



ВЕСТНИК МОСКОВСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА ЛЕСА

ЛЕСНОЙ ВЕСТНИК

Научно-информационный журнал

2011 г. № 7(83)

**Координационный
совет журнала**

Главный редактор
А.Н. ОБЛИВИН

Зам. главного редактора
В.Д. НИКИШОВ

Члены совета
В.В. АМАЛИЦКИЙ
М.А. БЫКОВСКИЙ
В.И. ЗАПРУДНОВ
Н.И. КОЖУХОВ
А.В. КОРОЛЬКОВ
В.А. ЛИПАТКИН
Е.И. МАЙОРОВА
М.Д. МЕРЗЛЕНКО
А.К. РЕДЬКИН
А.А. САВИЦКИЙ
Ю.П. СЕМЕНОВ
Д.В. ТУЛУЗАКОВ
В.А. ФРОЛОВА
В.С. ШАЛАЕВ

Ответственный секретарь
Е.А. РАСЕВА

Редактор
В.Б. ИВЛИЕВА
Набор и верстка
М.А. ЗВЕРЕВ
Электронная версия
Н.К. ЗВЕРЕВА

Журнал издается при поддержке
Научно-образовательной
ассоциации лесного комплекса

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.

Редакция журнала принимает к рассмотрению не публиковавшиеся ранее статьи объемом 5–10 страниц, включая рисунки и таблицы. Требования к представлению материалов приведены в конце номера.

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

© ФГБОУ ВПО МГУЛ, 2011

Подписано в печать 20.12.2011.
Тираж 500 экз.
Заказ №
Объем 20 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>	3
Моисеев Н.А.	<i>О состоянии использования лесов и необходимости улучшения управления лесами</i>	4
Бурков В.Д., Крапивин В.Ф., Шалаев В.С., Шутко А.М., Солдатов В.Ю.	<i>Применение технологии гибких информационно-моделирующих систем к анализу динамики лесных и урбоэкосистем в условиях антропогенного сценария воздействия</i>	18
Бурков В.Д., Крапивин В.Ф.	<i>Диагностика системы «океан–атмосфера» с помощью перколяционной модели</i>	28
Беднова О.В.	<i>Использование функции желательности Харрингтона для оптимизации многокритериальной оценки состояния лесных экосистем в условиях урбанизированной территории</i>	35
Бурков В.Д., Черемисин М.В., Шалаев В.С.	<i>Применение методов дистанционного мониторинга в оптическом и СВЧ диапазонах на этапах моделирования лесных экосистем</i>	41
Герасимова О.В., Кузнецов В.А.	<i>Комплексная оценка воздействия на урбоэкосистемы при градостроительном зонировании и разработке планов реабилитации их отдельных участков</i>	51
Давыдов В.Ф., Батырев Ю.П.	<i>Робастные оценки характеристик древостоев по изображениям видимого диапазона</i>	56
Каракчиева И.В.	<i>Информационно-экономическое моделирование лесопользования как эффективный механизм экономического обоснования проекта освоения лесного участка</i>	61
Лихачев А.А.	<i>Разработка методики выделения экологического ядра лесного массива посредством цифровых картографических моделей</i>	67
Лебедев С.В., Чумаченко С.И.	<i>Подеревная модель динамики многовидового разновозрастного насаждения (рiхта)</i>	71
Галкин Ю.С., Шалаев В.С., Батырев Ю.П., Потапов В.Н., Эсеналиев Ч.Д.	<i>Метод обработки информации с гиперспектрометров для определения породы растительности при дистанционном мониторинге</i>	79
Галкин Ю.С., Шалаев В.С., Батырев Ю.П., Потапов В.Н., Эсеналиев Ч.Д.	<i>Метод амплитудной селекции спектральных максимумов при определении породного состава лесов</i>	83
Федотов Г.Н., Батырев Ю.П.	<i>Попытка применения системного подхода к объяснению образования гумусовых веществ в почвах и возникновению в почвенных горизонтах различных видов гелей</i>	87
Федотов Г.Н., Шалаев В.С.	<i>Механизм возникновения наноструктурной организации в почвенных гелях</i>	96
Белов Д.А.	<i>Особенности комплекса минирующих насекомых в г. Москве</i>	103
Соколова Э.С., Рябинков В.А.	<i>Черный рак плодовых культур</i>	109
Яковенко А.И.	<i>Динамика популяций сосновых лубоедов в лесах Московской области, пострадавших от разрушительных погодных явлений</i>	113
Соколова Э.С., Колганихина Г.Б.	<i>Инфекционное усыхание ивы</i>	123
Бурков В.Д., Капранов Ю.С., Перминов С.В., Харитонов Н.А.	<i>Управление дистантными взаимодействиями биологических объектов как средство повышения жизнестойкости организмов в условиях космического полета</i>	129
Хуторова Н.А.	<i>Социально ответственные инвестиции государства и бизнеса в области снижения антропогенной нагрузки на экосистему</i>	135
Каракчиева И.В.	<i>Рациональное лесопользование (проблемы, особенности, перспективы)</i>	141
Шалаев В.С.	<i>О конкурентоспособности экспортного потенциала высшего лесного образования</i>	147

ПРЕДИСЛОВИЕ

Представляемый вашему вниманию выпуск журнала «Вестник МГУЛ – Лесной вестник» включает результаты работы ученых, работающих по плану Института системных исследований леса Московского государственного университета леса.

Выпуск начинается аналитической статьей академика РАСХН, профессора Н.А. Моисеева «О состоянии использования лесов и необходимости улучшения управления лесами», где на основе анализа современного состояния российских лесов убедительно показана необходимость улучшения их управления.

Затем следует серия статей, посвященных разработке технологий и методик, моделей и методов, использованию их при анализе функционирования лесных и урбоэкосистем. В этом разделе рассматриваются: технология гибких информационно-моделирующих систем и определенные результаты ее использования (статья В.Д. Буркова и др.); результаты использования кластерного анализа и перколяционной модели при оценке переходных процессов между различными состояниями экосистемы в статье В.Д. Буркова и В.Ф. Крапивина «Диагностика системы «океан–атмосфера» с помощью перколяционной модели»; вопросы многокритериальной и комплексной оценки урбоэкосистем в статьях О.В. Бедновой «Использование функции желательности Харрингтона для оптимизации многокритериальной оценки состояния лесных экосистем в условиях урбанизированной территории» и О.В. Герасимова и В.А. Кузнецова «Комплексная оценка воздействия на урбоэкосистемы при градостроительном зонировании и разработке планов реабилитации их отдельных участков; далее в статьях В.Ф. Давыдова, Ю.П. Батырева «Робастные оценки характеристик древостоев по изображениям видимого диапазона», А.А. Лихачева «Разработка методики выделения экологического ядра лесного массива посредством цифровых картографических моделей» и С.В. Лебедева, С.И. Чумаченко «Подеревная модель динамики многовидового разновозрастного насаждения» рассматриваются возможности и результаты использования ряда методов и моделей при оценке динамики состояния лесных экосистем.

Следующие две статьи (Ю.С. Галкин и др.) «Метод обработки информации с гиперспектрометром для определения породы растительности при дистанционном мониторинге» и «Метод амплитудной селекции спектральных максимумов при определении породного состава лесов» посвящены результатам использования современных методов исследования при дистанционном, космическом мониторинге лесных экосистем. К этому же направлению возможно отнести статью В.Д. Буркова, М.В. Черемисина, В.С. Шалаева «Применение методов дистанционного мониторинга в оптическом и СВЧ диапазонах на этапах моделирования лесных экосистем».

