) [2, 3].

В рамках данной работы мы будем рассматривать экологическую модернизацию как инструмент перехода к устойчивому развитию, основанному на зеленом росте, т.к. переход к устойчивому развитию тесно связан с процессами модернизации и экологизации экономики. Часто концепцию экологической модернизации используют как синоним стратегического экологического менеджмента на различных уровнях. В этой связи под экологической модернизацией мы будем понимать специально разработанную программу проведения технической и технологической модернизации производства товаров и услуг, а также социальную практику, способствующие снижению антропогенной нагрузки на окружающую среду, реализуемые на международном, национальном и корпоративном уровнях.

В последние годы для характеристики процессов экологизации все чаще используют термин «зеленая экономика» (green economy) и «зеленый рост» (green growth). Эти термины активно используются в официальных документах правительств государств, международных организаций (Наибольшее внимание к такого рода процессам уделяется в документах структур ООН и ОЭСР), компаний и корпораций, отражая ключевые направления развития человечества и отдельных стран.

Зеленая экономика трактуется как особый тип развития экономики, при котором основной целью остается повышение благосостояния людей при соблюдении социальной справедливости в условиях снижения антропогенной нагрузки на экосистему. Зеленая экономика часто рассматривается в контексте борьбы с глобальным изменением климата и перспективного направления преодоления перманентной нестабильности на глобальных финансовых рынках[4]. Приоритетами такой экономики являются:

- рост доходов и занятости;

- сокращение выбросов парниковых газов;

- снижение энергоемкости и повышение энергоэффективности;
- повышение эффективности использования природных ресурсов;
- развитие рынка экологических (зеленых) инвестиций в чистые технологии и «природную» инфраструктуру;
- сохранение биоразнообразия и природного богатства;
- развитие рынка экологических товаров и услуг;
- развитие института социальной и экологической ответственности.

По оценкам ЮНЕП (Программы ООН по окружающей среде), достаточно вложений в размере 2 % мирового ВВП в экологическую модернизацию 10 основных секторов реальной экономики для изменения существующего энергоемкого развития мировой экономики и трансформации в экономику зеленого роста [5].

Ведущие страны мира в последние годы инвестируют существенные средства в экологическую модернизацию, разработаны программы реализации стратегии построения экономики, основанной на знаниях или зеленой экономики. Несомненными лидерами остаются США, страны ЕС, Япония, Южная Корея, где разработаны действенные механизмы, включающие формирование идеологии социально-ответственного бизнеса и потребления, создание инновационной технологической и технической базы для перехода на зеленый рост, а также создание финансовой базы для экологической модернизации, т.е. рынка экологических инвестиций.

Важным результатом модернизации и показателем успешности реализации стратегии устойчивого развития является эффект декаплинга. Декаплинг является стратегической основой движения к экологически устойчивой экономике, позволяющий рассогласовать темпы роста благосостояния людей, с одной стороны, и потребления ресурсов и экологического воздействия, с другой. Тем самым достижение социального и экономического прогресса должно базироваться на относительно более низких темпах ресурсопотребления и уменьшения деградации

окружающей среды [6]. Этот важный эффект достигнут практически во всех развитых странах. Наиболее успешным примером может служить Дания, где за последние 30 лет ВВП вырос вдвое при сохранении объемов потребления энергоносителей. Наилучшие показатели имеют Германия, Швеция, Япония, Южная Корея и др.

Таким образом, мы еще раз отмечаем логическую связь между такими дефинициями, как экологическая модернизация, устойчивое развитие и зеленый рост.

Экологическая модернизация в целом становится инструментом социально ответственного способа ведения бизнеса; результаты находят отражение в нефинансовых отчетах и практиках компаний, которым в последние годы уделяется все большее внимание как со стороны общественности, так и государства. Фактически экологическая модернизация становится обязательным требованием в процессе развития любого и в особенности промышленного предприятия.

По мнению многих исследователей, практическая значимость проведения экологической модернизации должна быть выражена, в первую очередь, в повышении качества жизни и обеспечении благоприятных условий для будущих поколений. Такие глобальные цели могут быть достигнуты путем перехода к экологически безопасному, низкоуглеродному и климатически устойчивому социально экономическому развитию, т.е. за счет «зеленого роста» экономики. Это, несомненно, должно привести к снижению антропогенной нагрузки на экосистему, т.е. сохранению и восстановлению природной среды.

За последние десятилетия написано и издано множество работ зарубежных и отечественных ученых и практиков, посвященных проблемам изменения климата, роста антропогенной нагрузки на экосистему и поиску путей выхода из экологического кризиса, что легло в основу теории экологической модернизации. Проблематика современной теории экологической модернизации достаточно широка и охватывает:

- причины экологической модернизации производства и потребления;

– методы и инструменты экологической модернизации (технические, экономические и финансовые);

– экологизацию мышления;

– создание нормативно-правовой базы реализации идей экологической модернизации.

Широкая проблематика теории экологической модернизации обуславливает формирование новой междисциплинарной теории, берущей истоки в философии, социологии, политологии и других гуманитарных науках, практической базой которой несомненно являются различные экономические теории. Бесспорным является утверждение, что отношения между экономикой и экологией являются центральными в этих процессах.

Цель теории экологической модернизации состоит в разработке новых подходов к снижению антропогенного воздействия на окружающую среду путем перехода к экологически безопасному, низкоуглеродному и климатически устойчивому развитию.

Теории и концепции экологической модернизации формировались в процессе экологизации мышления, перехода к социально ответственному способу ведения хозяйства и, несомненно, базовым источником развития экологической модернизации послужил энвайронментализм как общественное движение за качество окружающей среды.

Научная литература в области экономики, социологии и экологии в настоящее время изобилует заимствованными, преимущественно из английского языка, терминами, которые используются уже без перевода. Поэтому мы считаем необходимым дать некоторые определения.

Под энвайронментализмом мы понимаем некую научную теорию, исследующую взаимоотношения между человеком и окружающей средой, основанную на генезисе естественных и социальных наук. Энвайронментализм – это социально-политическое экологическое движение, направленное на усиление мер по защите окружающей среды,

базирующееся на положениях о том, что развитие человечества обусловлено влиянием окружающей среды и экологической размерностью сознания. В то же время энвайронментализм можно представить как теорию управления социально-экономическими процессами, направленную на сохранение окружающей среды и устойчивое развитие (более подробно генезис развития энвайронментализма проанализирован в представленной в настоящем сборнике работе В.С. Шалаева и Н.А. Хуторовой «Энвайронментализм как движение в защиту окружающей среды»).

Теория экологической модернизации в результате научной дискуссии и эмпирических наработок прошла несколько этапов развития, что позволило разрабатывающим ее ученым составить несколько классификаций видов данной теории и методологических подходов [1]. Теория экологической модернизации развивалась вместе с теорией энвайронментализма и основные этапы ее развития следующие (рис. 1).

Позволим себе подробнее раскрыть основы новой экологической парадигмы (New Environmental Paradigm), разработанной американскими социологами В. Каттоном и Р. Данлэпом в 1978 г. [9]. Сторонники этой теории считают, что именно этот этап развития теории энвайронментализма стал отправной точкой глобальной экологизации мышления, так как все предшествующие теории относились к парадигме человеческой исключительности, а новая экологическая парадигма опирается на человеческую освоенность.

Именно новая экологическая парадигма, берущая основы в социальной экологии, существенно расширила трактовку экосистемы и системы отношений в ней, фактически стала новым этапом в развитии социально-экологической теории, основанной на широком разнообразии междисциплинарных связей социально-гуманитарных наук. Новая экологическая парадигма основывается на постулатах о высокой ценности природы, необходимости достижения гармонии человека и природы с предпочтением защиты

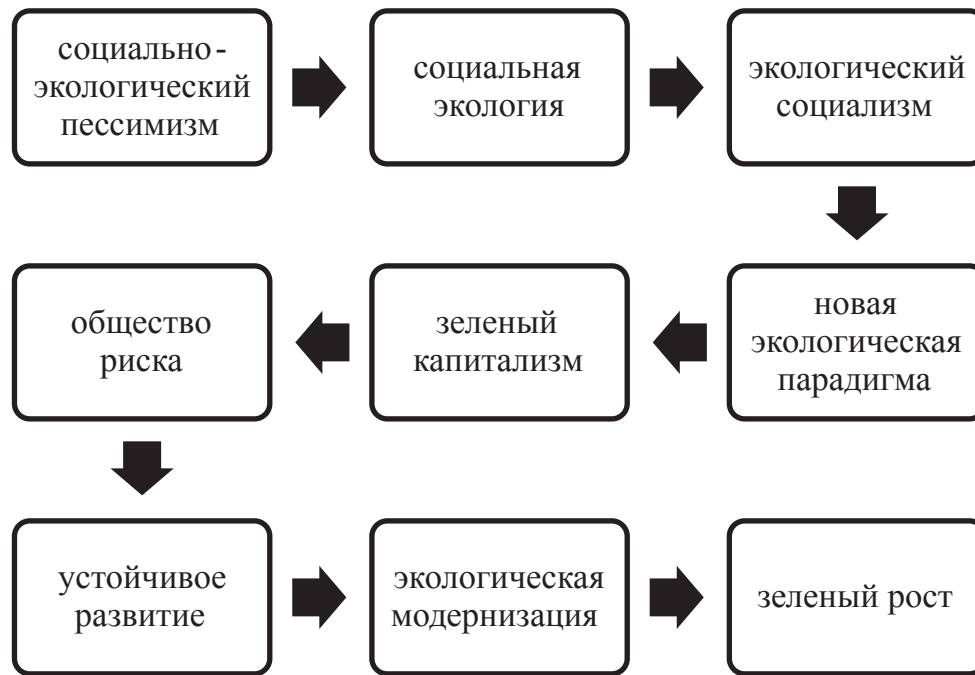


Рис. 1. Этапы развития теории экологической модернизации

окружающей среды над экономическим ростом. Большое значение при этом имеют такие жизненные принципы, как сострадание живому и продуманность действий. В контексте данной теории приоритет в экономическом развитии должен быть отдан мягким технологиям, дружественным природе. В этой концепции важная роль отводится государству в вопросах формирования экологической политики и создания экономического механизма регулирования антропогенной нагрузки на экосистему при осознании пределов роста и ограниченности ресурсов. Авторы этой концепции отмечают необходимость совершенно нового общества, в котором предпочтение отдается созданию общественных благ и проявлению социальной ответственности, а также трансформация общества потребления в общество с простым стилем жизни. Социальные, культурные факторы и инновации во всех сферах деятельности должны стать главными детерминантами человеческой деятельности.

В целом, в основе этих теорий лежит оценка новой социальной реальности как резко отличающейся от общества, существовавшего на протяжении последних столетий. Основными чертами нового общества являются

снижение роли материального производства, развитие сектора услуг и информации, изменение характера человеческой деятельности, новые типы вовлекаемых ресурсов, модификация социальной структуры. Идеи развития инновационных технологий и постиндустриализации с акцентом на устойчивое развитие стали основными пунктами стратегии развития ряда промышленно развитых стран и легли в основу государственной экологической политики.

Большую роль в развитии теории экологической модернизации сыграла серия докладов экспертов Римскому клубу. В настоящее время большинство крупных научно-практических исследований, связанных с социально-экономическими решениями экологических проблем и дальнейшим социальным и экономическим развитием человечества, базируются на фактах и выводах, полученных в результате прогнозных исследований экспертов Римского клуба. Римский клуб был образован в 1968 г. для обсуждения наиболее сложных долгосрочных проблем, стоящих перед человечеством. Римский клуб положил начало исследовательским работам по проблемам, названным «Глобальной проблематикой». Для ответа на поставленные клубом вопросы ряд

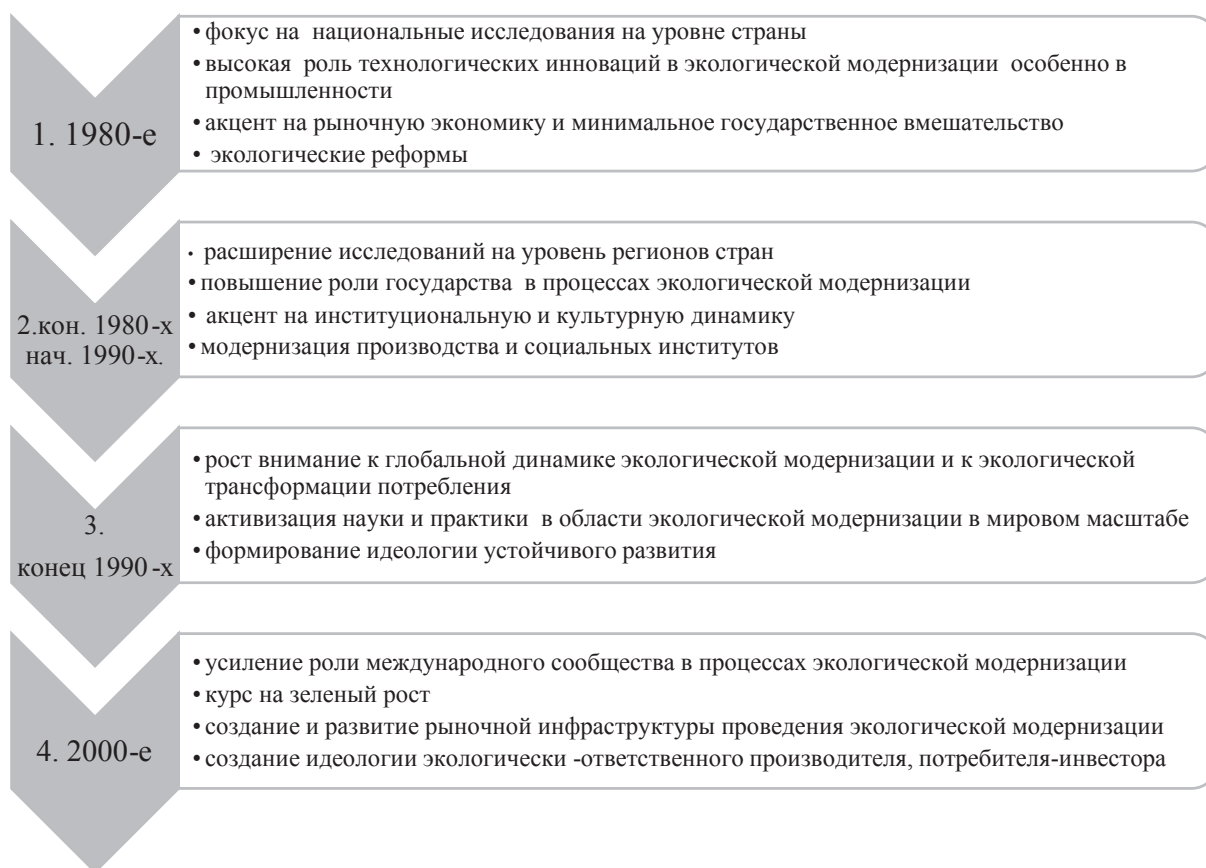


Рис. 2. Этапы развития теории экологической модернизации. Составлено автором на основе [1]

выдающихся ученых создали серию «Докладов Римскому клубу» под общим названием «Трудности человечества».

Авторы докладов пришли к выводу, что современные кризисы представляют собой не временное явление, а отражают постоянную тенденцию, свойственную исторической модели развития. Выход может быть найден лишь в глобальном масштабе, при слаженных действиях международного сообщества, активного содействия интеграционных объединений. Кризисы могут быть разрешены лишь путем международного сотрудничества и партнерства.

Как видно из рис. 2, теория экологической модернизации формировалась в четыре этапа. Начало было положено Дж. Хубером в 1982 г. в работе «Невиновность экологии» (Huber, 1982) [10].

В настоящее время продолжается разработка практических подходов экологической модернизации и многое уже достигнуто. В промышленно развитых странах процессы технической и технологической модернизации

практически идут непрерывно, в этот процесс активно вовлекаются страны с развивающимися экономиками, вовлекается все большее число участников. Активно расширяется круг субъектов экологической модернизации. В настоящее время к ним стоит относить международное сообщество, государство, бизнес, общественность, науку и средства массовой информации. Трудно переоценить вклад каждой из перечисленных категорий. Так, государство является инициатором процессов экологической модернизации, создает правила, требования и законодательную базу для реализации идей экологической модернизации. Бизнес является инициатором и проводником, а также реализует на практике инновационные идеи в сфере производства товаров и услуг. Отдельно здесь необходимо отметить роль финансовых институтов, которые постоянно создают новые финансовые инструменты и продукты для привлечения и аккумуляции финансовых ресурсов в проектах экологической модернизации. Общественность фактически

генерирует идеи и основные направления экологической модернизации, именно здесь невероятно важна роль социальных институтов и создаваемая социальная практика. В свою очередь, вклад науки в экологическую модернизацию невероятно важен. По мнению В.И. Данилова-Данильяна, самое наукоемкое из всех направлений государственной деятельности – это охрана окружающей среды и обеспечение экологической безопасности [2]. Развитие науки и НИОКР является интеллектуальной базой проведения экологической модернизации. И, несомненно, полноправным актором в процессах экологической модернизации в условиях «информационного общества» справедливо считать средства массовой информации, которые постоянно расширяют охват целевой аудитории и совершенствуют методы подачи информации. В последние годы значительно возросла роль международных организаций в сфере охраны окружающей среды, на глобальном уровне регулярно проходят консультации, совещания, конференции, практическими результатами которых можно считать подписание международных соглашений в области снижения антропогенной нагрузки на экосистему. Наиболее значимыми можно считать «РИО+20», Киотский протокол, РКИК и многие другие.