В статьях Г.Н. Федотова, Ю.П. Батырева «Попытка применения системного подхода к объяснению образования гумусовых веществ в почвах и возникновению в почвенных горизонтах различных видов гелей» и Г.Н. Федотова, В.С. Шалаева «Механизм возникновения наноструктурной организации в почвенных гелях» рассмотрены некоторые аспекты структурной организации почв на наноуровне.

Далее, в статьях Д.А. Белова «Особенности комплекса минирующих насекомых в г. Москве», Э.С. Соколовой, В.А. Рябинкова «Черный рак плодовых культур», А.И. Яковенко «Динамика популяций сосновых лубоедов в лесах Московской области, пострадавших от разрушительных погодных явлений», Э.С. Соколовой, Г.Б. Колганихиной «Инфекционное усыхание ивы», В.Д. Буркова и др. «Управление дистантными взаимодействиями биологических объектов как средство повышения жизнестойкости организмов в условиях космического полета» рассмотрены различные особенности жизнедеятельности некоторых биологических объектов, в первую очередь возбудителей болезней и вредителей насаждений в лесных экосистемах.

В завершение сборника приведена статья экономического характера Н.А. Хуторовой «Социально ответственные инвестиции государства и бизнеса в области снижения антропогенной нагрузки на экосистему» и И.В. Каракчиевой «Рациональное лесопользование (проблемы, особенности, перспективы)». Этому же направлению посвящена ранее приведенная статья И.В. Каракчиевой «Информационно-экономическое моделирование лесопользования как эффективный механизм экономического обоснования проекта освоения лесного участка».

Мы надеемся, что подобные выпуски будут носить регулярный характер, а представленные результаты работы будут интересны нашим читателям.

В.С. Шалаев

О СОСТОЯНИИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЛЕСОВ И НЕОБХОДИМОСТИ УЛУЧШЕНИЯ УПРАВЛЕНИЯ ЛЕСАМИ

Н.А. МОИСЕЕВ, *проф. каф. экономики и организации лесного хозяйства и лесной промышленности МГУЛ, д-р с.-х. наук, академик РАСХН*

moiseev@mgul.ac.ru

В нижеследующем изложении само понятие «*лесное хозяйство*» нами представляется в той широкой трактовке, которая включает *использование* всего с течением времени расширяющегося круга *ресурсов и услуг* (полезностей) *леса и их воспроизводство*, а также *охрану и защиту леса* не только от пожаров, вредителей и болезней, но и от всякого рода лесонарушений. Именно в таком широком понимании наши классики – основатель отечественного лесоустройства проф. А.Ф. Рудзкий и его ученик – лидер отечественного лесопользования проф. М.М. Орлов – понимали лесное хозяйство, притом, организованное непременно на основе *непрерывного, неистощительного пользования лесом (ННПЛ)*, называвшегося в их время *принципом постоянства пользования лесом*.

Принцип постоянства, или ННПЛ, является фундаментальной основой главного, ныне законодательного требования *устойчивого управления лесами*, сохранения биологического разнообразия лесов, повышения их потенциала, закрепленного в статье 1 «Лесного кодекса РФ» от 4.12.2006 (6). В общем, в такой трактовке лесное хозяйство представляется и в практике промышленно развитых зарубежных стран.

При таком понимании лесное хозяйство не просто включает «лесопользование», но оно и начинается только с него. При этом в мировой практике общей тенденцией является постепенный, но неуклонный *переход от моно- к многоресурсному лесопользованию*, т.е. к сочетанию пользования многообразным комплексом ресурсов и услуг леса на каждом отдельном лесном участке. Но такой переход означает *интенсификацию лесного хозяйства*, или, в экономическом смысле, *расширенное воспроизводство лесных ресурсов интенсивным путем*, т.е.

за счет дополнительного вложения труда и капитала на той же самой площади ранее освоенных лесов. Тем более, что это потребует ряда мероприятий по улучшению состава насаждений и формированию экологически устойчивых продуктивных лесов многоцелевого значения, создания соответствующей инфраструктуры, включая достаточно развитую дорожную сеть и противопожарное обустройство, а также повышения квалификации работников управления и рабочего персонала. Разумеется, при этом должен увеличиваться и лесной доход за счет ежегодно возрастающего размера воспроизводимых ресурсов и услуг леса более широкого ассортимента и лучшего качества.

Но организация такого лесопользования возможна лишь при условии, если опережающими темпами будет организована переработка ныне не находящей сбыта мелкотоварной и низкокачественной древесины, а также древесных отходов, без чего немислимы уход за лесами и их формирование в вышеизложенном направлении. Хроническое же отставание как раз этой самой «*глубокой переработки*» и является «*ахиллесовой пятой*» всего лесного дела в стране, которую на мировом фоне считают самой многолесной державой мира. Именно по этой причине Россия отстает не только от промышленно развитых стран, но от некоторых развивающихся (Китай, Бразилия и др.) по душевому уровню производства и потребления основных видов лесопродукции.

Однако организация такого лесного дела в стране требует выработки государственной лесной политики, с учетом соответствующего лесного законодательства, а на основе их – согласованных между собой долгосрочных или стратегических лесных программ на федеральном, региональном и местном уровнях управления. Такова уже устоявшаяся на протя-

жении последней полсотни лет практика принятия решений в промышленно развитых и позже, по их примеру, в отдельных «продвинутых» развивающихся странах. Об этом мы уже писали в аналитических ежегодниках «Россия в окружающем мире : 2001 и 2007», в статьях «Лесное хозяйство России за 100 лет» [2] и «Лесной сектор экономики России за 30 лет» [3], что, разумеется, исключает повтор приведенных в них данных и принципиальных положений о состоянии лесов, лесного хозяйства и лесопромышленного комплекса отраслей (ЛПК) России.

При хронологическом же продолжении этой большой темы могут возникать лишь вопросы, **что изменилось в этой области общественного производства за последние годы первого десятилетия XXI века**, которому прочат быть инновационным.

На состоянии в целом лесного сектора экономики страны, безусловно, отразился затянувшийся с начала первых лет перестройки системный кризис социально-экономического развития страны, на который дополнительно наложились «дефолт 1998 г.» и мировой финансовый кризис, пик которого для России пришелся на 2008–2009 гг. и от которого она, не будучи подготовленной, пострадала гораздо больше, чем другие страны.

Законодательный аспект

Существенный отпечаток наложил и последний «Лесной кодекс РФ», принятый в декабре 2006 г. [6], а также учтенный им, но принятый на год раньше федеральный закон № 199 от 31.12.2005 г. о передаче полномочий субъектам РФ по управлению федеральными лесами. И хотя введение этого кодекса намечалось с 1.1.2007 г., однако применение его на практике было сдвинуто на два года, ибо за это время в спешном порядке разрабатывалось около полсотни подзаконных актов к нему, а на основании их ряд документов, определяющих многоэтапный допуск арендатора к пользованию лесом: «лесной план субъекта РФ», с учетом выделения лесных участков для него и заключение с ним арендного договора; разработка самим арендато-

ром «*проекта освоения лесов*», согласования его с арендодателем и ежегодным, за месяц до начала лесозаготовки, представлением «лесной декларации».

«Лесные планы субъектов РФ» должны были согласовываться с Рослесхозом, пройдя предварительно аналитическую экспертизу на специально созданной для этой цели комиссии, дорабатываться с учетом замечаний и вновь согласовываться. Будучи членом экспертной комиссии Рослесхоза по приемке «лесных планов субъектов РФ», могу судить, что качество их желало много лучшего. Не в лучшем положении находились и другие документы, на основании которых арендатор только и мог приступить к лесозаготовке.

О характере трех лесных законодательств, принятых в 1993, 1997 и 2006 гг. за последние два десятилетия «перестройки», ранее мы уже писали [2, 3]. Здесь же обратим внимание на общий характер и, в особенности, на принципиальные отличия последнего от ему предшествующих.

Общий характер изменений в них напоминал ход «маятника». Так, если в «Основах лесного законодательства» (1993) из-за политического противоборства между федеральным центром и субъектами РФ не удалось отстоять федеральную собственность на леса, которая была до перестройки, ограничившись лишь размытой формулировкой статьи 2: «*владение, распоряжение и пользование лесным фондом РФ осуществляется как в интересах народов, проживающих на соответствующих территориях, так и в интересах всех народов РФ*», с передачей компетенций по принятию решений на местный уровень государственной власти, то в «Лесном кодексе РФ», принятом в 1997 г., удалось восстановить федеральную собственность на леса, но ценой передачи субъектам РФ права на принятие решений по передаче лесов в аренду, организации торгов, установлению лесных такс и даже получения 60 % от минимальных ставок по платежам за древесину на корню.

Но в «Лесном кодексе РФ», принятом 4.12.2006 г., «маятник» качнулся уже в обрат-

ную сторону: полномочия по управлению федеральными лесами были переданы субъектам РФ, можно сказать, целиком, включая все составляющие его функции. При этом из полномочий Российской Федерации были изъяты даже такие первостепенной важности, которые числились в предыдущих кодексах, как например (кодекс 1977 г., ст. 46):

- «определение основных направлений государственной политики в области ведения лесного хозяйства;
- разработка и принятие федеральных законов и иных нормативных правовых актов РФ и контроль за их соблюдением;
- владение, пользование и распоряжение лесным фондом;
- разработка, утверждение и реализация федеральных государственных программ использования, охраны, защиты лесного фонда и воспроизводства лесов».

Другими словами, федеральное государство как владелец лесов России в лице федерального правительства перевалило весь накопившийся груз нерешенных сложных лесных проблем на плечи администраций субъектов РФ, хотя для решения многих из них названные субъекты не располагают необходимыми возможностями.

Но концепция и содержание кодекса 2006 г. имеют и другие далеко идущие следствия, которые не афишируются, но специалистам известны.

С самого начала в первых вариантах проекта кодекса – а их, этих вариантов, за 3 года – 2004–2006 гг. обсуждений было около трех десятков – монопольным составителем в лице руководства МЭРТ настойчиво навязывался замысел тотальной приватизации лесов через 10–15-летний этап аренды за арендную плату в течение этого периода. На встрече с учеными, среди которых был и автор данной статьи, министр Г.О. Греф утверждал, что он – принципиальный сторонник приватизации лесов и будет этого добиваться везде, где это потребуется. Будучи Президентом России, В.В. Путин в «телеобщении с народом» о приватизации лесов вынужден был признать, что либеральные экономисты считают частную собственность

самой эффективной формой рыночной экономики.

Из-за возмущения широкой общественности формулировка о приватизации лесов была изъята из проекта кодекса, но сама его конструкция при этом не изменилась, сохранив его содержание в таком виде, будто леса, если еще формально и не переданы частному сектору, то подготовлены к этому факту, как только представится для этого удобный случай.

Главным критерием этого поворотного пункта явилась замена *разрешительного* порядка пользования лесами на *заявительный*, который используется в зарубежных странах именно для частных лесов. Но для лесов, находящихся в государственной собственности, этот последний порядок недопустим, т.к. государство теряет должный *контроль* не только за *доходом*, получаемым от эксплуатации лесов как «*государственного имущества*», но и за рациональным использованием его. Чтобы оградить крупный бизнес от якобы излишнего вмешательства государства, согласно кодексу была ликвидирована государственная лесная охрана, в задачу которой входила охрана не только от лесных пожаров, но и от всякого рода лесонарушений, а также при разрешительном порядке отвод лесосечного фонда и его материально-денежная оценка как средство контроля за поступлением лесного дохода от использования государственных лесов. При этом арендатор получил право самому, по своему усмотрению составлять так называемый «проект освоения лесов», назначать леса в рубку, лишь извещая об этом органы управления лесами через ежегодно представляемую «лесную декларацию». Но в этих документах отсутствует материально-денежная оценка лесов, отводимых в рубку. Сама же арендная плата, изначально установленная за право брать леса в аренду, отнюдь не отражает стоимости ежегодно вырубаемых лесов при мотивации бизнеса на максимизацию прибыли, что приводит к первоочередной вырубке лучших лесов и оставлению на корню худших.

Именно вследствие такого узаконенного для государственных лесов *заявитель-*

ного порядка в последние годы приобрели беспрецедентный масштаб так называемые нелегальные рубки, а мизерные платежи за ресурсы леса даже наполовину не покрывают затраты на элементарные мероприятия по лесовосстановлению, что приводит к смене хозяйственно ценных пород на малоценные и, как следствие, к качественному обесцениванию освоенных эксплуатацией лесов и снижению их ресурсного потенциала.

В кодексе отсутствует экономический механизм организации провозглашенного 1 статьей кодекса устойчивого управления лесами и интенсификации лесного хозяйства.

Пожарная катастрофа лета 2010 г. вынудила руководителей государства вернуться к вопросу управления государственными лесами, восстановлению упраздненной лесной охраны, повышению статуса Рослесхоза с подчинением его правительству РФ, наделения его дополнительными полномочиями. Но реализация поставленных вопросов требует кардинальной переработки принятого 4 года назад кодекса, что стоит *лишь только на повестке дня, и пока неизвестно, будет ли она исполнена.*

Излишняя либерализация, допущенная в лесном законодательстве, создала широкий простор для коррупции и коррумпированности лесного бизнеса, особенно в приграничных регионах (например на границе с Китаем), что широко известно и всем федеральным органам, имеющим отношение к лесам.

Подписывая указ о переподчинении Рослесхоза из МСХ РФ непосредственно Правительству РФ, Президент России Д.А. Медведев поставил задачу тщательной инвентаризации лесного законодательства и сложившейся системы государственного управления лесами с целью внесения необходимых поправок. Пока эта работа не организована. Внесены лишь поправки, связанные с охраной лесов от пожаров, хотя еще не приняты должные меры для их реализации на практике.

Завершая законодательный аспект постановления лесного дела в стране, надо

иметь в виду, что настойчивые притязания крупного бизнеса на приватизацию лесов не скрываются и ставятся открыто перед представителями государственной власти с надеждой на удовлетворение своих интересов после президентских выборов, полагая, что до этого власть не будет рисковать идти на такой шаг, который вызовет широкий общественный протест.

В самом же кодексе, кроме «заявительного порядка», созданы и другие предпосылки для приватизации лесов путем изменения самого понятия «леса» как объекта управления и лесных отношений и *подмена лесных отношений земельными отношениями* с изменением принципиального положения о лесе в гражданском кодексе.