Важная роль в процессах экологической модернизации отводится природным объектам, так как состояние природного объекта, рядом с которым или в пределах которого происходит социально-экономические и экологические процессы, имеет исключительно важное влияние на то, как и почему происходит экологическая модернизация [1].

Успешный переход к устойчивому развитию и распространение идей возможны лишь только при активном сотрудничестве всех вовлеченных сторон в экологическую модернизацию путем адаптации основных методов и инструментов применительно к каждой стране, каждой отдельно взятой компании международного или национального уровня. Представления об устойчивом развитии и путях его достижения в отдельных странах пока существенным образом разнятся, но это со временем должно быть изменено вследствие глобализации миро-

вой экономики и укрепления роли институтов наднационального регулирования антропогенной нагрузки на экосистему.

В качестве заключения можно отметить, что глобальная экологическая модернизация представляет собой фактически единственный способ обеспечения устойчивого развития нашей планеты в условиях роста численности населения и исчерпания природных ресурсов.

Библиографический список

1. Кулясов И.П. Экологическая модернизация: теория и практики / И.П. Кулясов. – СПб: НИИХ СПбГУ. – 2004. – 154 с. http://cisr.ru/files/publ/Kulyasov_EcoModernization.pdf
2. Данилов-Данильян В.И. Роль науки в экомодернизации России / В.И. Данилов-Данильян // Мат. конф. «Экологическая модернизация России – роль науки и гражданского общества». <http://www.iwrp.ru/node/532>
3. Кудинова Г.Э. Экологическая модернизация: становление, современное состояние и перспективы / Г.Э. Кудинова, А.Г. Розенберг, Г.С. Розенберг // Самарская Лука: проблемы региональной и глобальной экологии, 2013. – Т. 22. – № 2. – обзорные работы. http://www.ssc.smr.ru/media/journals/samluka/2013/22_2_02.pdf
4. Модернизация экономики и устойчивое развитие / С.Н. Бобылев. – 2012. <http://ecamir.ru/experts/Modernizatsiya-ekonomiki-i-ustoychivoe-razvitie.html>.
5. Материалы сайта РИА НОВОСТИ от 20.05.2012 г. <http://ria.ru/business/20120525/657400349.html>
6. Бюллетень «На пути к устойчивому развитию России» № 60, 2012. – 92 с. http://www.ecopolicy.ru/upload/File/Bulletins/B_60.pdf
7. Шалаев В.С. Энвайронментализм как движение в защиту окружающей среды / В.С. Шалаев, Н.А. Хуторова // Вестник МГУЛ – Лесной вестник – 2013. – №9(92).
8. Хуторова Н.А. Корпоративная социальная ответственность в области регулирования антропогенной нагрузки на экосистем / Н.А. Хуторова, В.С. Шалаев // Вестник МГУЛ – Лесной Вестник. – 2012. – № 5.
9. Catton W. and Dunlap R. Environmental Sociology: A New Paradigm // American Sociologist. 1978. Vol. 13. P. 41-49.
10. Huber J. Die Veriorene Unschuld der Okologie: Neue Technologien und Super- industrielle Entwicklung. Fisher Verlag, Frankfurt am Main. – 1982.
11. Стратегия 2020: Новая модель роста – новая социальная политика. Итоговый доклад о результатах экспертной работы по актуальным проблемам социально-экономической стратегии России на период до 2020 г. 864 с. <http://strategy2020.rian.ru/>

ОБЗОР СОСТОЯНИЯ РЫНКА КЛИМАТИЧЕСКИХ ОБЛИГАЦИЙ. ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ

Н.А. ХУТОРОВА, доц., ведущий научный сотрудник ИСИЛ МГУЛ, канд. экон. наук

khutorova@gmail.com

Глобализация мировой экономики, нарастающие негативные изменения климата, участвовавшие природные и техногенные катастрофы, новая формация общественного сознания и мышления, а также бурное развитие новых рыночных сегментов, новые информационные и телекоммуникационные возможности порождают революционные изменения на рынке капиталов.

В последние годы активно формируются новые сегменты на рынке капиталов, причем, в условиях финансового кризиса и высокой волатильности финансовых рынков инвестиционное сообщество все чаще стало использовать новые социально-ответственные формы инвестирования, частным случаем которых и являются климатические или зеленые облигации.

Мировое сообщество остро нуждается в серьезной экологической модернизации, перестройке высоко затратных энергоемких и ресурсоемких технологий на принципы «зеленой» экономики. Проведение такого рода модернизации потребует значительных финансовых инвестиций, механизмом привлечения которых вполне может стать рынок зеленых или климатических долговых ценных бумаг.

По оценкам специалистов Всемирного банка, размер вложений должен составить не менее 10 трлн долл. США в ближайшие 5 лет. Эту цифру можно сравнивать с различными показателями, так например, это около 14 % мирового совокупного ВВП 2012 г. (72,216 трлн долл. США по данным МВФ на 08.2013 г.), или лишь 8 % от суммы, которая в 2012 г. находилась под управлением институциональных инвесторов, или 13 % объема мирового рынка долговых ценных бумаг 2012 г., или 120 % объема финансовой помощи, направленной на поддержание финансового сектора мировой экономики в 2007–2009 гг. [1].

В настоящее время в портфелях различных институциональных инвесторов размещено порядка 120 трлн долл. США, из которых в руках пенсионных и суверенных фондов находится 37 трлн и 6 трлн долл. США соответственно. Все эти факты позволяют высказать предположение о том, что у рынка зеленых или климатических облигаций есть перспективы как количественного, так и качественного роста в ближайшей перспективе [1].

Использование инструментов рынка климатических или зеленых облигаций позволяет аккумулировать значительные финансовые ресурсы как для хозяйствующих субъектов, так и для государства, для проектов, нацеленных на снижение антропогенной нагрузки на экосистему. Опыт функционирования такого рода рынка за последнее десятилетие показал, что данные облигации пользуются высоким спросом, имеют высокую инвестиционную привлекательность и позволяют институциональным инвесторам проводить политику экологически ответственного инвестирования. По данным отчета о состоянии рынка климатических бумаг, подготовленным Climate Bonds Initiative, свыше 32 трлн долл. США находятся под управлением социально ответственных инвесторов, количество которых в 2012 г. превысило 1000 [2].

Рынок зеленых инвестиций стремительно растет даже в условиях финансовой нестабильности и постоянной угрозы новых рецессий глобальной экономики. Сегодня трудно дать оценку емкости рынка «климатических» финансов, т.к. при имеющемся разнообразии и постоянно появляющихся финансовых инновациях существует множество инструментов, напрямую либо косвенно позволяющих осуществлять инвестиции в «зеленый рост» с целью перехода к экологически безопасному, низкоуглеродному и климатически устойчивому развитию. Так, например

размер финансовых активов, вложенных в проекты «чистой» энергетики в 2011 г. достиг рекордных 257 млрд долл. США, что на 93 % больше по сравнению с 2007 г., докризисным годом, а за последний год рост составил 17 %. Фактически только этот сегмент рынка зеленых инвестиций увеличился в 6 раз с 2004 г. [3].

Общий объем инвестиций в проекты снижения антропогенной нагрузки и адаптации к изменениям климата в 2011 г. достиг 364 млрд долл. США, причем, объем частных инвестиций был почти втрое больше государственных 268 и 96 млрд долл. США соответственно. В проекты по адаптации к изменениям климата в 2011 г. было инвестировано 14 млрд долл. США [3].

Темпы роста впечатляющие, но при сравнении этих показателей с рынком долговых инструментов (различные виды облигаций), величина которого составила только в 2011 г. 78 трлн долл. США становится очевидным его пока еще скромный размер, менее 1 % [4].

Несмотря на значительный рост и позитивную динамику, в последние годы продолжает сохраняться огромный разрыв между спросом и предложением на финансовые ресурсы, необходимые для экологической модернизации.

В отчете The Green Investment Report за 2012 г. «Методы и инструменты привлечения частных инвестиций в зеленый рост» приводятся следующие расчеты. К 2030 г. для реализации стратегии «зеленого роста» объем ежегодных вложений в глобальную экономику должен достигнуть 5 трлн долл. США. При этом, видно из рис. 1, основными направлениями экологической модернизации должны стать проекты, нацеленные на сохранение водных ресурсов, модернизацию энергетики, транспортной инфраструктуры и создание транспорта нового поколения [5]. Так, по оценкам специалистов необходимо ежегодно инвестировать только в инфраструктуру как минимум 1 трлн долл. США, причем, необходимо развивать как сегмент официального финансирования (Под официальным финансированием мы понимаем инвестиции

государства, государственные гарантии и инвестирование по линии международных финансовых организаций), так и частные инвестиции. Предполагается, что основные потребности должны удовлетворяться за счет частных инвестиций. Так, соотношение между государственными и частными финансовыми ресурсами должно быть 1 к 5 [5], причем, большая часть должна быть выражена в долговых инструментах и преимущественно в климатических или зеленых облигациях или облигациях катастроф [13].

К инструментам снижения антропогенной нагрузки на экосистему в настоящее время можно причислять достаточно широкий круг финансовых инструментов, но в рамках данной работы будет проанализирован рынок «климатических» (climate bonds) и «зеленых» облигаций (green bonds). У данных инструментов достаточно много общего, поэтому в обзорах «климатического» сегмента рынка капиталов часто эти инструменты рассматриваются как одно и то же. «Climate bonds» – это классические ценные бумаги, которым присущи стандартные характеристики и, несомненно, кредитный и рыночный риски (к рыночным рискам принято относить процентный и валютный риски). «Климатические» и «зеленые» облигации могут быть эмитированы правительствами, муниципальными образованиями, крупными компаниями или международными финансовыми институтами на различные сроки, от 1 до 30 лет. Основными инвесторами выступают различные пенсионные, взаимные и суверенные и другие фонды, ориентированные на стабильную и долгосрочную доходность. Инвестиционная привлекательность климатических облигаций объясняется ее простотой, надежностью и невысокой стоимостью заимствования. В силу своих финансовых характеристик, ликвидности и социальной направленности они представляют интерес для широкого круга инвесторов. В особенности они привлекательны для инвесторов, которые включают (environmental, social and governance criteria–ESG) в свой анализ, проводят определенные экологические стратегии, а также имеют специально созданные активы для инвести-

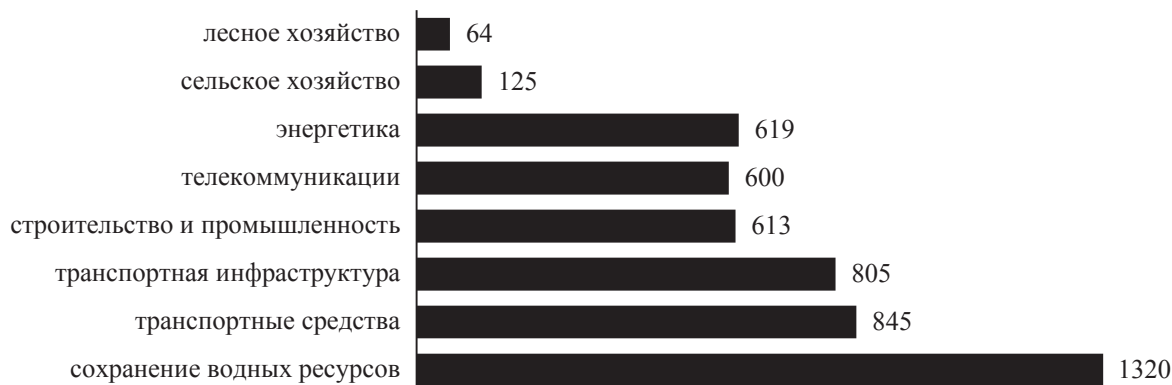


Рис. 1. Потребности в инвестициях на экологическую модернизацию по отраслям экономики, млрд долл. США [5]

рования в «зеленый рост». Размещение климатических бумаг осуществляется через специально созданный орган – Международный совет по климатическим долговым инструментам (International Climate Bond Authority – ICBA) [6]. Бумаги обращаются только на внебиржевых рынках. Первый выпуск был проведен в 2007 г. Европейским инвестиционным банком (ЕИБ).

В последние годы наблюдается существенный рост оборотов данного рынка, расширяется круг инвесторов и эмитентов, причем, данная тенденция прослеживается по всем регионам мира. Международные кредитно-финансовые институты (МКФИ) стали первыми крупными эмитентами климатических облигаций, приняв на себя кредитный риск, они ввели в обращение принципиально новые ценные бумаги, а крупные институциональные инвесторы получили надежные, социально ориентированные ценные бумаги с длинным горизонтом вложений. В октябре 2008 г. группа Всемирного банка утвердила стратегию развития в области содействия адаптации к изменениям климата (Strategic Framework on Development and Climate Change – SFDCC). Этот документ был одобрен правительствами 185 государств, что, по сути, и стало базой для создания практики эмиссий «зеленых» и «климатических» облигаций» [7].

Сегодня можно сказать, что успешная деятельность группы Всемирного Банка (МБРР и МФК) и ряда региональных банков развития стала примером для правительств государств, муниципалитетов, компаний и

корпораций. Крупнейшими эмитентами на этом рынке в настоящее время являются Всемирный Банк (ВБ), Европейский банк реконструкции и развития (ЕБРР), Азиатский банк развития (АБР), Европейский инвестиционный банк (ЕИБ) и многие другие. Всемирный банк активно наращивает присутствие на рынке климатических облигаций, выступая эмитентом, гарантом и инвестором. Ежегодно растет объем эмиссий климатических облигаций, проводимых Всемирным банком, расширяется список программ, под которые можно получить «зеленые» деньги, выраженные в средне- и долгосрочных облигациях (Подробный список проектов снижения антропогенной нагрузки на экосистему размещен на сайте <http://treasury.worldbank.org>).

По состоянию на 30 августа 2013 г. в обращении находятся 29 серий климатических облигаций, выпущенных Всемирным банком на сумму свыше 4 млрд долл. США (1,6 млрд долл. – на 30.08.2010 г.), причем, эмиссии проходят регулярно в валюте более 10 стран. Облигации имеют наивысший инвестиционный рейтинг «AAA». Отрадно отметить, уже размещены два выпуска климатических облигаций, эмитированных в рублях РФ на сумму 750 млн рублей каждый, сроком погашения в 2017 и 2019 гг. [8]. Эмиссии проходят по стандартной схеме выпуска внебиржевых инструментов, держателями бумаг обычно являются пенсионные и взаимные фонды различных стран, которые формируют синдикат во главе с ведущим менеджером. Особую активность в организации выпусков проявляют скандинавские и американские институты.

Выпуски «зеленых» облигаций Всемирным Банком по состоянию на 30 .08. 2013 г. [8]

Объем выпуска	Купон	Выпуск	Погашение
300 млн долл. США	плавающая ставка	2009	2012
180 млн долл. США	2 %	2009	2013
510 млн долл. США	0,5 %	2011	2013
3.350 млрд шв. крон	3,5 %	2008	2014
50 млн долл. США	1,375 %	2010	2015
550 млн долл. США	0,375 %	2013	2015
30 млн австрал. долл.	5,4 %	2010	2015
20 млн долл. США	2,30 %	2011	2016
20 млн евро	2,25 %	2011	2016
13 млн австрал. долл.	4,8 %	2011	2016
135 млн браз. реалов	9,5 %	2010	2017
7.950 млрд форинтов	5,5 %	2010	2017
400 млн норв. крон	3,75 %	2010	2017
750 млн рублей	7,5 %	2010	2017
75 млн тур. лир	10 %	2010	2017
850 млн рандов ЮАР	8,75 %	2010	2017
50 млн долл. Н. Зел.	5,625 %	2010	2017
280 млн австрал. долл.	6 %	2010	2017
50 млн долл. США	0,92 %	2012	2015–2017
65 млн злотых	3,25 %	2012	2019
750 млн рублей	6,5 %	2012	2019
23 млн ринг. Мал.	2,5 %	2012	2019
50 млн песо	0,5 %	2013	2019
180 млн COP	8 %	2010	2020
2.143 млн долл. США	3,5 % / FLT	2011	2021
7.69 млн долл. США	2,5 % / FLT	2011	2021
10 млн долл. Канады	3 %	2011	2021
42.2 млн австрал. долл.	0,5 %	2012	2022
150 млн рандов ЮАР	7 %	2013	2023

Несомненным лидером на данном рынке является североамериканская финансовая группа SEB (SEB Fonden, SEB Trygg Liv, SEB Wealth SEB Ethos rantefund), именно она и выступила инициатором организации первого выпуска облигаций ВБ, который состоялся 24 ноября 2008 г. Также в составе консорциумов инвесторов: State of California Treasurer's Office (CalSTRS), Credit Suisse International, AP2 (Второй Шведский национальный пенсионный фонд), AP3 (Третий Шведский национальный пенсионный фонд), Ldnsfursdkringar Bank&Fursdkring, MISTRA, SkandiaLife, The United Nations Joint Staff Pension Fund, LF Guteborg&Bohuslän, LF Liv, LF-Norrbotten, LF-Vdstra Norrland, Nikko Asset Management, Skandia Liv. Adlerbert Research Foundation Fund, Blackrock, Calvert Investments, Church of Sweden, Everence Financial, FMO (Netherlands

Development Finance Company), New York Common Retirement Fund, Nikko Asset Management, Rathbone Greenbank, Sarasin, SSgA, TIAA-Cref, Trillium Asset Management, WWF-Sweden (Vdrlds naturfonden), ZKB (Zürcher Kantonalbank) [8]. Данные о выпусках климатических облигаций и их характеристики представлены в таблице.

Еще одним крупным эмитентом в списке МКФИ является Европейский Инвестиционный банк (ЕИБ), который провел первое размещение в 2007 г. на сумму 600 млн евро. По состоянию на сентябрь 2013 г. объем эмиссии ЕИБ достиг 2,9 млрд евро или почти 4 млрд долл. США. Облигации имеют наивысший инвестиционный рейтинг «AAA», выпускаются в различных валютах, самые длинные бумаги будут погашены в 2020 г. Самым крупным выпуском в истории развития

рынка климатических облигаций стала эмиссия на 900 млн евро в июле 2013 г. [10].

В последние годы число эмитентов климатических облигаций активно растет, на рынок выходят правительства, муниципалитеты, компании и корпорации различных стран.

Всего по состоянию на июнь 2013 г. в обращении находятся климатические облигации на сумму 346 млрд долл. США, этот показатель вырос почти вдвое за последний год. В 2012 г. наблюдалась достаточно высокая эмиссионная активность компаний различных секторов экономики, объем новых размещений составил 74 млрд долл. США.

Подавляющее большинство в структуре оборота рынка климатических облигаций принадлежит предприятиям транспорта, что составило 76 % всего оборота. На втором месте предприятия энергетики, доля которых в обороте 11 %, на финансовые организации пришлось 9,2 %, и совсем малые доли имеют бумаги, выпущенные предприятиями строительного и промышленного (5 %), лесного и агропромышленного комплексов (4 %) [2]. Диаграмма рис. 2 показывает отраслевую структуру выпущенных в обращение климатических облигаций в млрд долл. США по итогам 1 половины 2013 г.

При анализе состояния рынка облигаций традиционно большое внимание уделяется инвестиционному качеству бумаги, 47 % всех климатических облигаций бумаг имеют инвестиционный уровень (рейтинг не ниже BBB), в общей сумме на 163 млрд долл. США, что характеризует данный рынок как устойчивый к негативным внешним и внутренним шокам [2].

Распределение бумаг по инвестиционным рейтингам достаточно широкое: 74 % всех высококлассных бумаг были выпущены предприятиями транспорта, 14 % – финансовыми институтами, 9 % – предприятиями энергетики. Это означает, что у инвесторов есть широкий выбор при формировании своего климатического, экологически ориентированного инвестиционного портфеля. В частности, для отражения среза по качеству бумаг стоит отметить, что самый высокий рей-



Рис. 2. Отраслевая структура выпущенных в обращение климатических облигаций в млрд долл. США по состоянию на 06.2013 г. [2]

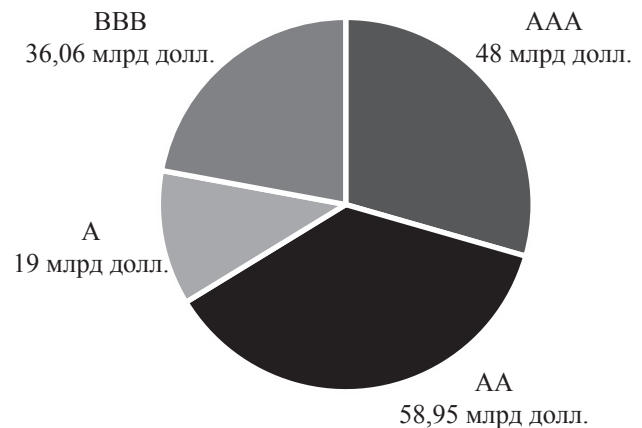


Рис. 3. Распределение выпущенных климатических облигаций по инвестиционным рейтингам в млрд долл. США по состоянию на 06.2013 г. [2]

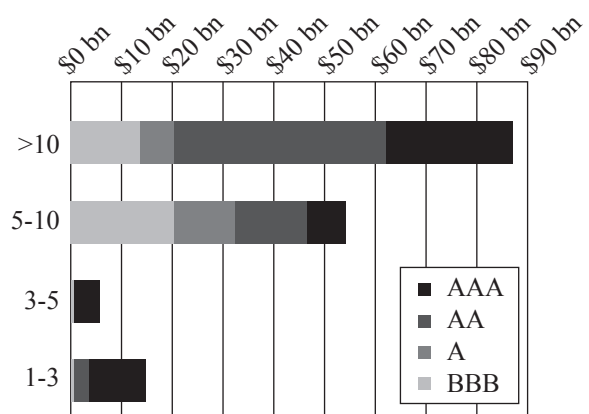


Рис. 4. Распределение выпущенных климатических облигаций по срокам (год) и инвестиционным рейтингам по итогам 1 половины 2013 г. [2]

тинг «AAA» имеют бумаги на сумму почти в 48 млрд долл. США (29,4 %), инвестиционный рейтинг «AA» имеют бумаги на общую сумму 58,95 млрд долл. США (36 %), рейтинг «A» 19 млрд долл. США (11,6 %), рейтинг BBB – 36,06 млрд долл. США (22 %) (рис. 3) [2].

Столь высокие инвестиционные характеристики климатических облигаций объясняются тем, что большинство выпусков имеют государственные гарантии, причем, уже на протяжении нескольких лет доля бумаг с государственной гарантией остается на неизменном уровне в 78–80 % от всего оборота [11].

Важной характеристикой рынка облигаций всегда является показатель срока обращения. В 2013 г. на рынке климатических облигаций сохранялась тенденция к увеличению сроков заимствований, что связано с необходимостью привлечения компаниями долгосрочных инвестиционных ресурсов для реализации «зеленых» проектов по модернизации транспортной, энергетической, жилищно-коммунальной и социальной инфраструктуры. Как видно из рис. 4, почти половина выпусков имеет срок обращения свыше 10 лет, еще одна треть выражена в бумагах среднесрочного характера, от 5 до 10 лет. Приведенные выше характеристики (рейтинг, срок и наличие гарантий) свидетельствуют об устойчиво высоком уровне доверия инвесторов к такого рода инструментам и конкретно заемщикам.

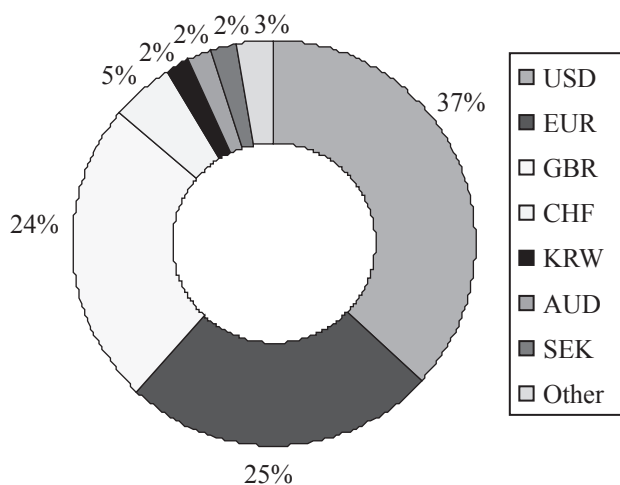


Рис. 5. Распределение обращающихся климатических облигаций по валютам выпуска по состоянию на 06.2013 г. [2]

Большой интерес представляет также разрез рынка климатических облигаций по валюте выпуска. Как видно из рис. 5, основная доля в 37 % пришлась на доллар США, 25 % на евро, 24 % на фунт стерлингов, 5 % на швейцарские франки и далее по 2 % на шведские кроны, австралийский доллар, корейские вонны и 3 % на все остальные валюты. Фактически разрез по валютам рынка климатических облигаций совпадает с показателями мировых финансовых рынков, где также доминируют доллар, евро и фунт стерлингов [2].

Принимая во внимание, что рынок климатических облигаций фактически является международным, то большой интерес представляет разрез участников рынка по странам эмитентам (рис. 6). Здесь необходимо отметить, что за последний год ситуация изменилась значительным образом. Еще год назад абсолютным лидером была Великобритания, доля которой составляла 23 % от всего оборота. За 2012 г. доля китайских климатических облигаций в мировом обороте увеличилась с 3 % до 41 % (127 млрд долл. США) и почти сравнялась с совокупной долей Европы – 38 % (118 млрд долл. США) в обороте мирового рынка климатических облигаций. Годом раньше на Европу приходилось 67 % всего рынка. Это еще раз свидетельствует о том, что Китай поставил задачу построения «зеленой» экономики в ряд приоритетных. На фоне столь значительных перемен Россия выглядит скромно, с неизменной долей чуть выше 3 % [2, 11].

При анализе по отраслям экономики хорошо прослеживаются все те же тенденции: превалирование компаний транспорта и энергетики и очень скромные доли сельского и лесного хозяйства в структуре рынка климатических облигаций. Рис. 7 отражает отраслевую структуру распределения средств по странам эмитентам. Почти все средства (12 млрд долл. США), привлеченные российскими эмитентами, климатических облигаций сосредоточены в руках предприятий транспорта и энергетики [2].

Таким образом, резюмируя вышеизложенное, можно отметить, что в настоящее время определяющее воздействие на конь-

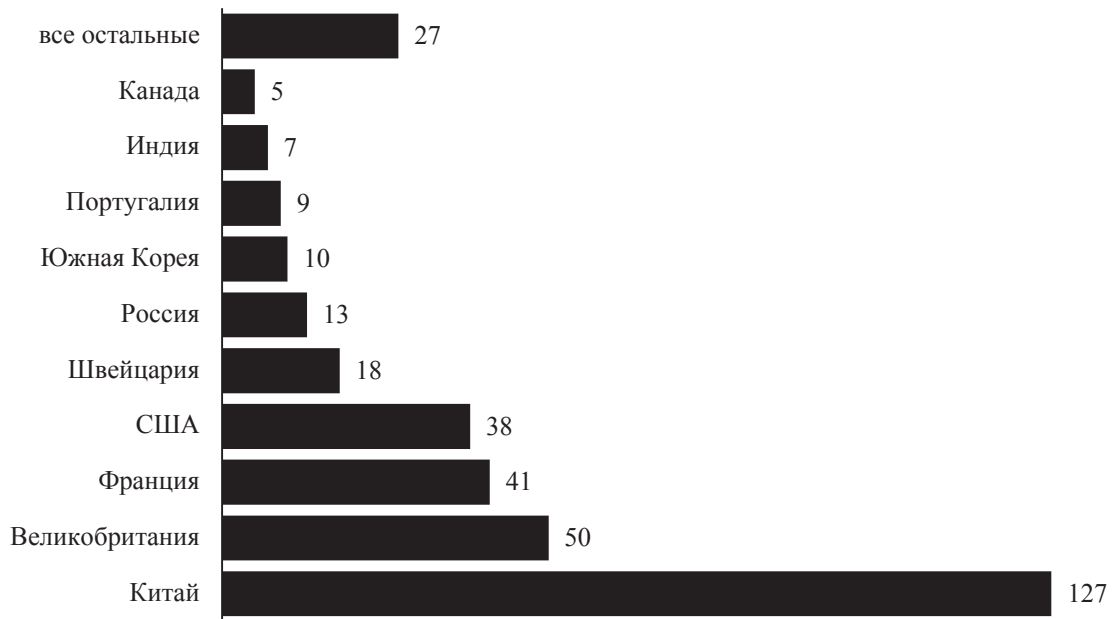


Рис. 6. Распределение по странам эмитентам в млрд долл. США по итогам 1 половины 2013 г. [2]

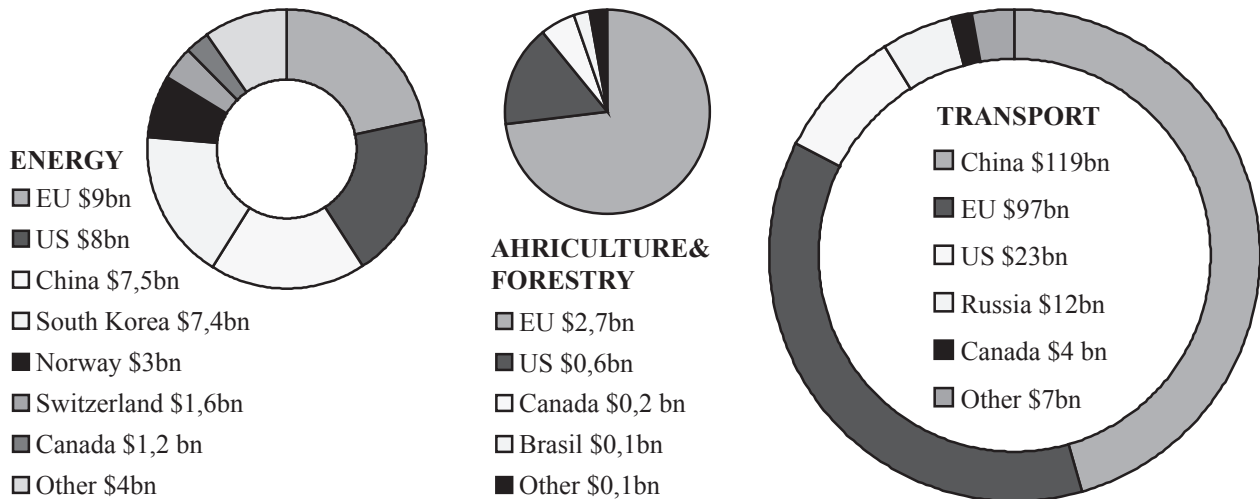


Рис. 7. Страновое распределение выпущенных климатических бумаг по отраслям экономики в млрд долл. США по состоянию на 06.2013 г. [2]

юнктуру рынка климатических облигаций оказывают колебания процентных ставок на мировых финансовых рынках, уровень ликвидности и изменения настроений инвесторов, осуществлявших вложения в климатические бумаги в условиях неопределенности перспектив развития мировой экономики.

Основными проблемами, препятствующими развитию рынка, остаются: отсутствие четких разграничений понятий «климатической» и «зеленой» облигации, низкая ликвидность рынка, исключительно внебиржевой характер сделок, отсутствие четкой системы регулирования рынка и недостаточ-

но развитая рыночная инфраструктура. При этом следует учитывать, что следование принципам социально-ответственного ведения бизнеса и социально ответственного инвестирования пока еще не является обязательным требованием для хозяйствующих субъектов и инвестиционного сообщества.

Принципы социально ответственного инвестирования вызывают все больший интерес у представителей инвестиционного сообщества. Количество присоединившихся к данному движению растет от года к году, что порождает рост интереса к климатическим облигациям. В 2013 г. свыше 22 трлн долл. США

находилось под управлением Глобальной коалиции инвесторов против изменения климата (Global Investor Coalition on Climate Change) [2, 12]. В дальнейшем ожидается расширение их влияния на мировых рынках капитала.

Следующим направлением развития рынка климатических облигаций должна стать активизация региональных банков развития в процессе эмиссии новых выпусков. Бумаги, эмитированные международными финансовыми организациями, традиционно имеют высокие инвестиционные рейтинги, длительные сроки обращения и фиксированную доходность. Такие бумаги будут востребованы крупными институциональными инвесторами с длинным горизонтом инвестирования. По итогам первой половины 2013 г. объем эмиссий климатических облигаций МКФИ превысил 10 млрд долл. США [8, 10].

Государства и муниципалитеты также продолжают наращивать долю климатических бумаг в своих долговых портфелях, размещая их как на внутреннем, так и на внешних рынках. Привлеченные финансовые ресурсы будут использованы для экологической модернизации в процессе перехода к экологически безопасному, низкоуглеродному и климатически устойчивому развитию.

Следующими в этой логической цепочке, несомненно, станут банки, которые будут играть роль финансового посредника в функционировании рынка климатических долговых инструментов, постоянно расширяя список продуктов и услуг, предлагаемых участникам рынка. Это будет стимулировать повышение ликвидности и прозрачности на таком специфическом рынке. Также нам видится, что особая роль банков будет проявляться в процессах секьюритизации «зеленых» или «климатических» активов. Фактически развитие процессов секьюритизации на рынке «зеленых» финансов неизбежно, т.к. позволяет создавать новые инструменты с различными профилями риска и ликвидности.