В ст. 5 кодекса вводится понятие о лесе *«как об экологической системе или как о природном ресурсе».*

В этом определении отождествлены два отнюдь нетождественных понятия. В лесоводственном отношении, по определению создателя «учения о лесе» проф. Г.Ф. Морозова, лес как «биогеоценоз» (аналог «лесной экосистемы») представляет симбиоз, т.е. органическое, неразрывное единство всех компонентов, включая вместе с землей и древесной растительностью все «живое» в лесу, создающее свою внутреннюю среду, оказывая влияние и на внешнюю среду. В экономическом же смысле леса являются *«основным средством производства»* в лесном хозяйстве, что отмечалось в ст. 6 принятого в 1997 г. лесного кодекса РФ. При этом в гражданском кодексе в ст.130 он признавался *«недвижимым имуществом».*

Используя леса как средство производства лесное хозяйство, с учетом поставленных перед ним целей, производит различные *ресурсы и услуги леса как продукты труда.* В этой традиционно принятой в лесном сообществе логике *лес как средство труда и его ресурсы как продукты труда* отнюдь не тождественны друг другу, как это представляется в ст. 5 Лесного кодекса (2006). Но составители последнего пошли дальше. *Они разорвали понятие «леса» на разрозненные части – на землю и на древесную растительность, со-*

ответственно *исключив его в гражданском кодексе из категории «недвижимого имущества»* и преобразовав его, таким образом, в «*движимое*».

При этом в ст. 7 «*лесные участки*» уже фигурируют как «*земельные участки*», а имущественные отношения, связанные с оборотом их, регулируются уже согласно ст. 3 часть 2 земельным и гражданским законодательством.

Будучи Президентом России, В.В. Путин в своем заключении на один из проектов готовившегося лесного кодекса (22.04.2005 г.) отмечал, что «*в науке лесоведения **лесная растительность и земли, на которой она произрастает, рассматриваются как единое целое. Это единство отражено в определениях понятий лес и лесные отношения.** Вместе с тем, в законодательстве **понятие лес нередко подменяется понятием земли и земельные участки. Лесное и земельное законодательства** выступают в Российской правовой системе в качестве отдельных отраслей законодательства. В законопроекте данное обстоятельство не всегда учитывается. Здесь необходимо отметить, что статья 130 гражданского кодекса РФ **относит лес к недвижимому имуществу.** Законопроект следует привести в соответствие с гражданским законодательством». В заключение предлагается необходимость «устранения указанных недостатков».*

Однако составители кодекса проигнорировали указанные замечания.

В данном случае нами специально акцентировано внимание на понятиях «*леса*» и «*лесных отношений*», ибо подмена их другим смысловым содержанием привела, как следствие, к весьма противоречивой конструкции всего «лесного кодекса РФ» (2006), парализовавшего, как показывает опыт его применения в течение последних лет, и лесное хозяйство и в т.ч. лесопользование в стране.

Причины принятия такого кодекса теперь понятны, т.к. известна мотивация идеолога в лице руководства МЭТР, который и «продавил» его через Госдуму только благодаря административному ресурсу.

Структура управления и организация пользования лесами и ведения лесного хозяйства

В соответствии с последним лесным кодексом произошли значительные трансформации в структуре управления лесами и определенные изменения в организации лесного хозяйства и пользования лесами, что, безусловно, отражается на развитии всего лесного сектора экономики.

Прежде всего обратим внимание на то, чем были вызваны эти изменения. В предшествующем «Лесном кодексе РФ» (1997) в низовом или местном органе лесного хозяйства – «лесхозе» были совмещены функции государственного управления лесами с хозяйственной деятельностью, которая включала и коммерческую – заготовку древесины от рубок ухода и санитарных рубок, а также ее первичную переработку и реализацию продукции на рынках сбыта. При недостатке средств, выделяемых из бюджета на содержание органов управления лесами и на лесовосстановление, совмещение названных выше функций было вынужденным, не говоря уже о том, что оно было инспирировано самой государственной властью и узаконено ею. При необходимости такое совмещение самой властью могло быть отрегулировано и введено в определенные рамки. Так, например, аналогичная форма совмещения лесоуправления и хозяйственной деятельности имеет место до сих пор в Финляндии, но там эта область деятельности находится под надзором смежного независимого органа – министерства, ведающего охраной окружающей среды. Когда-то, до 2000 гг., такой орган – Министерство экологии – был и в России, но потом он был упразднен, что вызывает нарекания общественности до сих пор. МПР РФ, взявшее на себя функции упраздненного органа, должным образом их не выполняет, совмещая с функциями организации пользования многими видами природных ресурсов.

В новом лесном кодексе РФ (2006) была проведена принципиальная установка на расформирование «лесхоза» с выделением из состава его «лесничества» как государс-

твенного органа управления лесами на местном уровне и хозяйственного подразделения, до времени сохранившего то же название – «лесхоз», но впоследствии уже субъектами РФ преобразованного в различные формы предпринимательской деятельности – государственное учреждение (ГУ «Лесхоз»), государственное унитарное предприятие (ГУП), автономное учреждение, акционерное объединение, например, АО «Мослес» с соответствующими филиалами, и, наконец, общество ограниченной ответственности (ООО) в виде уже приватизированного предприятия.

Передав, согласно ФЗ № 199 от 31.12.2005 г., бывшие лесхозы субъектам РФ, Рослесхоз не удосужился предложить единую форму реорганизации лесхозов на региональном и местном уровнях, что привело к разному организационным форм и во многих случаях исказило значимость самой первоначальной установки реформирования. Так, например, отделив «лесничества» от «лесхозов», многие субъекты РФ, тем не менее, совместили управление ими в одном департаменте, объединяющем все лесные отрасли, под названием «департамент лесного комплекса». Подобный департамент совмещает и государственное управление лесами через лесничества, называемые «отделениями департамента», и управление государственными формами предпринимательской деятельности бывших лесхозов, одновременно оказывая содействие хозяйствующим субъектам частного сектора. При этом надо иметь в виду, что Правительства субъектов РФ в большей степени заинтересованы в развитии частного сектора, включая арендаторов и крупных инвесторов, стимулируя привлечение их капитала через разного рода льготы. Сами же лесничества пока, в основном, находятся в зачаточном состоянии. В границах бывших лесхозов (административных районов) в 2010 г. было организовано 1479 районных лесничеств, а в составе их 7587 участковых лесничеств (в среднем 5 участковых на одно районное). При этом средняя площадь лесничеств довольно велика, измеряется сотнями тысяч гектаров, а численность персонала пока весьма невелика (в среднем для первых

13 чел., вторых – 2,5 чел), что приводит к перегрузке занятости бумагооборотом (до 75 % всего времени) и недостатке времени даже для обеспечения государственного контроля непосредственно в лесу за деятельностью лесопользователей и тем более разного рода лесонарушителей. Пока нет узаконенных на правительственном уровне положений о полномочиях лесничеств и их аппарата во главе с лесничим. Сами лесничие как центральные фигуры на местном уровне лесопользования не имеют должной самостоятельности в принятии решений и их реализации. Эти решения за него принимают в департаменте субъекта РФ, а он остается лишь скромным исполнителем их. Такое положение лесничего, конечно, ограничивает его инициативу и эффективность деятельности.

Что касается федерального органа управления лесами в юридическом лице федерального агентства лесного хозяйства (Рослесхоз), то номинально, конечно, статус его при непосредственном подчинении Правительству РФ повышен. Расширены и полномочия, включая определение лесной политики, право законодательной инициативы и наделение функциями государственного контроля и надзора. Но для реализации этих функций в нынешнем виде Рослесхоз не располагает необходимыми институциональными возможностями. В идеале, по самой логике, он должен бы располагать органами управления лесами на региональном и местном уровнях. Но при уже состоявшейся передаче полномочий управления лесами субъектам РФ эти возможности оказались исключенными. Однако именно на этих уровнях и осуществляется исполнение добавленных полномочий Рослесхозу. Что ему остается делать? В основном лишь контролировать исполнение полномочий субъектами РФ. Каким путем? В основном, используя надзорные функции созданных ранее и соподчиненных Рослесхозу департаментов лесного хозяйства федеральных округов, в функции которых входит ежегодная проверка каждого из субъектов РФ на предмет исполнения переданных им полномочий по всему перечню вопросов управления лесами.