Предполагается, что Россия не останется в стороне от этих процессов, потому как нашей стране крайне необходима коренная экологическая модернизация экономики и переход к «зеленому росту». Выход российских

эмитентов на рынок климатических облигаций откроет новый источник фондирования для осуществления проектов, нацеленных на экологически безопасное, низкоуглеродное и климатически устойчивое развитие. Использование такого рода финансовых инструментов в РФ могло бы стать частью механизма, обеспечивающего экологическую, а значит, и национальную безопасность страны.

Библиографический список

1. Обзор состояния мировой экономики МВФ октябрь 2013г. World economic outlook. 249p. <http://www.imf.org/external/pubs/ft/weo/2013/02/pdf/text.pdf>
2. Bonds and Climate Change. The state of the market in 2013. 7p. http://www.climatebonds.net/files/Bonds_Climate_Change_2013_A3.pdf
3. Draft report «Towards a green investment policy framework: the case of low – carbon, climate – resilient infrastructure». 2012(5). 65p. <http://search.oecd.org/officialdocuments/publicdisplaydocumentpdf/?cote=ENV/WKP%282012%2912&docLanguage=En>
4. Материалы сайта климатических облигаций. <http://www.climatebonds.net/2013/02/9-useful-facts-bond-markets/>
5. The Green Investment Report. The ways and means to unlock private finance for green growth. A Report of the Green Growth Action Alliance. http://www3.weforum.org/docs/WEF_GreenInvestment_Report_2012.pdf
6. Advisory Group on Climate Change Financing (AGF). (2010), Report of the Secretary General’s High Level Advisory Group on Climate Change Financing. <http://www.climatebonds.net/about/advisory-panel/>
7. Материалы сайта Всемирного Банка. <http://treasury.worldbank.org/cmd/htm/WorldBankGreenBonds.html>
8. World Bank Green Bond Fact Sheet (updated: August 2013). <http://treasury.worldbank.org/cmd/pdf/WorldBankGreenBondFactSheet.pdf>
9. Хуторова Н.А. Корпоративная социальная ответственность в области регулирования антропогенной нагрузки на экосистем / Н.А. Хуторова, В.С. Шалаев // Вестник МГУЛ – Лесной Вестник. – 2012. – № 5.
10. Материалы сайта Европейского инвестиционного банка. <http://www.eib.org>
11. Bonds and climate change the state of the market in 2012. 5p. http://www.climatebonds.net/wp-content/uploads/2012/05/CB-HSBC_Final_30May12-Single.pdf
12. Материалы сайта Глобальной коалиции инвесторов против изменения климата. <http://globalinvestorcoalition.org/category/news-and-publications>
13. Хуторова Н.А. Управление рисками катастроф посредством инновационных финансовых инструментов / Н.А. Хуторова // Вестник МГУЛ – Лесной вестник – 2010. – № 7(76). – С. 119–123.

ИННОВАЦИОННЫЙ ПОДХОД К РАЗВИТИЮ ЛЕСОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА В РЕГИОНЕ (НА ПРИМЕРЕ КРАСНОЯРСКОГО КРАЯ)

А.Н. САМОЛДИН, доц., зав. каф. стратегического менеджмента, канд. техн. наук,
Д.Е. КУЛАГИН, асп. МГУЛ

samoldin@mgul.ac.ru, kulagin.05@mail.ru

Современное состояние лесопромышленного комплекса России трудно назвать удовлетворительным. По данным некоторых исследователей, Россия сегодня обладает не менее чем 25 % мировых запасов древесины, но при этом ее доля в мировом лесопромышленном производстве и в торговле лесоматериалами и другой продукцией на основе лесных ресурсов составляет не более 3 % [1]. Такое положение связано, в частности, с отсутствием активного желания инвесторов размещать ресурсы в лесном секторе экономики, что, в свою очередь, объясняется недостаточной инвестиционной привлекательностью отрасли и существенными инвестиционными рисками ввиду специфики самого лесопромышленного комплекса.

Для успешного функционирования и последующего динамичного развития лесопромышленного комплекса России необходимо кардинально изменить подход к управлению комплексом в целом и инвестициями в отрасль, в частности. Необходимы инновационные модели и методы управления, учитывающие как особенности лесного сектора России в целом, так и отдельных регионов, отличия между которыми достаточно велики. Особое внимание следует обратить на многолесные районы Сибири и Дальнего Востока, где при развитии инновационных методов и технологий можно получить значительный экономический эффект.

Определенное движение в сторону инновационных решений по лесному сектору уже можно наблюдать. На VI Международном форуме «Лес и человек» участникам форума был представлен итоговый документ проекта Продовольственной и сельскохозяйственной организации ООН (ФАО) «Прогноз развития лесного сектора Российской Федерации до 2030 года» [2]. Прогноз

составлен по трем альтернативным сценариям, включая инновационный.

Инновационный сценарий предусматривает наличие достаточно высоких и стабильных темпов экономического роста отрасли при условии активной государственной поддержки. Значительные перемены связываются с существенным увеличением доли глубокой переработки древесины непосредственно на местах ее заготовки. Отставание в развитии отрасли, образовавшееся в России в последние двадцать лет, предлагается преодолеть путем внедрения инновационных технологий. Существенное значение при этом имеет региональная специфика. Покажем это на примере Красноярского края.

Красноярский край входит в первую российскую десятку регионов по инвестиционной активности. Однако на первом месте среди отраслей экономики региона, куда инвестируются средства, остаются добывающие отрасли, в том числе и по заготовке леса. Тем не менее, постепенно усиливается интерес инвесторов к высокотехнологичным инновационным проектам. Однако пока доля инновационно активных предприятий среди всех предприятий Красноярского края невелика и составляет всего 14 %, а удельный вес инновационной продукции в общем объеме отгруженных товаров этих предприятий составляет всего 5 %. Поэтому сегодня вполне можно говорить о необходимости усиления инновационного развития региона, в том числе и в сфере лесного комплекса.

Красноярский край обладает крупнейшими в России лесосырьевыми ресурсами, и в последние годы их объем только возрастает. Так, по данным Агентства лесной отрасли Красноярского края, в начале 2000-х гг.

Приоритетные инвестиционные проекты в области освоения лесов Красноярского края

Назначение проекта	Организация	Стоимость проекта, млрд руб.
Строительство лесохимического комплекса в Енисейском районе	ОАО «Ангара Пейпа»	96,6
Создание в Богучанском районе лесоперерабатывающего комплекса	ЗАО «Краслесинвест»	73,3
Развитие бизнеса в лесопереработке	ООО «Енисейский фанерный комбинат»	5,9
Создание деревообрабатывающего производства полного цикла в г. Красноярске	ООО «Управляющая компания «Мекран»»	5,6
Создание и модернизация производственных комплексов в г. Сосновоборске и пос. Верхнепашино	ООО «Сиблес Проект»	3,3
Организация переработки древесины в Кежемском районе	ООО «Приангарский ЛПК»	1,6
Развитие деревообрабатывающего комплекса в г. Красноярске	ЗАО «КЛИМ Ко»	1,3
Расширение лесоперерабатывающего производства и создание лесной инфраструктуры	ЗАО «Новоенисейский лесохимический комплекс»	0,4

Существенные финансовые риски инвестиционных проектов

Сущность риска	Стадия проекта	Возможность управления	Стоимостная оценка
Рост курса основных мировых валют по отношению к рублю	проектная	Неуправляемый прогнозируемый	Прогноз удорожания стоимости проекта
Превышение расчетных инфляционных ожиданий	проектная	Неуправляемый прогнозируемый	Прогноз удорожания стоимости проекта

в регионе насчитывалось около 7,8 млрд м³ лесосырьевых ресурсов, что составляло около 10 % общероссийского запаса. Теперь, по данным регионального Министерства природных ресурсов и лесного комплекса, общий запас древесины в регионе оценивается в 11,5 млрд м³ [3].

В настоящее время на территории Красноярского края в соответствии Постановлением Правительства Российской Федерации от 30.06.2007 № 419 «О приоритетных инвестиционных проектах в области освоения лесов» реализуется восемь приоритетных инвестиционных проектов в области освоения лесов. Для их реализации без проведения аукциона в долгосрочную аренду переданы лесные участки общей площадью 9,1 млн га (6 % общей площади лесного фонда края) [4]. Данные об этих проектах приведены в табл. 1.

Как видно из табл. 1, инвестиционные проекты существенно различаются между собой по объему инвестиций, которые составляют от сотен миллионов рублей до почти сотен миллиардов рублей (в десятки раз). Некоторые из этих проектов финансируются государством, в том числе и через Внешэкономбанк. Практически все перечисленные в таблице проекты ориентированы на лесопереработку в регионе, что является весьма прогрессивным шагом по сравнению с лесодобычей.

Однако на стадиях реализации проектов могут возникать существенные финансовые риски [5], основными из которых являются валютный и инфляционный (табл. 2).

Так, например, проект ООО «Управляющая компания «Мекран»», которая частично финансируется государством через

Внешэкономбанк, превышение составляет 2,5 млрд руб. или 32 %, по сравнению с указанной в табл. 1 суммой [6].

Вполне очевидно, что указанные выше риски должны покрываться позитивными социально-экономическими эффектами инвестиционного проекта. Такие эффекты закладываются еще на стадии разработки и проектирования будущих инвестиционных объектов. В частности, строительство Богучанского лесопромышленного комплекса предусматривает прямые бюджетные эффекты объемом более 12 млрд руб., а также создание более трех тысяч новых рабочих мест и мультипликативный социальный эффект для всего Богучанского района в целом [6].

Таким образом, можно утверждать, что лесной сектор в Красноярском крае развивается сегодня с элементами инновационности. Однако, по данным Ассоциации инновационных регионов России, среди резидентов Красноярского регионального инновационно технологического бизнес-инкубатора преобладают проекты в сферах машиностроения и информационных технологий, а проекты в области лесопереработки отсутствуют вовсе [7]. Такое положение для крупнейшего лесного региона страны вряд ли можно считать удовлетворительным. Необходимо существенно повысить инновационную составляющую в хозяйственной деятельности лесной отрасли края.

В соответствии с изложенным можно сформулировать несколько общих принципов, отвечающих инновационному подходу к развитию лесного сектора в Красноярском крае.

1. Необходимо комплексно оценить инновационный потенциал края именно с позиции применимости данных инноваций к лесному сектору. При этом следует в обязательном порядке учитывать возможности повышения уровня социально-экономического развития региона.

2. Необходимо изучить и проанализировать существующие инструменты управления стратегическим развитием лесного

комплекса края, в том числе приоритетные инвестиционные проекты в области лесопереработки.

3. Провести комплексный анализ задачи размещения лесоперерабатывающих предприятий с учетом различных аспектов: политического, экономического, социального, технологического, экологического и т.д. При необходимости в целях повышения качества анализа проводить широкомасштабные маркетинговые исследования с привлечением сторонних специалистов и экспертов.

4. Оценить потенциальный технико-экономический и социальный эффекты от внедрения инновационных продуктов и технологий на действующие в крае предприятия лесной отрасли и на вновь создаваемые предприятия и объединения. При этом не следует ограничиваться стандартными расчетами эффективности по известным показателям типа чистого дисконтированного дохода или срока окупаемости. Необходимо провести вариантный анализ возможных сценариев внедрения инноваций с учетом возможных рисков и последствий, которые могут вызвать ситуации наступления рискованных событий.

Библиографический список

1. Назарова В.В. Оценка рисков реализации инвестиционных проектов в лесном секторе России / В.В. Назарова // Проблемы современной экономики, 2012. – № 4. – С. 431–435.
2. Лесной сектор экономики России сегодня и завтра // ЛесПромИнформ, 2013. – № 2. – С. 8–13.
3. Алексеева М. Запас лесосырьевых ресурсов в Красноярском крае увеличивается / М. Алексеева // ЛесПромИнформ, 2013. – № 5. – С. 18–23.
4. Постановление Правительства Российской Федерации от 30.06.2007 № 419 «О приоритетных инвестиционных проектах в области освоения лесов». http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_139729/
5. Аглицкий И.С. Классификация банковских рисков при инвестициях в реальный сектор экономики / И.С. Аглицкий, Д.Е. Кулагин, Д.В. Остапенко // Вестник МГУЛ – Лесной вестник. – М.: МГУЛ. – 2012. – № 3. – С. 190–193.
6. <http://veb.prognoz.ru/>
7. <http://www.i-regions.org/regions/krasnoyarsk/innovative-business/>

ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ ПРОЕКТ TEMPUS «РАМКА КВАЛИФИКАЦИЙ И НЕПРЕРЫВНОЕ ОБРАЗОВАНИЕ ДЛЯ УСТОЙЧИВОГО ЛЕСОПОЛЬЗОВАНИЯ». АВСТРИЯ–ГРЕЦИЯ

В.С. ШАЛАЕВ, *проф., директор ИСИЛ МГУЛ, д-р техн. наук,*

А.Н. САМОЛДИН, *доц., зав. каф. стратегического менеджмента, канд. техн. наук,*

В.А. ФРОЛОВА, *доц., зав. каф. ландшафтной архитектуры и садово-паркового строительства, канд. с.-х. наук,*

Н.А. ХУТОРОВА, *доц., вед. научн. сотрудник ИСИЛ МГУЛ, канд. экон. наук*

shalaev@mgul.ac.ru

В сентябре 2013 г. в ходе выполнения проекта Европейского Союза TEMPUS-JPHES-№ 516796 «Рамка квалификаций и непрерывное образование для устойчивого лесопользования» была проведена международная тренинг-сессия (стажировка) на базе и с участием Университета ВОКУ г. Вена (Австрия) и Университета АУТ г. Салоники (Греция), учебно-научно-производственных объектов этих университетов, ряда организаций, работающих в области образования и науки в Европе. Эта тренинг-сессия явилась органическим продолжением предшествующих, проведенных в сентябре 2012 г. в университетах г. Хельсинки (Финляндия) и г. Копенгагена (Дания) и в мае 2013 г. в университетах г. Падуа (Италия) и г. Лилль (Франция).

Московский государственный университет леса является одним из 16 исполнителей вышеуказанного проекта, среди которых такие российские лесные вузы, как Поволжский государственный технологический университет, Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет, Башкирский государственный аграрный университет, Воронежская государственная лесотехническая академия, Уральский государственный лесотехнический университет. Стоит отметить, что среди российских исполнителей – Министерство лесного хозяйства Республики Марий Эл, Фонд экологических инициатив Республики Марий Эл, Гильдия экспертов в сфере профессионального образования, что обеспечивает связь образования, бизнеса и науки. От Евросоюза в проекте участвуют университеты г. Хельсинки (Финляндия), г. Падуи (Италия), г. Копенгагена (Дания), г. Вены (Австрия), г. Салоники (Греция), г. Лилля (Франция) и Европейский институт

леса. Проект направлен на повышение качества лесного образования в России с учетом опыта и достижений ведущих европейских вузов. Практическим результатом выполнения данного проекта должно стать создание отраслевой рамки квалификаций для лесного сектора экономики. Предполагается, что данная работа поможет гармонизировать образовательные программы российской высшей школы с образовательными стандартами Европейского Союза. Отличительная черта проекта состоит в том, что в ЕС работа по созданию отраслевых рамок квалификаций и области лесного хозяйства пока еще не завершена. Тем интереснее участникам опыт друг друга.

В качестве представителей МГУЛ в российскую делегацию были включены координатор проекта профессор Шалаев В.С., исполнители проекта доценты Фролова В.А., доцент Самолдин А.Н. и Хуторова Н.А. На тренинг-сессии (стажировке) была продолжена коллективная работа по тематике Проекта, в первую очередь, направленная на создание рамки квалификаций для лесного хозяйства России с учетом положительных сторон накопленного опыта европейских стран.

Стажировка началась в г. Вена (Австрия) с визита в Университет природных ресурсов и прикладных наук (ВОКУ) (рис. 1) и выступлений-презентаций проректора по исследованиям и международному сотрудничеству профессора Иозефа Глоссла (Josef Glossl), руководителя Центра международного сотрудничества Агнес Лиебл (Agnes Liebl), координатора Проекта доктора Стефана Питча (Stephan Pietsch) [1].

Университет имеет богатую историю, начавшуюся в 1872 г. В настоящее время в Уни-



Рис. 1. Российская делегация на территории Университета ВОРУ в г. Вене (Австрия)

верситете учился 15 тыс. студентов, работает около 2500 сотрудников, ежегодно выполняется 700 проектов, издается 2500 научных публикаций в год, ежегодный бюджет составляет 100 млн евро. В 2012 г. ВОРУ занимал 1-ое место среди немецкоязычных университетов, находился на 8-ом месте среди университетов Европы, на 21-ом – среди 235 университетов в мире. Достаточно развитое лесное направление в ВОРУ по международному рейтингу QS находится на 51–100 месте. Характерно, что до 40 % дисциплин читаются на английском языке, до 20 % студентов – иностранные граждане. Известность и значимость его в широком спектре уникальных научных исследований и междисциплинарном подходе в науке и образовательном процессе. Простое перечисление основных содержательных подразделений-департаментов подтверждает сказанное. В Университете успешно функционируют департаменты:

- Наук о материалах и инженерных процессах;
- Биотехнологий;
- Воды, атмосферы и окружающей среды;
- Нанобиотехнологий;
- Химии;
- Интегрированных исследований биологии и биоразнообразия;
- Наук о продовольствии и технологиях его производства;

- Ландшафта, наук о пространстве и инфраструктуре;
- Экономики и социальных наук;
- Устойчивых сельскохозяйственных систем;
- Гражданского инженерного дела и природных рисков;
- Лесных и почвенных наук;
- Прикладных растениеводческих наук и плантационной биотехнологии;
- Агробиотехнологии;
- Прикладной генетики и клеточной биологии.

При посещении Университета участники ознакомились со стратегиями внедрения новых рамок квалификаций в ВОРУ на основе общеевропейской и национальной рамок квалификаций, определили их место в международной академической мобильности и последующей трудовой миграции, а также с моделью построения системы обеспечения качества в университете ВОРУ (презентация Кристины Паулюс). Модель включает четыре аспекта качества, которые применяются на различных этапах жизненного цикла образовательных программ:

1. Качество концепции: анализ потребностей, определение целей, планирование и наличие необходимых ресурсов;
2. Качество информации: соответствующая информация для участников и потенциальных участников;

3. Качество реализации: реализация программы, качество учебно-образовательного процесса;

4. Качество результатов: после завершения курса, во время изучения курса, оптимизация через мониторинг и обратную связь.

Были приведены конкретные критерии оценки качества, соответствующие цели, и оперативные функции по каждому из аспектов качества модели.

Большой интерес у российских участников вызвала встреча с профессором Евой Шулев-Стейндл (Eva Schulev-Steindl), главой Сената университета по контролю качества образования [2]. В презентации были затронуты правовые аспекты разработки и оценки системы обеспечения качества в университете. В соответствии с правовым актом от 2002г. университеты должны разрабатывать свои собственные системы менеджмента качества. При этом оценки являются важнейшим элементом системы менеджмента качества и должны соответствовать международным стандартам, все научные сотрудники должны оцениваться каждые 5 лет и т.д. Кроме того, в соответствии с законом об Обеспечении качества в высшем образовании 2012г. государственные университеты должны проходить внешний аудит качества каждые 7 лет в пяти сферах деятельности (образование, включая непрерывное образование; исследования и управление научными исследованиями; администрация; управление персоналом; интернационализация и социальные цели) по четырем стандартам: стратегия качества, обеспечение достижения целей, система мониторинга и сбора информации, взаимодействие с заинтересованными группами.

Большой интерес участников семинара вызвал индивидуальный подход оценки профессоров университета. Продолжительность контракта для большинства профессоров ВОКУ ограничена 3–7 годами. Цель оценки – проверить, в какой степени профессора выполнили контракты, и установить основу для будущих контрактов. Процесс оценки: создание внутренних оценок, выбор из 2 зарубежных аналогов, поиск данных, самоотчет, обсуждение оценки коллег и студентов, окончательный отчет, включая рекомендации, презентация

ректорату, заключение контракта. Продолжительность процесса оценки 8 месяцев.

Кроме того, была представлена информация об объединении семи европейских университетов в Euro League of Life Sciences (ELLS). Целью Лиги является совместное преподавание и обучение, разработка совместных образовательных программ, обеспечение мобильности студентов и преподавателей, обеспечение качества. Одним из результатов этого сотрудничества в области обеспечения качества является принятие документа «Руководящие принципы по разработке совместных магистерских учебных программ». Применение данного документа позволяет эффективнее решить проблему двойных дипломов.

В Австрийском центре международного сотрудничества и мобильности, который являлся очередным этапом стажировки, российским участникам был представлен сам центр, его деятельность, вновь инициированные Европейской комиссией программы ERASMUS PLUS, в которых смогут принимать участие и российские вузы (презентация-выступления Мартины Фридрич и Лукаса Петри). Последнее вызвало оживленный интерес российских участников.

Весьма познавательным было посещение штаб-квартиры Международного союза лесных исследовательских организаций (ИЮФРО) (рис. 2) и презентация доктора Михаэла Клейна (Michael Kleine), который рассказал о миссии, целях и задачах, структуре, составе и деятельности Союза [3].

В состав Международного союза лесных исследовательских организаций (International Union of Forest Research Organizations) как глобальной сети лесного научного сотрудничества, входят более 15 тыс. ученых, 650 организаций-членов из 120 стран. Было подчеркнуто, что Международный союз лесных исследовательских организаций (ИЮФРО) – некоммерческое и неправительственное объединение, функционирующее исключительно на добровольной основе. Организованный в 1892 г. ИЮФРО является старейшей глобальной структурой для научной кооперации в лесном сообществе.

Миссия ИЮФРО – содействие международному сотрудничеству в лесных и



Рис. 2. В штаб-квартире ИЮФРО (Вена, Австрия)

смежных с ними исследованиях; совершенствование понимания экологических, экономических и социальных аспектов в отношении лесов и деревьев; распространение научных знаний среди заинтересованных сторон и руководящих органов, содействие лесной политике и управлению лесами на местах.

Цель ИЮФРО в качестве глобальной сети лесных и смежных исследований обеспечивать потребности всех исследователей и принимающих решения руководителей.

Опора ИЮФРО – исследовательские организации и университеты; индивидуальные ученые; неправительственные организации; принимающие решения руководство; лесные собственники и другие зависящие от леса люди.

Фокус сотрудничества ИЮФРО – информировать политических и управляющих деятелей, обеспечивая высококачественной научной информацией и синтезом исследований.

В рамках ИЮФРО функционируют около 170 рабочих и 60 специальных исследовательских групп в составе 9 отделений:

- Лесоводства;
- Физиологии и генетики;

- Проектирования и управления лесными технологиями и операциями;
- Лесной инвентаризации, моделирования и управления;
- Лесной продукции;
- Социальных аспектов лесов и лесного хозяйства;
- Состояния лесов;
- Лесной экологии;
- Лесной политики и экономики.

В плане текущей деятельности ИЮФРО реализуется ряд программ, проектов, инициатив и специальных междисциплинарных задач. В настоящее время шесть ключевых направлений лесной науки определяют настоящую и будущую направленность ИЮФРО: леса для людей; леса и изменения климата; лесная биоэнергия: лесное биоразнообразие; леса и вода; лесные ресурсы для будущего.

В качестве комментария [4–6]. **Леса для людей:** включает выбор лесопользования и оценку потребностей людей; агролесоводство и продовольственную безопасность; леса, здоровье и бедность человечества; лес и столкновения при землепользовании.

Леса и изменения климата. Включает воздействие на лесные экосистемы (нали-

чие или пригодность воды, виды, миграция, вредителей и болезни) и зависимость людей от леса; реакцию лесных экосистем, воздействия, технологии (в том числе снижение эмиссии от уменьшения лесистости и деградации лесов), адаптацию лесов и людей; доказательные оценки изменения климата под воздействием леса.

Лесная биоэнергия. Включает экологическую эффективность систем и технологий лесной биоэнергии; конкуренцию за ресурс (биоэнергия, волокна, традиционная лесная продукция) и аспекты использования; различные формы биоэнергии (например, использование насаждений ивы); воздействия на окружающую и социальную среду, в том числе конфликты при землепользовании.

Лесное биоразнообразие. Включает стратегии формирования ландшафта при сохранении биоразнообразия (в том числе фрагментацию и др.); экосистемные услуги лесного биоразнообразия; биоразнообразие и эластичность лесной экосистемы в свете изменений климата; воздействия и эффект от снижения биоразнообразия на различных уровнях.

Леса и вода. Включает эффекты от землепользования и изменения землекрытия на гидрологию водораздела; взаимодействия леса и воды в условиях изменений климата и ответной реакции; регионально-специфические взаимодействия лесов и воды (в том числе потребление воды для лесных плантаций).

Лесные ресурсы для будущего. Включает тенденции в требованиях к лесной продукции, товарам, услугам экосистем и конфликт интересов; выборам управления на ландшафтном уровне; деградации лесов и восстановлению лесного ландшафта; традиционным и новым инновационным использованиям лесной продукции, товаров и услуг; потреблению низкокачественной продукции для высококачественного использования; глобализации и изменению в управляющих системах.

Эти ключевые направления определяют деятельность ИЮФРО в 2010–2014 гг. ИЮФРО предполагает претворять эти шесть направлений через работу организаций, в

первую очередь, через сильные национальные лесные исследовательские институты и хорошую международную кооперацию.

Особо доктор М. Клейн остановился на участии российских организаций и ученых в работе ИЮФРО. Он отметил участие 15 российских организаций в ИЮФРО и двух индивидуально-ассоциативных ученых-членах ИЮФРО. Среди них (список составлен по хронологии вступления): Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, ВНИИЛМ, МГУЛ, ВИПКЛХ, Всероссийский научно-исследовательский информационный центр по лесным ресурсам, НИИЛГиС, СПбГЛТУ, СПбНИИЛХ, МарГТУ (в настоящее время, Поволжский государственный технологический университет), Представительство Международного союза охраны природы для стран СНГ, СибГТУ, УГЛТУ, НПСА «Здоровый лес», Биолого-почвенный институт ДВО РАН, Лесоинженерный факультет ПетрГУ.

В заключительной части доктор М. Клейн остановился на некоторых текущих направлениях деятельности российских организаций в ИЮФРО и их перспективах, среди которых, в первую очередь, отметил работу по реализации российского сегмента Глобальной лесной информационной службы (Global Forest Information Service), его наполнению и совершенствованию.

В качестве комментария[4–6] . Global Forest Information Service (GFIS) – Глобальная лесная информационная служба (www.gfis.net) – это проект, инициированный рядом международных организаций.

Миссией GFIS является распространение информации и знаний среди представителей глобального лесного сообщества, тем самым развивая общие подходы и стандарты и выстраивая своеобразную сеть партнерских отношений.

Цель GFIS состоит в обеспечении всех желающих, чья деятельность связана с лесами и лесным хозяйством, легкой возможностью получения и обмена взаимноинтересной информацией. Участниками GFIS являются государственные и негосударственные организации по всему миру, включая развитые и развивающиеся страны.

История создания GFIS начинается с 1998 г., когда при проведении международных консультаций по исследованиям и информационным системам в лесном хозяйстве в Австрии было рекомендовано Межправительственному форуму по лесам (Intergovernmental Forum on Forests – IFF) способствовать созданию и развитию Глобальной лесной информационной службы. Реализуя рекомендации IFF, Международный союз лесных исследовательских организаций инициировал деятельность по созданию Глобальной лесной информационной службы (GFIS) в том виде, что функционирует в настоящее время. Была организована группа исполнителей, информационный сервер, веб-интерфейс, начат региональный проект GFIS-Africa.

Первая версия GFIS была представлена на Европейской конференции IUFRO в 2002 г. в Копенгагене и успешно продемонстрирована на Мировом лесном конгрессе в 2003 г. в Канаде. Она включала информацию о более чем 60 лесных институтах всех регионов мира. В 2004 г. IUFRO совместно с FAO и CIFOR разработали концепцию развития GFIS, которая была одобрена на 13-м заседании CPF в Нью-Йорке. Суть концепции GFIS состояла в том, что участники проекта помещают на своих интернет-сайтах или сайте головной организации информацию, которую они хотели бы донести до сведения коллег. Затем они в определенном формате готовят данные, описывающие эту информацию, так называемые метаданные, которые, в свою очередь, становятся доступны другим участникам в виде новостных лент, а также для тематических поисковых запросов.

На XXII Всемирном конгрессе IUFRO в 2005 г. в Австралии была представлена новая поисковая система GFIS, которая включает ключи информационных ресурсов: новости, события, публикации, вакансии. В начале 2007 г. было осуществлено обновление версии GFIS. В этом случае перед информационными провайдерами GFIS появляются дополнительные возможности.

На XXIII Всемирном конгрессе IUFRO в 2010 г. в Республике Корея (Сеул) были презентованы современное состояние и версия GFIS.

При этом наибольший охват международной аудитории имели англоязычные каналы. Однако используемые механизмы позволяют обмениваться информацией и на других языках, включая русский. Таким образом, участие в GFIS позволяет всегда быть в курсе деятельности коллег и оповещать о своей деятельности.

Идея создания российского сегмента GFIS обсуждалась в рамках Ассоциации российских организаций-членов ИЮФРО несколько лет. Реализации этой идеи мешала определенная ведомственная разобщенность научных организаций, работающих в интересах лесного комплекса страны. Однако лишь в 2005 г. была продумана структура GFIS-Russia и организована рабочая группа исполнителей. Вузовский сектор российского сегмента GFIS должен включать все высшие учебные заведения России, входящие в Учебно-методическое объединение по образованию в области лесного дела, во главе с Московским государственным университетом леса (МГУЛ). Академический сектор российского сегмента GFIS должен быть представлен, прежде всего, Институтом леса имени В.Н.Сукачева Сибирского отделения РАН (ИЛ СО РАН) и другими научными учреждениями различных отделений и научных центров, работающих в интересах лесного комплекса страны. Во главе этого сектора – Институт леса имени В.Н.Сукачева Сибирского отделения РАН. Отраслевой сектор российского сегмента GFIS должен быть представлен, прежде всего, научными учреждениями и рядом проектных организаций лесного хозяйства во главе с Всероссийским научно-исследовательским институтом лесоводства и механизации лесного хозяйства (ВНИИЛМ). В соответствии с инициативой вуза, поддержанной всеми исполнителями, головной организацией по созданию пилотной версии российского сегмента GFIS стал Московский государственный университет леса.

В 2006 г. была начата и в первом приближении завершена работа по созданию пилотной версии российского сегмента GFIS (www.gfis.ru). МГУЛ, ИЛ СО РАН, ВНИИЛМ создали свои специализированные интернет-сайты для организации работы других

российских учреждений лесного профиля в среде Global Forest Information Service. На этих сайтах размещена информация о событиях, новостях, публикациях и конференциях. Установлена связь с головным сервером GFIS для автоматического обновления данных и включения в глобальную базу данных. Это позволяло пользователям GFIS осуществлять поиск данных по ключевым словам, включая и сайты российских организаций. В 2007–2013 гг. продолжались и продолжают работы по наполнению и развитию Интернет-портала gfis.ru – русской части Глобальной службы лесной информации – проекта, развиваемого в рамках международного партнерства по лесам. Ежедневно в разделах сайта публикуются новости лесного комплекса. Администрация сайта регулярно публикует информацию о предстоящих конференциях, тренингах, симпозиумах, выставках и прочих мероприятиях.

Очередной этап – создание единого пути доступа к информации о лесных ресурсах, состоянии науки, образовании, лесного комплекса в России и странах СНГ, в автоматическом режиме фиксировать изменения выбранных интернет-страниц, переводить наиболее интересные данные, помещая их на сервере GFIS.RU и передавать метаданные на сервер GFIS.NET. В качестве направлений развития необходимо указать редактирование существующих разделов для увеличения количества публикуемой информации и более удобного ее структурирования, создание новых разделов и реализацию электронной библиотеки, которая будет представлять собой хранилище учебников, научных трудов, статей, авторефератов.

В заключение участники российской делегации были приглашены принять участие в грядущем XXIV Всемирном конгрессе ИЮФРО, который состоится 5–11 октября 2014 г. в Солт-Лейк-Сити (США).

Полезными явились обсуждения хода выполнения проекта между российскими участниками и с представителем финской стороны Кайсой Каукиайнен (Kaisa Kaukianen).

В программу визита также вошли выездные мероприятия в Национальный парк

Donau-Auen, посещение лесничества и выезда на участки для знакомства с ведением низкоствольного лесного хозяйства в Австрии, посещение водоохранной лесной территории в Альпах, откуда в систему водоснабжения г. Вены поступает питьевая вода высочайшего класса.

Следующим пунктом стажировки стал г. Салоники (Греция), Университет Аристотеля (AUT), который является самым крупным образовательным учреждением не только в Греции, но и в целом на Балканах (рис. 3).

В составе Университета 10 факультетов, 49 школ, порядка 42 тыс. студентов, 2100 человек академического и 2000 – технического штата, 1700 партнеров по исследованиям. За 15 лет выполнено 10 882 исследовательских проекта (презентации доктора Иоанниса Гитаса и доктора Георгия Залидиса [7]). Особого внимания заслуживает учебный план подготовки бакалавров лесного профиля Университета AUT г. Салоники (Греция), основанный на междисциплинарном подходе. По требованиям ЕС трудоемкость подготовки бакалавра не может превышать 300 кредитов (по 30 кредитов в семестр), т.е. 5 лет. Этим в полной мере пользуется Университет AUT. Программа подготовки бакалавров лесного профиля в этом университете за счет лесных практик даже превышает контрольную цифру и составляет 307 зачетных единиц. В результате количество дисциплин в учебном плане подготовки бакалавра в России примерно такое же, как и в Университете AUT, но бакалавры в России учатся 4 года, а в Греции 5 лет. Это позволяет укрупнить дисциплины и вводить в программу подготовки предметы междисциплинарного характера не в ущерб базовой подготовке.