Как эта система двойного контроля (Рослесхоза и органов управления лесами субъектов РФ) будет «работать», покажет время. Но по поводу описанной ситуации вспоминается изречение Наполеона: «Лучше один плохой генерал, чем два хороших», имея в виду неизбежные «трения» при дублировании функций из двух разных центров управления.

Обратимся к организации пользования лесами и хозяйства в них. Согласно кодексу основной формой организации является передача лесов в аренду на срок до 49 лет с возложением обязанностей по ведению лесного хозяйства на арендатора, притом за его счет. Право на аренду должно определяться на аукционе (кто предложит большую цену за право пользования лесом). Такое условие аренды выполнимо лишь для крупного бизнеса, способного нести затраты не только на лесное хозяйство, но и на строительство лесных дорог, без которых невозможно вести лесозаготовки. При этом мелкий и средний бизнес, на котором до этого кодекса и держалось лесопользование, оказался за «бортом».

Следует заметить, что «аукцион» оправдывает себя только в условиях конкуренции. Но аренда как форма лесопользования используется там, где нет конкуренции или она слаба. Аналогичная ситуация и в Канаде, опыт которой перенимается в России. При слабой же конкуренции, как в многолесных районах России, аукционы не оправдывают себя, ибо имеют место «сговоры» как между самими участниками, претендующими на лесопользование, так и между ними и органами власти, тем более, что последняя крайне заинтересована в привлечении крупных инвесторов, способных организовать «глубокую переработку» древесины.

Это последнее стремление и определило ориентацию государственной власти РФ и субъектов РФ на первоочередную передачу лесов в долгосрочную аренду крупным инвесторам, предлагающим инвестиционные проекты по переработке древесины, но уже без аукционов, а на основе лишь договорных соглашений. Это приоритетное направление развития лесопользования было закрепле-

но постановлением Правительства РФ от 30 июня 2007 г. № 419 «О приоритетных инвестиционных проектах в области освоения лесов». Переход к этому направлению был ранее предопределен и постановлением Правительства РФ от 5 февраля 2007 г. № 75, утвердившим график поэтапного повышения ставок вывозных таможенных пошлин на необработанные лесоматериалы.

Такова сложившаяся ситуация по организации управления и пользования лесами России с учетом последнего лесного кодекса и сопровождающих их правительственных постановлений. При этом надо иметь в виду, что в течение последнего десятилетия наложилось влияние двух лесных кодексов РФ, один из которых, принятый в 1997 г., хотя и был заменен с 1.1.2007 г. новым, но многими положениями продолжал еще действовать до 1.1.2009 г. Что касается последнего кодекса, то влияние его скажется в основном в следующем десятилетии.

Ниже рассмотрим состояние использования лесов и хозяйства в них за последнее десятилетие.

Состояние использования лесов и лесопромышленного комплекса (ЛПК) отраслей

Поскольку уровень развития лесного хозяйства определяется лесопользованием, а последнее состоянием лесной промышленности, то в табл. 1 для характеристики ее приводится объем заготовки древесины и основных видов лесопродукции за последнее десятилетие в сравнении с доперестроечным периодом (1990 г.). Из приведенных данных видно, что, кроме производства фанеры, по всем остальным видам продукции за прошедшее десятилетие так и не достигнут их доперестроечный уровень. Что касается объема заготовки древесины, то он остается в два раза ниже, чем в 1990 г., хотя ресурсная база, казалось бы, его не ограничивает. Расчетная лесосека как официальный норматив непрерывного неистощительного пользования лесом (ННПЛ) в 2010 г. составляла 633,4 млн м³, в т.ч. по хвойным породам – 344,0 млн м³. Правда, ее экономически доступная часть (по

Динамика производства основных видов продукции ЛПК России за 1990–2010 г.

Наименование продукции	1990	1998	2000	2005	2007	2008	2009	2010
Заготовка древесины, млн м ³	304,0	130,2	165,9	185,6	207	167,4	158,8	173,6
Вывозка древесины, млн м ³	*	87,7	91,6	115,8	122,3	108,2	91,2	97,4(106,0)
Пиломатериалы, млн м ³	75,0	18,6	20,0	20,8	23,2	21,6	19,0	19,0
Фанера, тыс. м ³	1597,0	1102	1484	2550,8	2763,4	2592,0	2106,6	2679
ДСП, млн усл. м ³	5568,3	1543	2334,8	4048,4	5261,4	5750,7	4561,9	5484
ДВП, млн усл. м ²	418,2	187,0	292,2	381,8	477,0	479,2	372,3	395
Целлюлоза по варке, тыс. т	7525	3594	4960	5933	5973	5913	5472	5870
Целлюлоза товарная, тыс. т	2770	1394	2036	2429,4	2418,3	2285,5	2013,9	2036,7
Бумага и картон, тыс. т	8325,0	3593	5312,0	7024,0	7558,8	7699,7	7373,2	7570,8
Мебель, млрд руб. в текущих ценах	5,8	7,4	18,2	49,7	75,1	104,9	80,4	89,5

* –данные отсутствуют

транспортным и иным условиям) пока до сих пор не определена. Можно лишь допускать, что она составляет не более половины названного выше норматива.

Обратим внимание на характер производимых данных по объему заготовки древесины, который представляется Рослесхозом по всем способам рубок, относящимся не только к главному пользованию, но и к промежуточному, включая рубки ухода, санитарные и прочие рубки, которые до сих пор не учитывались Госкомстатом. Что же касается данных по вывозке древесины и по объему производства основных видов лесопродукции, то они ограничиваются лишь кругом предприятий, учитываемых и контролируемых Минпромторгом.

Тем не менее, можно отметить ту общую закономерность, что и в год «дефолта» (1998), и в «пик» влияния мирового финансового кризиса (2009) объемы по вывозке древесины и по производству пиломатериалов практически сравнялись, составляя соответственно этим видам деятельности и годам 87,7–91,2 млн м³ и 18,6–19,0 млн м³. Промежуточные же объемы между этими годами представляют «пологую» дугу с максимумом в 2007 г., равным соответственно по вывозке древесины 122,3 млн м³ и по пиломатериалам 23,2 – млн м³.

В 2010 г. наметился рост и по объемам заготовки и по вывозке древесины, но остался на том же минимальном уровне объем производства пиломатериалов, что весьма симптоматично. Дело в том, что самый рентабельный

древесный ресурс – хвойный пиловочник уже основательно истощен в освоенных лесах вдоль магистральных путей транспорта, а из-за недостатка его лесопильные заводы, особенно экспортного назначения, терпят убытки. Что касается фанерного производства, то оно еще продолжает питаться сохраняющимися резервами фанерного кряжа в спелых древостоях березняков, возникших на месте бывших продуктивных коренных хвойных лесов. Но этот резерв не велик, а потому значительного прироста фанерного производства в перспективе вряд ли придется ожидать. Объемы же его за 2005–2010 гг. представляют лишь небольшие «всхолмления» на общем – достигнутом «плакоре».

Производства целлюлозы, бумаги, картона и древесных плит в меньшей степени пострадали от влияния мирового финансового кризиса. Именно от этих видов производства, относящихся к «глубокой переработке древесины», зависят перспективы расширения объемов заготовки древесины и в целом интенсификации лесного хозяйства и системы лесопользования. Поэтому данному ключевому направлению для всего лесного сектора экономики и была посвящена «Стратегия развития лесного комплекса на период до 2020 г.», сформированная на основе приоритетных инвестиционных проектов. К этой «Стратегии» мы еще вернемся. А до этого рассмотрим общее состояние лесозаготовки и лесного хозяйства.

В предыдущих статьях [2, 3] мы уже писали о причинах спада производства в

Удельный вес лесоэкспорта (в процентах) от общего объема производства

Наименование продукции	Годы			
	2005	2007	2008	2009
Деловая древесина	51,5	47,7	40,2	27,4
Пиломатериалы	71,2	74,6	70,8	85,8
Фанера	57,7	52,6	46,8	60,7
Товарная целлюлоза	79,1	76,1	81,7	76,5

отраслях ЛПК. В числе их определяющей явилась поспешная и непродуманная приватизация, которая привела к разрыву технологических связей лесных предприятий, их раздробленности, потере многих рынков сбыта, частой смене собственников, расширению рейдерских захватов, что не способствовало установлению *климата доверия ни между самими собственниками*, которые должны бы стремиться к кооперации, *ни между ними и государственными органами* в интересах государственного – частного партнерства (ГЧП), без которого при создании инфраструктуры не обойтись. При этом весьма неэффективной оказалась роль государства в юридическом лице всех ветвей и органов государственной власти, не сумевших обеспечить регулирование энергетических и транспортных тарифов, а также таможенных пошлин, что не только до последнего времени, но и на перспективу крайне осложняет развитие лесных отраслей. Неэффективной оказалась и вся банковская система, из-за высоких процентных ставок которой долгосрочные кредиты все годы были недоступны для развития реального сектора экономики.

Весь этот комплекс факторов привел к формированию спекулятивной рыночной экономики, значительному оттоку капитала за рубеж (по данным министра А. Кудрина этот отток в 2009 г. был в десять раз больше, чем в год дефолта). При такой ситуации собственники не были заинтересованы в обновлении и тем более в модернизации основных фондов, которые во всех лесных отраслях находятся на критическом уровне (износ их составляет от 60 до 80 %), что отражается на качестве продукции и ее конкурентоспособности.

Однако общим фоном, на котором проявляют себя перечисленные выше причи-

ны, является низкая платежеспособность населения, которая привела к свертыванию до недопустимого минимума внутреннего рынка, который должен бы быть приоритетным. В 2009 г. величина внутреннего лесопотребления снизилась на 30 % по сравнению с докризисным 2007 г., или на 7,7 млрд долл. США. По заявлению ответственных представителей Минпромторга (в докладе Совету по развитию лесного комплекса), *«работа отечественного ЛПК даже на имеющемся уровне в значительной мере поддерживается внешними рынками*. Поэтому без развития внутреннего рынка поднятие ЛПК будет затруднительно».

Об удельном весе экспорта основных видов лесопродукции от общего объема их производства можно судить по данным табл. 2.

Как видно из данных табл. 2, примерно три четверти пиломатериалов, товарной целлюлозы и более половины фанеры от общего объема их производства уходит на внешний рынок. До половины делового круглого леса при низких объемах его заготовки до 2008 г. также экспортировалось, пока не был принят «Постановлением Правительства РФ от 30 июня 2007 г. № 75 график поэтапного повышения ставок вывозки таможенных пошлин на необработанные лесоматериалы» вплоть до запретительного уровня.

Этим постановлением преследовалась задача стимулировать переработку древесины внутри страны путем ограничения ее вывоза в круглом виде. Однако эта мера оказалась преждевременной, так как не были созданы условия для привлечения капитала в эту область деятельности. Как следствие ее применения явились затруднения со сбытом

мелкотоварной древесины, особенно мягколиственных пород, что привело только по этой причине к снижению объемов лесозаготовок на 30 млн м³ по сравнению с 2007 г., что вынудило Правительство объявить мораторий на 2010–2011 гг. по дальнейшему повышению таможенных пошлин. Однако эта мера, в свою очередь, вынудила финских переработчиков вектор своих интересов на перспективу с России перевести на Бразилию и другие страны латиноамериканского континента.

Из-за зависимости от внешнего рынка кризис последнего также отразился на экспорте российского ЛПК, поскольку произошло снижение цен по всей номенклатуре продукции, поставляемой из России.

Несмотря на сложившуюся экспортную ориентацию отечественного ЛПК, из-за отставания целлюлозно-бумажной продукции Россия вынуждена оставаться крупнейшим импортером бумаги и картона высших сортов. Завоз этого вида продукции только в 2010 г. достиг почти 4 млрд долл. США, что равно стоимости создания двух-трех крупных целлюлозно-бумажных комбинатов, которые позволили бы значительно снизить зависимость России от внешнего рынка по этим видам лесопродукции. Заметим, что душевой уровень бумаги и картона в 2010 г. в России составлял около 47 кг/чел., в то время как в Швеции и в Канаде этот показатель в 5 раз, а в Финляндии и США – в 7 раз выше.

Об общем состоянии отечественного ЛПК можно судить по следующим показателям. За 9 мес. 2010 г. рентабельность в деревообработке составила 1 %, на лесозаготовках – 1,7 %, в ЦБП – 11,3 %, а в целом по ЛПК – 7,2 %. Но при этом количество убыточных предприятий составило: на лесозаготовках – 45,3 %, в лесопилении и деревообработке – 46,8 %, в ЦБП – 30,0 %, а в целом по ЛПК – 38,3 %, т.е. нерентабельных, с общим убытком 12,5 млрд руб. Этот убыток был перекрыт лишь за счет прибыли крупных ЦБК, а также в целом рентабельных предприятий ЛПК (29,9 млрд руб. за январь–сентябрь 2010 г.).

В десятку крупнейших компаний, определяющих лицо ЛПК России, входят (в порядке убывающей величины производства): филиал ОАО «Группа Илим» в Коряжме (св. 1 млн т. в год); ОАО «Кондопога» в Карелии и филиал ОАО «Группа Илим» в Усть-Илимске (700–750 тыс. т/год); ОАО «Монди Сыктывкарский ЛПК» в Коми республике и филиал ОАО «Группа Илим» в Братске (свыше 500 тыс. т/год); ЗАО «Интернейшл Пейпер» в Светогорске и «Соломбальский ЦБК» в Архангельске (370–380 тыс. т/год); ОАО «Волга» в Нижнем Новгороде, ОАО «Сегежский ЦБК» в Карелии и ОАО «Архангельский ЦБК» (250–270 тыс. т/год).

По приведенному ряду крупнейших компаний видно, что расположены они в весьма ограниченном числе субъектов РФ Северо-Западного федерального округа (Карелия, Архангельская обл., Коми республика) и в Сибирском федеральном округе (в основном – в Иркутской области). Все они были построены в Советское время (до 80-х гг. XX столетия) и в значительной доле принадлежат зарубежным собственникам, от которых целиком зависит их дальнейшая судьба и в т.ч. модернизация.