В ходе греческого этапа участники проекта посетили лаборатории факультета лесного хозяйства и окружающей среды Университета Аристотеля, учебно-опытный лес в районе Таксиархис, лесной музей, Национальный департамент лесного хозяйства и окружающей среды, Балканский центр окружающей среды, участвовали в телемосте с агентством «Black Sea», по результатам которого разработан проект договора о сотруд-

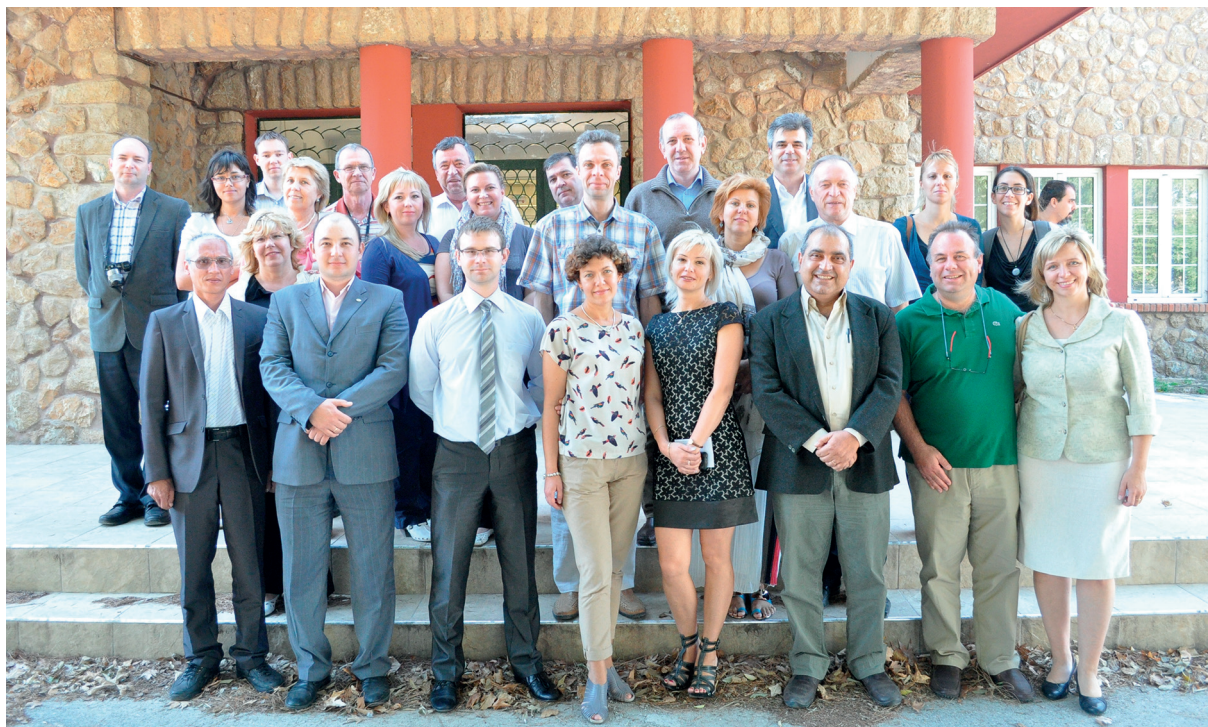


Рис. 3. У факультета лесного хозяйства и окружающей среды Университета АУТ в г. Салоники (Греция)

ничестве. Большой практический интерес вызвал обстоятельный доклад-презентация профессора Университета Аристотеля Марии Лазаридоу (Maria Lazaridou), посвященный вопросам Европейских приложений к диплому Университета Аристотеля, специально разработанных для каждого из 12 направлений подготовки и одобренных Евросоюзом. Она акцентировала внимание на сложности претворения в жизнь трансфера зачетных единиц, полученных в соответствии с положениями Болонского Соглашения. Было отмечено, что часто мы совершаем ошибку при составлении учебных планов в процессе распределения времени на тот или иной курс. Не следует отдавать приоритет статусным или престижным дисциплинам в ущерб базовым или не особо популярным у студентов [8], а в соответствии с современными тенденциями и образовательными технологиями не стоит за основу успеха брать только аудиторные часы, как это часто делается у нас в России.

Особый интерес и оживленную дискуссию у российских участников семинара вызвала презентация проф. Ф. Араванопулоса (F. Aravanopoulos) по требованиям к уровню званий и способностей специалиста; пре-

зентация доктора Иоанниса Гитаса (Ioannis Gitas) «Рамки квалификации в лесном хозяйстве Греции».

Необходимо отметить, что греческие коллеги организовали круг докладчиков, действительно вызывающих практический интерес представителей российских вузов. Один из дней был посвящен общению с представителями частного бизнеса, с руководством и представителями ряда высокотехнологичных организаций и компаний, работающих в лесном секторе. Участникам были представлены презентации (М. Вогитзис, А. Мантзавелас), возможности оценить проблемы трудоустройства, посетить частную компанию. Определенный интерес у российской делегации вызвали примеры успешной деятельности вольнонаемных индивидуальных предпринимателей, «фрилансеров», оказывающих широкий спектр высококвалифицированных услуг в области лесного хозяйства предприятиям частного и государственного сектора (Димитрос Заггас, Томас Лагас). Мнение работодателей в этом случае имеет значение для совершенствования образовательного процесса. В частности, руководитель компании Омикрон



Рис. 4. На лесной территории горы Олимп (Греция)

(Omikron Ltd) Антонис Мантзавелас (Antonis Mantzavelas) выступил с весьма примечательной презентацией «Лесные инженеры в лесу и вне леса» (Forest Engineers in and out of forests) [9]. Компания сравнительно молодая (организована в 2001 г.), достаточно успешная и работает на высоком технологическом уровне в следующих направлениях:

- Планирование стратегического развития;
- Инжиниринг окружающей среды;
- Стратегические высокотехнологичные проекты;
- Управление защищаемых территорий и природных ресурсов;
- Мониторинг и восстановление природной среды и защищаемых территорий;
- Развитие программ, моделирующих окружающую среду;
- Управление почвенными и водными ресурсами;
- Проекты, связанные с агро-окружающей средой;
- Управление ландшафтными работами (общественными и частными);
- Национальный кадастр (лесное картирование);
- Управление рисками природных катастроф;

- Базы данных и ГИС-приложения;
- Консультационные услуги в интересах регионального и локального развития;
- Управление на уровне ЕС – международные инициативы и программы.

Неожиданным и наиболее интересным для образовательного сообщества выводом, что, впрочем, следует из заголовка презентации, прозвучало:

- Быть меньше лесниками;
- Двигаться к взаимодействию с другими дисциплинами;
- Больше взаимодействий между университетами и работодателями;
- Делать частный сектор поворотной точкой.

Тезис «быть меньше лесниками» был подкреплен тем, что до 2000 г. практически все работы компания проводила только в лесу. В последующие годы все больший объем работ компания проводила и проводит не в лесу, а вне леса. Это, безусловно, требует от специалистов лесного профиля знаний в смежных областях. Учебный план подготовки бакалавров лесного профиля Университета АУТ г. Салоники (Греция) позволяет это сделать.

Участники семинара посетили также Лесной научно-исследовательский институт, ознакомились с текущими проектами, лабо-

раторной базой и пробными площадками, на которых проводятся исследования. Интересным показалась широта и междисциплинарный характер работ исследовательской группы во главе с доктором Христосом Галлисом (Christos Gailis), которая разрабатывает весьма интересное научное направление «Green Care» (Зеленая забота). Исследования охватывают не только лесное хозяйство, но и науки о жизни, ландшафтную архитектуру и экологию, сельское хозяйство, психиатрию, физиологию, терапию, социологию, экономику и др. [10]. При этом перспективность этого достаточно фундаментального исследования подтверждают реально работающие, так называемые, терапевтические сады в Скандинавии.

Кульминационным мероприятием греческой части программы стала поездка группы на лесные участки горы Олимп, где представители российских вузов могли лично наблюдать, каким образом изменяется вертикальный породный состав леса по мере приближения к горной вершине, стали свидетелями лесного пожара и мер, предпринимаемых по его тушению (рис. 4).

В целом международная тренинг-сессия (стажировка) была насыщена встречами, дискуссиями и выездными мероприятиями, что позволило составить впечатления о состоянии европейского высшего и дополнительного профессионального образования, выделить их сильные стороны, сформулировать основные пути их использования в России в образовательном процессе, а также при создании рамки квалификаций для лесного сектора экономики РФ. При этом общение с зарубежными коллегами, успешная работа над текущим проектом и поиск возможностей для будущего сотрудничества можно считать не менее значимыми результатами выполненной работы.

Библиографический список

1. Презентация проректора по исследованиям и международному сотрудничеству доктора Йозефа Глобла (Joseph Globl), руководителя Центра международного сотрудничества Агнес Лиебл (Agnes Liebi), координатора Проекта доктора Стефана Питча (Stephan Pietsch) в сентябре 2013г. во время международной тренинг-сессии в ходе выполнения проекта Европейского Союза TEMPUS-JPHES-№ 516796 «Рамка квалификаций и непрерывное образование для устойчивого лесопользования».
2. Презентация профессора Евы Шулев-Стейндл (Eva Schulev-Steindl), главы Сената университета по контролю 16 сентября 2013г. во время международной тренинг-сессии в ходе выполнения проекта Европейского Союза TEMPUS-JPHES-№ 516796 «Рамка квалификаций и непрерывное образование для устойчивого лесопользования».
3. Презентация доктор Михаэла Клейна (Michael Kleine), 17 сентября 2013г. во время международной тренинг-сессии в ходе выполнения проекта Европейского Союза TEMPUS-JPHES-№ 516796 «Рамка квалификаций и непрерывное образование для устойчивого лесопользования».
4. Шалаев В.С. Международному союзу лесных исследовательских организаций – 120 лет / В.С. Шалаев // Лесное хозяйство. – 2012. – № 4. – С. 8–11.
5. Шалаев В.С. Направления лесных исследований за рубежом: состояние и перспективы. Лесные экосистемы в условиях изменения климата: биологическая продуктивность, мониторинг и адаптационные технологии: материалы международной конференции с элементами научной школы для молодежи / В.С. Шалаев. – Йошкар-Ола: Марийский государственный технический университет. – 2010. – С.19–23.
6. Шалаев В.С. Направления лесных исследований за рубежом: от Брисбена до Сеула / В.С. Шалаев // Вестник МГУЛ – Лесной вестник. – 2010. – № 6(75). – С. 64–75.
7. Презентации доктора Иоанниса Гитаса (Ioannis Gitas) и доктора Георгия Залидиса (G. Zalidis) 23 сентября 2013г. во время международной тренинг-сессии в ходе выполнения проекта Европейского Союза TEMPUS-JPHES-№ 516796 «Рамка квалификаций и непрерывное образование для устойчивого лесопользования».
8. Презентация Prof. Maria Lazaridou. School of Biology. AristotleUniversity, во время международной тренинг-сессии в ходе выполнения проекта Европейского Союза TEMPUS № 516796-TEMPUS-1-2011-1-FI-TEMPUS-JPHES «Рамка квалификаций и непрерывное образование для устойчивого лесопользования». <http://sufarel.marstu.net/eng/presentation/Sem%204/Lazaridou.pdf>
9. Презентация руководителя компании «Омикрон» Антониса Мانتзеласа (Antonis Mantzavelas) 24 сентября 2013г. во время международной тренинг-сессии в ходе выполнения проекта Европейского Союза TEMPUS-JPHES-№ 516796 «Рамка квалификаций и непрерывное образование для устойчивого лесопользования».
10. Презентация доктора Христоса Галлиса (Christos Gailis) 25 сентября 2013 г, во время международной тренинг-сессии в ходе выполнения проекта Европейского Союза TEMPUS-JPHES-№ 516796 «Рамка квалификаций и непрерывное образование для устойчивого лесопользования».

Шалаев В.С., Хуторова Н.А. ЭНВАЙРОНМЕНТАЛИЗМ КАК ДВИЖЕНИЕ В ЗАЩИТУ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ.

Статья посвящена проблемам сохранения окружающей среды и развития энвайронментализма в мире. Проанализирован генезис энвайронментализма, отмечено, что область исследований энвайронментализма находится на стыке таких наук, как социология, философия, экология и политология. Проанализирована роль общественных движений и процесс развития международного сотрудничества в области защиты окружающей среды. Исследовано влияние общества на естественную экологическую систему. Отмечается важная роль гражданского общества при переходе к новой энвайронментальной парадигме.

Ключевые слова: энвайронментализм, «зеленый рост», энвайронментальная парадигма, устойчивое развитие, защита окружающей среды.

Shalaev V.S., Khutorova N.A. ENVIRONMENTALISM AS A MOVEMENT FOR PROTECTION OF ENVIRONMENT.

The article is devoted to the problems of environment and the development of environmentalism all over the world. It was analyzed the genesis of environmentalism. It is noted that the research area of environmentalism is at the cross of such sciences as sociology, philosophy, political science and ecology. It was pointed the role of social movements. The main streams of development of international cooperation in sphere of protection of environment have been described. The article gives the meaning of the influence of society on environment. The authors insist to the important role of civil society in the transition to a new paradigm.

Key words: environmentalism, «green growth», environmental paradigm, sustainable development, protection of the environment.

Крапивин В.Ф., Шалаев В.С., Бурков В.Д., Солдатов В.Ю. БИОЛОГИЧЕСКАЯ СЛОЖНОСТЬ КАК ИНДИКАТОР СОСТОЯНИЯ ЛЕСНОЙ ЭКОСИСТЕМЫ.

Предложен алгоритм расчета индикатора биологической сложности лесной экосистемы, основанный на учете потоков углеродного обмена между элементами экосистемы как функций биомассы, влажности и температуры. Действие алгоритма продемонстрировано на примере расчета индикатора биологической сложности фрагментов территории природного парка Русенски Лом в Болгарии.

Ключевые слова: биосложность, лесная экосистема, влажность, углеродный обмен.

Krapivin V.F., Shalaev V.S., Burkov V.D., Soldatov V.Yu. BIOCOMPLEXITY AS INDICATOR OF FOREST ECOSYSTEM STATE.

Algorithm for the forest ecosystem biocomplexity assessment is proposed basing on the calculation of carbon exchange fluxes between ecosystem elements that is considered as functions of biomass, humidity and temperature. The action of algorithm is approved in the example of biocomplexity indicator calculation for nature park Rusensky Lom in Bulgaria.

Key words: biocomplexity, forest ecosystem, humidity, carbon exchange.

Крапивин В.Ф., Шалаев В.С., Бурков В.Д., Букатова И.Л., Солдатов И.Ю. ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ЛЕСНОЙ ЭКОСИСТЕМЫ ПО ДАННЫМ ЭПИЗОДИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА В УСЛОВИЯХ ИНФОРМАЦИОННОЙ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ.

Рассмотрена задача оценки состояния пространственно неоднородной лесной экосистемы по данным мониторинга, когда измерения ее характеристик осуществляются эпизоди-

чески во времени и фрагментарно по пространству. Для преодоления информационной неопределенности при решении этой задачи предлагается применять методику эволюционного синтеза моделей. Описана технология моделирования, позволяющая реконструировать пространственный образ наземной экосистемы по фрагментарной информации о ее параметрах. Приведены примеры применения этой технологии и указаны особенности ее использования при оперативной обработке данных мониторинга. Показано, что применение технологии эволюционного синтеза моделей обеспечивает возможность раннего обнаружения очагов возможного загорания леса.

Ключевые слова: лесная экосистема, эволюционный синтез, модель, лесной пожар, влажность, технология, мониторинг

Krapivin V.F., Shalaev V.S., Burkov V.D., I.L. Bukatova I.L., Soldatov V.Yu. ASSESSMENT OF FOREST ECOSYSTEM STATE BASING ON IRREGULAR MONITORING DATA UNDER INFORMATION UNCERTAINTY CONDITIONS.

The assessment problem of spatial-heterogeneous forest ecosystem is considered for the monitoring data use when measurements of its characteristics are realized episodically over the time and fragmentary in the space. Evolutionary method for synthesis of models is proposed for the overcoming of information uncertainty under solution this problem. Modeling technology is described that gives possibility to reconstruct spatial image of land ecosystem basing on fragmentary information about its parameters. Examples are given about application of this technology and features of its employment are shown for operative monitoring data processing. It is shown that application of technology for evolutionary synthesis of models guarantees a possibility of earlier detection of areas when forest fire is possible.