Последствия продолжавшегося отечественного кризиса и наложившегося на него мирового финансового кризиса «еще далеко не преодолены». Внутренний рынок еще не восстановился до уровня мирового предкризисного года (2007). Надежда на выход из обоих видов кризисов теперь возлагается на приоритетные инвестиционные проекты, вошедшие в «Стратегию развития ЛПК до 2020 г.». По данным Минпромторга, в целом стоимость всех 95 утвержденных инвестиционных проектов составляет 461,2 млрд руб. В 2009 г. уже реализовано 9 инвестиционных проектов на общую сумму 18,8 млрд руб., в 2010 г. будут завершены еще 12 проектов на сумму инвестиций – 45 млрд руб.

Обзор инвестиционных проектов приводит к выводу, что абсолютное их большинство в территориальном отношении концентрируется в многолесных районах и ориентировано в основном на внешних потребителей, а из производимых видов лесо-

продукции – на изделия лесопиления и деревообработки с добавкой в отдельных из них плитных производств, и в отдельных случаях – «пеллет» для утилизации отходов вышеперечисленных производств, окупаемых до 10 лет. Небольшая часть проектов ориентирована на модернизацию и частичное расширение уже существующих производств ЦБК: Сегежский ЦБК в Карелии; Соломбальский, Архангельский ЦБК, ОАО «Группа Илим» в Коряжме (в Архангельской обл.); ОАО «Монди Сыктывкарский ЛПК» в республике Коми и ОАО «Группа Илим» в Иркутской области.

К числу создаваемых заново компаний с крупными ЦБК относятся только три инвестиционных проекта; (1) ООО «Краслесинвест» в Богучанском районе Красноярского края, (2) ООО «Универсал-Строй» в Троицко-Печорском районе республики Коми и (3) ЗАО «Аспек-Леспром» в Костромской области со сроком окупаемости более 10 лет. Все эти проекты довольно проблематичны, учитывая, что создание ЦБК в них планируется в самую последнюю очередь. Названный проект в Коми планировался еще с 1995 г., но не раз откладывался из-за отсутствия инвестора. Та же история имела место и в Костромской области. По проекту в Красноярском крае также предполагают к ЦБК обратиться в последнюю очередь. При встрече с заказчиками выяснилось, что пока дело не дошло даже до заказа оборудования для него. Другими словами, строительство новых ЦБК пока не ведется и оттягивается на дальнюю перспективу, поскольку инвестиционный климат в отрасли, как и в целом по стране, продолжает оставаться неблагоприятным. Перспективы послекризисного развития отечественного ЦБК как ключевого звена Российского лесного сектора зависят в основном от общих темпов восстановления экономики страны.

Что же касается самого низкорентабельного производства – заготовки древесины, то к ее проблемам мы вернемся далее, при оценке лесного хозяйства, поскольку эти две ветви лесного сектора находятся в общей неразрывной связи.

Состояние лесного хозяйства и организации устойчивого управления лесами

Главным недостатком лесного хозяйства России на практике является его несбалансированность во многих отношениях – технологическом, экономическом, организационном, нормативно-правовом и информационном, что не позволяет достичь модели устойчивого лесопользования в качестве главного требования, декларативно заявленного в лесном законодательстве.

Этот недостаток не только снижает эффективность проводимых мероприятий, но и нередко просто обесценивает их. Для пояснения приведем известные для специалистов примеры. Если на вырубках из-под хвойных лесов даже сохранить подрост или создать лесные культуры из этих же коренных пород, но не провести затем в должном масштабе и своевременно уход за формирующимися молодняками на протяжении последующих 10–20 лет, то они будут заглушены быстро смыкающимся пологом мягколиственных пород (березы и осины), что и приводит к нежелательной смене пород, которая до сих пор остается общей тенденцией для динамики лесного фонда.

Экономический аспект несбалансированности заключается в том, что лесное хозяйство хронически из года в год и даже десятилетиями испытывает недостаток из бюджета выделяемых финансовых средств, которые даже наполовину не обеспечивают масштаб простого воспроизводства используемых ресурсов. Как следствие, те субъекты, на которые возложена обязанность лесовосстановления, не смогут даже при желании обеспечить проведение всех необходимых мероприятий в должном объеме. Часто именно недостатком средств объясняются те или иные упущения в лесном хозяйстве, которые нередко приводят и к трагическим событиям, например в случае лесных пожаров, которые приобретают неконтролируемый характер из-за отсутствия противопожарного обустройства лесов и должных технических и кадровых средств по их обнаружению и тушению.

Организационный аспект несбалансированности заключается в том, что планирование, финансирование и выполнение лесохозяйственных мероприятий производится разными субъектами лесных отношений без должной согласованности и координации.

Все здесь перечисленные и другие недостатки, не упоминаемые из-за регламента статьи, можно было бы исправить или свести к несущественному минимуму при условии формирования нормативно-правового обеспечения, соответствующего требованию устойчивого управления лесами. Однако ни один из лесных кодексов, принятых за годы перестройки, не отвечал этому требованию, а последний из них внес еще больший дисбаланс.

Наконец, информационный аспект заключается в недостатке должной полноты и системной связи показателей в отчетных и плановых материалах, которые не позволяют судить об истинном состоянии лесного хозяйства и перспективах его развития. **Ликвидация** последним кодексом государственной службы **лесоустройства** окончательно усугубила положение дел с лесным планированием, организацией лесопользования и осуществлением контроля за деятельностью многочисленных субъектов, связанных с заготовкой древесины и лесовосстановлением. В связи с изложенным, при оценке состояния лесного хозяйства эксперты, в т.ч. и автор статьи, вынуждены прибегать к тем или иным допущениям и ориентировочным придержкам.

В табл. 3 приводится информация по отдельным наиболее значимым направлениям лесохозяйственной деятельности за 1988 (доперестроечный) – 2010 гг. По динамике показателей видно, что объем главных рубок в последнем десятилетии держался на уровне около 40 % от доперестроечного (1988) уровня, а площадь лесных культур как один из показателей лесовосстановительных мероприятий за этот период непрерывно уменьшалась – до 24,6 % в 2010 г. от показателя 1988 г. Примерно до этого уровня снизился и объем мероприятий по уходу за молодняками (25,4 % в 2010 г.). Защитное же

лесоразведение сведено до несущественного минимума (3,7 % в 2009 г. от уровня 1988 г.). В таком же положении оказалась и осушительная мелиорация (7,2 % в 2009 г.). До четверти от уровня 1988 г. снизился объем строительства лесных дорог. Как видно, по всем направлениям в последнем десятилетии наблюдался продолжающийся, притом существенный спад лесохозяйственной деятельности.

Если же перейти к сравнительной оценке каждого отдельного мероприятия, то картина предстанет еще более удручающей.

В обыденной практике, в том числе и на официальном уровне, для оценки сбалансированности размеров рубок и лесовосстановления обычно ограничиваются сравнением площади сплошных рубок с площадью первичных способов возобновления – естественного и искусственного, особо не вдаваясь даже в способы первого. Но по опыту зная, что до сих пор в практике лесоэксплуатации среди естественного возобновления преобладает способ естественного зарастивания, в составе которого мягколиственные породы являются пионерами, подавляя хвойные и твердолиственные породы, удельному весу лесных культур придается особое значение. В общем объеме лесовосстановительных мероприятий последние в целом по России занимали: в 1988 г. (до перестройки) – 37 %, в 1992 – 30 %, в 1995 и 1998 гг. – 25 %, в 2000 г. – 27 %, в 2005 г. – 23 % и в 2009–2010 гг. – 21 %. Из этого динамического ряда видна общая тенденция снижения удельного веса лесных культур – с 37 % (1988 г.) до 21 % в 2009–2010 гг., или в 1,8 раза. Но это в целом по России. В многолесных же районах удельный вес культур еще ниже и снизился, например в Вологодской области, до 10 %. Но это сравнение относится к тому знаменателю, в качестве которого выступает только площадь сплошных рубок.