Key words: forest ecosystem, evolutionary synthesis, model, forest fire, moisture, technology, monitoring

Воробьев О.Н., Курбанов Э.А. МОНИТОРИНГ СОСТОЯНИЯ РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА НА ТЕРРИТОРИИ РЕСПУБЛИКИ МАРИЙ ЭЛ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ENVISAT MERIS.

Приводятся результаты использования данных спутниковой съемки ENVISAT MERIS для оценки состояния растительности в зоне воздействия источников загрязнений промышленными выбросами основных промышленными предприятиями в Республике Марий Эл за 2002 – 2011 гг. Для оценки динамики состояния растительности были использованы хлорофилльный индекс МТСИ (MERIS Terrestrial Chlorophyll Index), индексы NDVI и REP. Полученные результаты свидетельствуют о незначительном влиянии промышленных выбросов на лесной полог. В большей степени на динамику МТСИ, REP и NDVI оказывают лесные пожары и засухи, которые значительно снижают хлорофилльный индекс и могут привести к дальнейшему усыханию и гибели насаждений.

Ключевые слова: дистанционное зондирование земли, вегетационный индекс, спутниковые снимки MERIS, содержание хлорофилла, мониторинг лесных насаждений.

Vorobyov O.N., Kurbanov E.A. MONITORING OF FOREST COVER CONDITIONS ON THE TERRITORY OF REPUBLIC MARI EL WITH THE USE OF ENVISAT MERIS.

The paper presents data on the use of satellite MERIS ENVISAT images for the estimation of vegetation's condition in the area of the emissions impact of the main industrial enterprises in Republic Mari El for 2002-2011. NDVI, REP and MTCI (MERIS Terrestrial Chlorophyll Index) indexes were applied for the estimation of dynamics of the vegetation conditions. The results show about low impact of the emissions from the enterprises on the forest cover. Mostly forest fires and droughts have more negative impact on the dynamics of MTCI, REP and NDVI, which could bring to the reduction of chlorophyll index and possible drying and destruction of the forest stands.

Key words: Remotesensing, vegetationindex, MERSI satellite images, chlorophyllcontent, monitoring of forest stands.

Бурков В.Д., Перминов С.В., Шукин Д.Г., Шалаев В.С. ЛИДАРНЫЕ МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ ВОЗДУШНОГО БАСЕЙНА КРУПНОГО ПРОМЫШЛЕННОГО ЦЕНТРА В УСЛОВИЯХ ЧРЕЗВЫЧАЙНОЙ СИТУАЦИИ.

Описывается созданный мобильный лидарный комплекс и его применение в условиях чрезвычайной ситуации. В состав комплекса входят две системы : инфракрасный гетеродинамический лидар и импульсный лидар ВУФ диапазона. Описываются принципы их работы. Даны технические характеристики. Приведены результаты измерений.

Ключевые слова: лидарные методы, воздушный бассейн.

Burkov V.D., Perminov S.V., Shchukin D.G., Shalaev V.S. LIDAR METHODS OF CONTROL OF THE AIR BASIN OF THE LARGE INDUSTRIAL CENTER IN AN EMERGENCY.

Describe create in “public joint-stock company scientifically– production corporation system of precision instrument engineering” mobile Lidar complex and it use in emergency situation. This complex be included two system infrared– heterodyne lidar and pulse UV-lidar. Describe principle of operation. Reduced characteristic. Overall performance.

Key words: lidar methods, air basin.

Бурков В.Д., Мартынов П.В., Орлов А.Е., Сулимов Ф.О. ЗАДАЧА СИНТЕЗА ДИАГРАММЫ НАПРАВЛЕННОСТИ В ЦИФРОВЫХ ФАЗИРОВАННЫХ АНТЕННЫХ РЕШЕТКАХ.

Рассмотрена задача синтеза диаграммы направленности, применяемая в цифровой фазированной антенной решетке. В качестве решения предлагается ввести эквивалентный плоский раскрыв, в который наилучшим образом вписывается реальный раскрыв ФАР. Это позволит реализовать в главных плоскостях близкий к заданному закон изменения огибающей боковых лепестков в главных сечениях и более низкий уровень боковых лепестков в промежуточных азимутальных сечениях.

Ключевые слова: антенна, диаграмма направленности, фазированные антенные решетки, амплитудно-фазовое распределение.

Burkov V.D., Martynov P.V., Orlov A.E., Sulimov F.O. THE SYNTHESIS PROBLEM FOR RADIATION PATTERN IN DIGITAL PHASED ARRAY ANTENNAS.

The synthesis problem for radiation pattern, used in digital phased array antennas. The solution proposed to introduce an equivalent flat aperture, in which best fits the actual aperture phased array. This will be implemented in the principal planes close to the variation of the envelope of the set of side lobes in the main sections and the lower level of the side lobes in the intermediate azimuthal sections

Key words: antenna, radiation patter, phased array antennas, amplitude-phase distribution.

Бурков В.Д., Бурлаков А.Б., Капранов Ю.С., Куфаль Г.Э., Перминов С.В., Першин И.М., Шалаев В.С. ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ НА КОНФИГУРАЦИЮ БИОЛОГИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ.

Предложена модель, показывающая механизм воздействия электромагнитных полей на биологические объекты.

Ключевые слова: биология развития, коррекция развития.

Burlakov A.B., Burkov V.D., Kapranov Y.S., Kufal G.E., Perminov S.V., Pershin I.M. INFLUENCE OF ELECTROMAGNETIC FIELDS ON THE CONFIGURATION OF BIOLOGICAL OBJECTS.

Proposed a model explaining the mechanism of influence of electromagnetic fields on biological objects.

Key words: Biology of development, correction development.

Давыдов В.Ф., Батырев Ю.П. ИНИЦИИРОВАНИЕ ЛОКАЛЬНЫХ ЛАВИННЫХ ПРОЦЕССОВ В АТМОСФЕРЕ.

Описан способ изменения естественной циркуляции воздуха и устройство для реализации локальных лавинных процессов в атмосфере.

Ключевые слова: атмосфера, лавинный процесс, плотность ионной концентрации, градиент температуры конвективного потока.

Davydov V.F., Batyrev Y.P. INITIATION OF LOCAL AVALANCHE PROCESSES IN THE ATMOSPHERE.

The way of change of natural air circulation and the device for realization of local avalanche processes in the atmosphere is described.

Key words: atmosphere, avalanche process, density of ionic concentration, gradient of temperature of a convective stream

Батырев Ю.П., Давыдов В.Ф., Спиринов Б.Л. СИСТЕМА КОНТРОЛЯ СОСТОЯНИЯ ДИАГНОСТИРУЕМЫХ ПАРАМЕТРОВ ВАГОНА.

Рассмотрена система контроля диагностируемых параметров пассажирского вагона. Показана структурная схема и объяснен принцип работы системы. Приведены основные характеристики.

Ключевые слова: бунда, пассажирский вагон, датчик температуры и вибрации, система контроля.

Batyrev Y.P., Davydov V.F., Spirin B.L. THE MONITORING SYSTEM OF A CONDITION OF DIAGNOSED PARAMETERS OF THE CAR.

The monitoring system of diagnosed parameters of the passenger car is considered. The block diagram is shown and the principle of work of system is explained. The main characteristics are provided.

Key words: axle box, passenger car, temperature and vibration sensor, monitoring system.

Чумаченко С.И., Мухин А.С. ПРИРОДНАЯ ПОЖАРНАЯ ОПАСНОСТЬ СМЕШАННЫХ ЛЕСНЫХ НАСАЖДЕНИЙ. МОДЕЛЬНЫЙ ПОДХОД.

В статье описан модельный подход к расчету природной пожарной опасности (ППО) для смешанных насаждений. Рассмотрен пример сосново-березовых насаждений брусничной группы. Предложены количественные оценки изменения класса ППО, на основе расчета долевого участия годичного опада хвоя-листва, для различного состава насаждения: от чистых сосняков (2 класс – пожарная опасность высокая) до чистых березняков (4 класс – пожарная опасность слабая). Предложено установить границу перехода от 2 класса ППО к 3 на уровне 0.6-0.7 доли опада хвои в общем опаде хвоя-листва (что соответствует составу 8С2Б – 7С3Б), а переход от 3 класса ППО к 4 на уровне 0.2-0.3 (6Б4С-7Б3С).

Ключевые слова: природная пожарная опасность, смешанные лесные насаждения, модель, прогноз, сценарии лесопользования.

Chumachenko S.I., Mukhin A.S. NATURAL FIRE DANGER OF THE MIXED FOREST PLANTINGS. MODEL APPROACH.

In article model approach to calculation of the natural fire danger (NFD) to the mixed forests is described. An example of pine and birch plantings for the forest of cowberry group is reviewed. Quantitative estimates of change of class NFD, on the basis of calculation of individual share year of litter needles-foilage, for various structure of planting are offered: from pure pine forests (the 2nd class – fire danger high) to pure birch forests (the 4th class – fire danger weak). It is offered to establish transition border from 2 classes NFD to 3 at the level of 0.6-0.7 shares of litter needles generally fall down needles-foilage (that corresponds to structure 8S2B – 7S3B), and transition from 3 classes NFD to 4 at the level of 0.2-0.3 (6B4S-7B3S).

Key words: natural fire danger, mixed forest, model, forecast, scenarios of forest management.

Белов Д.А., Белова Н.К. РАНГОВОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЭКОЛОГО-ТРОФИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ ЧЛЕНИСТОНОГИХ ДЕНДРОФАГОВ В НАСАЖДЕНИЯХ МОСКВЫ.

Приведены сведения по характеру рангового распределения эколого-трофических комплексов членистоногих дендрофагов в насаждениях Москвы и их изменение с течением времени.

Ключевые слова: ранговое распределение, эколого-трофическая группа, комплексы членистоногих дендрофагов, городские насаждения.

Belov D.A., Belova N.K. RANK DISTRIBUTION ECOLOGICAL-TROPHIC GROUPS OF ARTHROPODS DENDROPHAGOUS COMPLEXES IN PLANTATIONS MOSCOW.

Information is given on the nature of the distribution of ranking eco-trophic systems arthropods dendrophagous in stands of Moscow and their change over time.

Key words: rank distribution, ecological-trophic groups of arthropods dendrophagous complexes, urban spaces.

Беднова О.В. МЕТОД ИНДИКАЦИИ И ОЦЕНКИ РЕКРЕАГЕННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ В ЛЕСНЫХ БИОГЕОЦЕНОЗАХ.

Разработан метод оценки рекреативных изменений в лесных биогеоценозах с помощью интегрального индекса структурного разнообразия. Между уровнем рекреационной дигрессии и значениями индекса установлена высоко значимая корреляция. Значения индекса ранжированы с помощью метода функций желательности (функции Харрингтона).

Ключевые слова: лесные экосистемы, экологический мониторинг, рекреационная дигрессия, экологические индикаторы.

Bednova O.V. THE METHOD OF CHANGES ASSESSMENT IN RECREATION FORESTS.

A method for changes assessment in forest ecosystems in conditions of recreational impact is proposed. Structural diversity of the forest biogeocenosis is investigated. The results are integrated by the index of structural diversity. Between the values of the index and the level of recreational digression has been found a highly significant correlation. The values of index have been ranked using the method of desirability functions (Harrington's functions).

Key words: forest ecosystems, ecological monitoring, recreational digression, ecological indicators.

Рысин С.Л. УНИКАЛЬНЫЙ ОПЫТ СОЗДАНИЯ ИСКУССТВЕННЫХ НАСАЖДЕНИЙ ДЛЯ РЕКРЕАЦИОННОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ.

В статье описан уникальный массив искусственных лесных насаждений, созданных для рекреационного использования на территории национального парка «Лосиный остров»

Ключевые слова: искусственные насаждения, рекреация.

Rysin S.L. A UNIQUE EXPERIENCE OF CREATION OF ARTIFICIAL PLANTINGS FOR RECREATIONAL USE.

This study describes a unique area of artificial forest plantations established for recreational use in the national park «Elk Island» («Losiny Ostrov»).

Key words: artificial plantings, recreation

Горнов А.В. ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ЛЕСНЫХ СООБЩЕСТВ НА ЗАБРОШЕННЫХ СЕНОКОСАХ В НЕРУССО-ДЕСНЯНСКОМ ПОЛЕСЬЕ (БРЯНСКАЯ ОБЛАСТЬ).

Приводятся особенности формирования лесных сообществ на оставленных сенокосных угодьях в Неруссо-Деснянском полесье (Брянская область). Показано, что при отсутствии сенокосения 11–20 и более лет на исследуемых лугах формируется сукцессионный ряд в направлении образования сначала кустарниковой, а затем – лесной растительности. При этом изменяется эколого-ценотическая структура сообществ: вытесняются светолюбивые луговые виды и внедряются лесные.

Ключевые слова: Неруссо-Деснянское полесье, заброшенные сенокосы, сукцессия, лесные сообщества.

Gornov A.V. FORMATION FEATURES OF THE FOREST COMMUNITIES ON THE ABANDONED HAYFIELDS OF NERUSSO-DESNYANSKOE POLESYE (BRYANSK REGION).

The features of the forest communities development on the abandoned hayfields in Nerusso-Desnyanskoe polesye (Bryansk region) are represented. Successional series form on the meadows in the absence of the haymaking over then 11-20 years. At first dwarf vegetation develop, then forest one. Simultaneously ecological-cenotical structure of the communities changes. Forest species displace photophilic meadowy species.

Key words: Nerusso-Desnyanskoe polesye, abandoned hayfields, succession, forest communities.

Воробьев Р.А., Тебенькова Д.Н. РАЗВИТИЕ ВЕГЕТАТИВНЫХ И ГЕНЕРАТИВНЫХ ОРГАНОВ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ РОДА ЕЛЬ (*PICEA* L.), ИНТРОДУЦИРОВАННЫХ В НИЖЕГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ.

Проанализированы особенности сезонного развития древесных интродуцентов рода Ель (*Picea* L.), произрастающих в ботаническом саду НИУ «Нижегородский государственный университет им. Лобачевского» и дендрологическом комплексе «Явлейка» Нижегородской области в вегетационный период 2011-2012 годов. Выделены виды с высокой и низкой вариабельностью по срокам наступления основных фенологических фаз. Проведена оценка перспективности видов интродуцентов по характеру сезонно-ритмических изменений в развитии вегетативных и генеративных органов.

Ключевые слова: фенологические наблюдения, фенологическая фаза, вегетационный период, *Picea* L., интродуценты, аборигенный вид, адаптация, ботанический сад, дендрологический комплекс.

Vorobyev R.A., Tebenkova D.N. RESULTS FOR THE DEVELOPMENT PHENOLOGICAL OBSERVATIONS VEGETATIVE AND GENERATIVE ORGANS REPRESENTATIVES OF SPRUCE (PICEA L.) INTRODUCED IN NIZHNY NOVGOROD REGION.

The features of the seasonal development of woody plant introductions kind Spruce (*Picea L.*), grown in the botanical garden NIU «Nizhny Novgorod State University. Lobachevsky «and dendrological complex» Yavleyka «Nizhny Novgorod region in the growing season 2011-2012. The species more or less variable in terms of the main phenological phases. The evaluation of the prospects of introduced species on the nature of seasonal rhythmic changes in the development of vegetative and generative organs.

Key words: phenological supervision, phenological stage, the vegetative period, *Picea L.*, introducents, native species, adaptation, Botanical Gardens, Arboretum complex.

Федотов Г.Н., Шалаев В.С. О ПРИРОДЕ ГУМУСОВЫХ ВЕЩЕСТВ.

В статье рассматриваются два подхода в оценке природы и строения гумусовых веществ. Полученные результаты свидетельствуют о супрамолекулярной природе частиц гумусовых веществ.

Ключевые слова: гумусовые вещества, почвенные гели.

Fedotov G.N., Shalaev V.S. ABOUT THE NATURE OF HUMIC SUBSTANCES.

The article discusses two approaches how to assess the nature and structure of humic substances. The results indicate that the nature of humic substances is supramolecular formations.

Key words: humic substances, soil gels.

Федотов Г.Н., Лысак Л.В., Шалаев В.С. МИКРООРГАНИЗМЫ И ОБРАЗОВАНИЕ ГУМУСОВЫХ ВЕЩЕСТВ В ПОЧВАХ.

В статье рассматривается механизм процесса возникновения гумусовых веществ под воздействием микроорганизмов.

Ключевые слова: микроорганизмы, гумусовые вещества, почва.

Fedotov G.N., Lysak L.V. Shalaev V.S. MICROORGANISMS AND FORMATION OF HUMIC SUBSTANCES IN SOILS.

In article the mechanism of process of emergence of humic substances under the influence of microorganisms is considered.

Keywords: microorganisms, humic substances, soil.

Липаткин В.А., Пальчиков С.Б., Румянцев Д.Е., Крылов А.М., Епишков А.А. ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДЕНДРОХРОНОЛОГИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ ПРИ ИДЕНТИФИКАЦИИ ЛЕСОЗАЩИТНЫХ СТРАТ МУРОМЦЕВСКОГО УЧАСТКОВОГО ЛЕСНИЧЕСТВА ВЛАДИМИРСКОЙ ОБЛАСТИ.

На материале хронологий банка данных для территории Муромцевского участкового лесничества Владимирской области были выполнены исследования специфики колебаний величины радиального прироста в соответствии с лесозащитной стратификацией. Установлено что существующая лесозащитная стратификация коррелирует с определенным родом вариантов кластерного анализа индексированных хронологий. Однако соответствие такого рода классификаций не полное и не линейное.

Ключевые слова: дендрохронология, стратификация лесных массивов, идентификация места происхождения древесины.

Lipatkin V.A., Palchikov S.B., Rumyantsev D.E., Krilov A.M., Epishkov A.A. POSSIBILITIES FOR USING DENDROCHRONOLOGICAL INFORMATION FOR IDENTIFICATION FOREST-HEALTH STRATA OF MUROMTSEVSKY FOREST DISTRICT OF VLADIMIR REGION.

On the base of the tree-ring data bank for the territory of Muromtsevsky forest district of Vladimir region were carried out investigations of the variation of the radial increment in accordance with the forest-health stratification. It is established that the existing forest-health stratification correspond with a certain kind variant of cluster analysis for indexed chronologies. However, the conformity of such classifications are not complete, and not linear.

Key words: dendrochronology, forest regions stratification, wood origin identification.

Румянцев Д.Е., Черакшев А.В. ДЕНДРОКЛИМАТИЧЕСКАЯ ДИАГНОСТИКА СОСТОЯНИЯ СОСЕН СЕКЦИИ STROBI В УСЛОВИЯХ ДЕНДРОЛОГИЧЕСКОГО САДА МГУЛ.

В ходе работы были проведены корреляционный и регрессионный анализ влияния климатических факторов на радиальный прирост сосны веймутовой и сосны румелийской. По результатам исследования было выявлено, что сосны секции Strobi в условиях дендрария МГУЛ испытывают угнетение в период наступления засушливого погодного режима в течение вегетационного сезона. Повышение среднемесячной температуры и снижение месячной суммы осадков в течение вегетационного сезона отрицательно сказываются на величине годичного радиального прироста. Имеется внутривидовая специфика в реакции разных видов сосны на климатические факторы.

Ключевые слова: дендрохронология, дендроклиматология, физиология растений, экология растений, дендрология.

Rumyantsev D.E., Cherakshev A.V. DENDROCLIMATIC INVESTIGATION OF PINES (PINUS, STROBI) IN ARBORETUM OF MSFU.

The investigations based on the results of correlation and regression analyzes of climatic impact to Pinus peuce and Pinus strobus radial growth were carried out. It was found that pines from Strobi section in the conditions of MSFU arboretum had a degree of radial growth related with periods of the dry weather during the growing season. Above average month temperature and the decrease in monthly precipitation have total negative effect on the value of annual radial growth. Also, there are the interspecific features in sensitivity of radial growth for climatic factors.

Key words: dendrochronology, dendroclimatology, plant physiology, plant ecology, Dendrology.

Каракчиева И.В., Чумаченко С.И. РОЛЬ ИНФОРМАЦИОННО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ СТОИМОСТНОЙ ОЦЕНКИ БИОРЕСУРСОВ ЛЕСА.

Разработка и апробация информационно-экономической модели стоимостной оценки биоресурсов леса, на основе научно обоснованного неистощительного, многоцелевого лесопользования – основная цель проводимого исследования. Разрабатываемая модель стоимостной оценки биоресурсов при разных сценариях ведения лесного хозяйства строилась на базе вычислительного эксперимента с использованием комплекса программ FORRUS-S (Forest of Russia – STAND) и включала трехмерные пространством моделируемые элементы в технике эколого-физиологического (объясняющего) имитационного моделирования.

Ключевые слова: информационно-экономическое моделирование, стоимостная оценка ресурсов, биоресурсы леса, сценарный тип ведения лесного хозяйства.

Каракчиева I.V., Chumachenko C.I. ROLE OF INFORMATION AND ECONOMIC MODELING IN MONETARY EVALUATION OF FOREST BIORESOURCES.

This research is aiming at development and approbation of information and economic model for monetary evaluation of forest bioresources, based on scientifically grounded, sustainable, multipurpose forest exploitation. Applying this model allows not only to determine most effective scenario of forest management, but also to set a resource potential necessary for development of given territory.

The proposed model of monetary evaluation of bioresources under various scenarios of forest management was based on the simulation experiment with a complex of programs FORRUS-S (Forest of Russia – STAND) and included 3D models in the technique of ecological and physiological (explicative) simulation modeling. The key parameters of the model when developing scenarios for forest management were set as follows: maximum allowed felling for primary use, age of felling, share of territory for planting forest, and type of improvement cutting.

Key words: information and economic modeling, monetary evaluation of resources, forest bioresources, scenario of forest management.

Хуторова Н.А. ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ МОДЕРНИЗАЦИЯ – ОТ ТЕОРИИ К ПРАКТИКЕ.

Статья посвящена анализу теории экологической модернизации и значению экологической модернизации в системе устойчивого развития. Отражены основные принципы экологической модернизации, отмечена возрастающая роль экологического фактора при построении инновационной экономики.

Ключевые слова: экологическая модернизация, устойчивое развитие, экологизация, зеленая экономика, экологическая политика.

Khutorova N.A. ECOLOGICAL MODERNIZATION – FROM THEORY TO PRACTICE.

This article analyzes the theory of ecological modernization. The great importance of ecological modernization in the process of sustainable development was noted. The main principles of ecological modernization were reflected. It was noted the increasing role of environmental factors in creating the green economy.

Key words: ecological modernization, sustainable development, greening, green economy, environmental policy.

Хуторова Н.А. ОБЗОР СОСТОЯНИЯ РЫНКА КЛИМАТИЧЕСКИХ ОБЛИГАЦИЙ. ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ.

Статья посвящена анализу состояния рынка климатических облигаций. Выявлены проблемы и перспективы, отмечена возрастающая роль финансовых инструментов в процессе перехода к экологически безопасному, низкоуглеродному и климатически устойчивому развитию.

Ключевые слова: климатическая облигация, «зеленый рост», зеленые инвестиции, устойчивое развитие, экологическая модернизация.

Khutorova N.A. OVERVIEW OF CLIMATE BOND MARKET. PROBLEMS AND PROSPECTS.

This article analyzes the state of the market of climate bonds. The problems and prospects are identified. It was noted the increasing role of financial instruments in the transition to low-carbon and climate-resilient development.

Key words: climate bonds, “green growth”, green investment, sustainable development, green, low-carbon and climate-resilient development, green modernization.

Самолдин А.Н., Кулагин Д.Е. ИННОВАЦИОННЫЙ ПОДХОД К РАЗВИТИЮ ЛЕСОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА В РЕГИОНЕ (НА ПРИМЕРЕ КРАСНОЯРСКОГО КРАЯ)

Рассмотрены особенности инновационного подхода к развитию предприятий лесного сектора в регионе. Проведен краткий анализ инвестиционной привлекательности Красноярского края в сфере лесопереработки. Исследованы приоритетные инвестиционные проекты лесного сектора, реализуемые на территории края. Приведены принципы инвестиционного подхода к развитию лесного сектора промышленности в регионе.

Ключевые слова: инновации, инвестиции, лесной сектор, региональные проекты, инвестиционные риски.

Samoldin A.N., Kulagin D.E. INNOVATIVE APPROACH TO FORESTRY DEVELOPMENT IN THE REGION (EXAMPLE OF KRASNOYARSK REGION).

Considered are the peculiarities of an innovative approach to development of the forestry sector in the region. Gives a brief analysis of investment attractiveness of Krasnoyarsk region in the sphere of wood processing. Investigated priority investment projects in the forest sector, realized in the territory of the region. Are the principles of the investment approach to the development of forest sector of industry in the region.

Key words: innovations, investments, the forest sector, regional projects, investment risks.

Шалаев В.С., Самолдин А.Н., Фролова В.А., Хуторова Н.А. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ ПРОЕКТ TEMPUS «РАМКА КВАЛИФИКАЦИЙ И НЕПРЕРЫВНОЕ ОБРАЗОВАНИЕ ДЛЯ УСТОЙЧИВОГО ЛЕСОПОЛЬЗОВАНИЯ». АВСТРИЯ-ГРЕЦИЯ.

В статье приводится информационно-аналитическое описание проведенной международной тренинг-сессии на базе и с участием Университета BOKU г. Вена (Австрия) и Университета AUT г. Салоники (Греция), учебно-научно-производственных объектов этих университетов, ряда организаций, работающих в области образования и науки в Европе. Мероприятие было осуществлено в сентябре 2013 года в ходе выполнения соответствующего проекта Европейского Союза.

Ключевые слова: проект Tempus, Университет BOKU, Университет AUT, международная тренинг-сессия.

Shalaev V.S., Samoldin A.N., Frolova V.A., Khutorova N.A. THE EDUCATIONAL PROJECT TEMPUS “QUALIFICATIONS FRAMEWORK FOR SUSTAINABLE FORESTRY AND LIFELONG LEARNING”. AUSTRIA-GREECE.

This article provides information with description of the international training seminar which was hold by University BOKU of Vienna (Austria) and AUT University of Thessaloniki (Greece). The goal of the session was to introduce main features. The event was carried out in September 2013, during the execution of the project TEMPUS “QUALIFICATIONS FRAMEWORK FOR SUSTAINABLE FORESTRY AND LIFELONG LEARNING”.

Key words: Project TEMPUS, University BOKU, University AUT, International Training Seminar.

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ ЖУРНАЛА

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР

Обливин Александр Николаевич, профессор, доктор технических наук, академик РАЕН и МАНВШ, Заслуженный деятель науки и техники РФ, Президент МГУЛ, профессор кафедры процессов и аппаратов деревообрабатывающих производств Московского государственного университета леса
e-mail: prezident@mgul.ac.ru

ЗАМ. ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА

Никишов Владимир Дмитриевич, кандидат технических наук, академик РАЕН, профессор кафедры технологии и оборудования лесопромышленного производства Московского государственного университета леса
e-mail: nikishov.08@mgul.ac.ru

ЧЛЕНЫ РЕДАКЦИОННОГО СОВЕТА

Бемманн Альбрехт, профессор, доктор технических наук, Дрезденский дендрологический университет, директор Института профессуры для стран Восточной Европы, Германия; Albrecht Bemann, Dr. Dr. h.c., Professor
e-mail: albrecht.bemann(at)forst.tu-dresden.de

Залесов Сергей Вениаминович, профессор, доктор сельскохозяйственных наук, проректор по научной работе, заведующий кафедрой лесоводства Уральского государственного лесотехнического университета
e-mail: zalesov@usfeu.ru

Запруднов Вячеслав Ильич, профессор, доктор технических наук, проректор по научной работе, заведующий кафедрой геодезии и строительного дела Московского государственного университета леса
e-mail: zaprudnov@mgul.ac.ru

Исаев Александр Сергеевич, академик Российской академии наук, Председатель Научного совета по лесу РАН, член Совета «Совет РАН по космосу», Президент-сопредседатель Международного института леса, иностранный член Болгарской академии наук
e-mail: isaev@cepl.rssi.ru

Карелайнен Тимо, профессор университета Восточной Финляндии г. ЙОЭНСУУ, лесной НИИ «Метла», Финляндия; Karjalainen, Timo D.Sc. (Agr. & For.), Professor
e-mail: timo.karjalainen@metla.fi

Кожухов Николай Иванович, профессор, академик РАСХН, доктор экономических наук, заведующий кафедрой Мировой экономики Московского государственного университета леса
e-mail: kozhukov@mgul.ac.ru

Комаров Евгений Геннадиевич, профессор, доктор технических наук, проректор по экономической и финансовой деятельности, заведующий кафедрой информационно-измерительных систем Московского государственного университета леса
e-mail: komarov@mgul.ac.ru

Корольков Анатолий Владимирович, профессор, доктор физ.-мат. наук, декан факультета электроники и системотехники, профессор кафедры прикладной математики и математического моделирования Московского государственного университета леса
e-mail: korolkov@mgul.ac.ru

Липаткин Владимир Александрович, профессор, кандидат биологических наук, декан факультета лесного хозяйства, заведующий кафедрой экологии и защиты леса Московского государственного университета леса
e-mail: lipatkin@mgul.ac.ru

Майорова Елена Ивановна, профессор, доктор юридических наук, кандидат сельскохозяйственных наук, декан гуманитарного факультета, заведующий кафедрой права Московского государственного университета леса
e-mail: mayorova@mgul.ac.ru

Мартынюк Александр Александрович, доктор сельскохозяйственных наук, кандидат биологических наук, директор ФБУ ВНИИЛМ, советник Российской академии естественных наук, Заслуженный лесовод РФ
e-mail: info@vniilm.ru

Моисеев Николай Александрович, профессор, доктор сельскохозяйственных наук, академик Россельхозакадемии, заслуженный деятель науки РФ, заслуженный лесовод РФ, иностранный член (академик) Шведской королевской академии сельского и лесного хозяйства, Финской академии наук и письменности, Итальянской лесной академии, почетный доктор Дрезденского технического университета Санкт-Петербургской ГЛТА, член

Совета по развитию лесного комплекса при Правительстве РФ, член научно-экспертного совета при председателе Совета Федерации, член научно-технического Совета Рослесхоза, заведующий кафедрой экономики и управления Московского государственного университета леса

e-mail: moiseev@mgul.ac.ru

Редькин Анатолий Константинович, профессор, доктор технических наук, академик РАЕН, заведующий кафедрой технологии и оборудования лесопромышленного производства Московского государственного университета леса

e-mail: redkin@mgul.ac.ru

Рыкунин Станислав Николаевич, профессор, доктор технических наук, заведующий кафедрой технологии деревоперерабатывающих производств Московского государственного университета леса

e-mail: rikunin@mgul.ac.ru

Рубцов Михаил Владимирович, профессор, доктор сельскохозяйственных наук, член-корреспондент РАСХН, заслуженный лесовод Российской Федерации, Председатель секции «Лесоводство» Научного совета по проблемам леса РАН, член президиума Российского общества лесоводов, руководитель лаборатории лесоводства и биологической продуктивности Института лесоведения РАН

e-mail: root@ilan.ras.ru

Семенов Юрий Павлович, профессор, доктор технических наук, профессор кафедры электротехники, теплотехники и энергоснабжения предприятий лесного комплекса Московского государственного университета леса

e-mail: semenov@mgul.ac.ru

Стрекалов Александр Федорович, Первый вице-президент РКК «Энергия», Генеральный директор ЗАО «ЗЭМ» РКК «Энергия», действительный член Российской Академии космонавтики им. Циолковского, кандидат технических наук

e-mail: mail@rscs.ru, post@rscs.ru, boris.harlov@rscs.ru

Теодоронский Владимир Сергеевич, профессор, доктор сельскохозяйственных наук, академик РАЕН, член Союза архитекторов России, член правления Московского объединения ландшафтных архитекторов (МОЛА), профессор кафедры ландшафтной архитектуры и садово-паркового строительства Московского государственного университета леса

e-mail: teodoronskiy@mgul.ac.ru

Тулузаков Дмитрий Владимирович, доцент, кандидат технических наук, проректор по учебной работе, заведующий кафедрой технической механики Московского государственного университета леса

e-mail: tuluzakov@mgul.ac.ru

Уголев Борис Наумович, профессор, доктор технических наук, заслуженный деятель науки РФ, академик ИАВС, почетный член РАЕН, профессор кафедры древесиноведения Московского государственного университета леса

e-mail: ugolev@mgul.ac.ru

Федоренчик Александр Семенович, кандидат технических наук, член-корреспондент Международной академии технического образования, академик Белорусской инженерной академии, член учебно-методического совета России по специальности «Лесоинженерное дело», член научно-технического совета Министерства лесного хозяйства, член двух учебно-методических объединений высших учебных заведений Республики Беларусь: по химико-технологическому образованию и образованию в области лесного хозяйства и природопользования, член президиума: Научно-методического совета при Министерстве образования; Республиканского товарищества дружбы «Беларусь - Финляндия»; председатель учебно-методического совета БГТУ профессор кафедры лесных машин и технологии лесозаготовок Белорусского государственного технологического университета

e-mail: root@bstu.unibel.by

Цветков Вячеслав Ефимович, профессор, доктор технических наук, академик РАЕН, заведующий кафедрой технологии древесных плит и пластиков Московского государственного университета леса

e-mail: tsvetkov@mgul.ac.ru

Чубинский Анатолий Николаевич, профессор, доктор технических наук, заведующий кафедрой технологии лесопиления и сушки древесины Санкт-Петербургского государственного лесотехнического университета им. С.М. Кирова

e-mail: tlsd@inbox.ru

Шимкович Дмитрий Григорьевич, профессор, доктор технических наук, заведующий кафедрой теории и конструирования машин Московского государственного университета леса

e-mail: shimkovich@mgul.ac.ru