Однако при оценке сбалансированности путем сравнения площадей, выбывающих из состава лесопокрываемых и затем восстанавливаемых, мы должны принимать во внимание не только площади сплошных рубок, но и площади насаждений, погибших от пожа-

**Объем главных рубок, лесовосстановления, лесомелиорации
и дорожного строительства**

Наименование	Ед. измерения	1988	1992	1995	1998	2000	2005	2009	2010
Главные рубки	млн м ³	325,2	227,5	134,1	96,8	130,0	130,9	122,1	131,1
	%	100,0	701,0	41,3	29,8	40,0	40,0	37,6	341,1
Лесовосстановление, всего	тыс. га	1846	1465	1454	1011	973	812	833	818,7
	%	100,0	79,4	78,7	54,8	52,7	44,0	45,1	44,3
в т.ч. лесные культуры	тыс. га	684	447	367	258	263	187	179	170,8
	%	100,0	65,3	53,6	37,7	38,4	27,3	26,2	24,6
Рубки ухода за молодняками	тыс. га	1270	911,9	815,4	583,5	624,0	453,1	453	323,1
	%	100,0	71,8	64,2	45,9	49,1	35,7	27,2	25,4
Защитное лесоразведение	тыс. га	85,2	78,9	46,0	17,6	27,7	6,6	3,2	*
	%	100,0	92,6	54,0	20,6	32,5	7,7	3,7	
Осушительная мелиорация	тыс. га	268,2	96,9	140,7	120,5	139,2	92,6	19,4	*
	%	100,0	36,1	52,5	44,9	51,9	34,5	7,2	
Строительство лесохозяйственных дорог	тыс. км	1955	1179	794	452	395	718	500	*
	%	100,0	60,3	40,6	23,1	20,2	36,7	25,6	

* – отсутствуют данные

ров, вредителей и болезней. Если брать в учет последние, то картина будет иная.

По официальным данным Рослесхоза за 1992–2000 г., в среднем погибало лесных насаждений от пожаров, вредителей и болезней по 350 тыс. га в год, а за 2001–2010 гг. – по 513 тыс. га, или на 47 % больше. В этом числе только от пожаров за 1992–2000 гг. погибало в среднем по 266 тыс. га в год, а за 2001–2010 гг. – по 343 тыс. га в год, или на 30 % больше.

Конечно, не все площади погибших насаждений могут быть доступны для лесовосстановления, например в отдаленных районах при отсутствии путей транспорта. Тем не менее, сама порядковая величина цифр, достигающая половины площади сплошных рубок, говорит о том, что она, безусловно, требует учета при оценке сбалансированности площадей, требующих облесения и фактической величины лесовосстановительных мероприятий. При учете их приводимые выше показатели сбалансированности, конечно, будут еще ниже.

Однако, как мы уже отмечали, первичные способы возобновления отнюдь не гарантируют успех лесовосстановления, если на протяжении последующих двух десятилетий не будут проведены по крайней мере дважды меры ухода (осветление и прочистки)

за формирующимися молодняками. Эти мероприятия до сих пор являлись ключевыми, закрепляющими успех лесовосстановления. Не лишне сравнить их удельный вес с исходными площадями лесовозобновительных мероприятий.

Пользуясь данными табл. 3 (строки 2 и 4), сравним убывающий ряд цифр ухода за молодняками до 2000 г. по отношению к исходной цифре лесовосстановительных мер в 1988 г. – 1846 тыс. га. При этом мы получим удельный вес ухода за молодняками в 1992 г. – 49,4 %, в 1995 – 44,2 %, в 1998 г. – 31,6 %, в 2000 г. – 33,8 %. Аналогичный ряд цифр на следующие годы по отношению к исходной величине (1011 тыс. га) лесовосстановительных мер в 1998 г. составит следующие величины: в 2005 г. – 44,8 %, в 2009 г. – 44,8 %, в 2010 г. – 32 %. Между тем, при двухразовом уходе за всей площадью лесовосстановительных мероприятий относительная величина должна бы быть не менее 200 %. Приведенное сравнение показывает, что удельный вес ухода составлял от 1/4 до 1/7 от требуемого.

Для читателя, у которого возникнет вопрос, почему мы не сравниваем уход в молодняках с площадью лесовосстановительных мер в том же году, заметим, что уход в молодняках потребует не в год проведения

лесовосстановительных мер, а спустя, по крайней мере, 5–7 лет и более, когда возрастает опасность заглущения хвойных молодняков пологом мягколиственных пород. Конечно, получаемые величины сами по себе относительные, т.к. на практике время прихода с уходом определяется по состоянию молодняков в каждом отдельном лесном участке, тем не менее, приводимая оценка дает достаточное представление о крайнем недостатке масштаба мер ухода за молодняками, что и обуславливает происходящий процесс нежелательной смены пород.

При этом значение имеет и качество проводимых лесовосстановительных мероприятий и способов ухода за молодняками. Эта немаловажная сторона дела зависит от того, как организованы эти работы и кем они выполняются. Согласно последнему кодексу, обязанности по ведению лесного хозяйства возложены на арендаторов, притом *за их счет*. За последнее десятилетие на долю арендаторов приходится в среднем примерно 2/3 объема заготовки древесины. Конечно, их всех уравнивать нельзя. Есть среди них и такие, которые стараются руководствоваться предписываемыми правилами рубок и лесовосстановления. Но при низкой рентабельности большинства их и значительной доле убыточных трудно рассчитывать на образцовое ведение арендаторами лесного хозяйства. Многие из них передоверяют эти работы временным подрядчикам. А в ряде случаев передают по договорам эти работы тем лесхозам, которые еще сохранили свои кадры и технику. И с тем, и с другим случаем мы имели возможность познакомиться на практике, например детально, в Вологодской области, где управление лесами на общем фоне оценивается как наиболее благополучное.

Однако при неоднократном обсуждении организации лесного хозяйства всеми участниками лесных отношений выражается общая неудовлетворенность постановкой и организацией лесных дел в стране и необходимость кардинальных изменений в направлении совершенствования управления лесами, лесного планирования на

всех уровнях, экономического механизма взаимоотношений между арендаторами и органами управления лесами, создания инфраструктуры, технического и кадрового обеспечения.

Этим проблемам было посвящено прошедшее 21–22 марта 2011 г. в Санкт-Петербурге «Всероссийское совещание по вопросам реализации полномочий в области лесных отношений», в котором приняли участие руководители федеральных органов и субъектов РФ с участием первого заместителя Председателя Правительства РФ В.А. Зубкова, а также состоявшийся 20 апреля в Москве съезд Союза лесопромышленников и лесозэкспортеров России. На этих форумах подготовлены предложения по интенсификации лесного хозяйства и лесопользования, обеспечению инфраструктуры, включая лесные дороги, таможенно-тарифному регулированию, целесообразности дополнительного стимулирования приоритетных инвестиционных проектов. Все эти предложения планируется рассмотреть на заседании Совета по развитию лесного комплекса при Правительстве РФ во втором полугодии 2011 г. Можно полагать, что постановка и обсуждение перечисленных выше вопросов на указанном уровне усилит внимание к лесному хозяйству и будет содействовать его упорядочению.

Библиографический список

1. Моисеев, Н.Н. Пришло время для серьезного разговора / Н.Н. Моисеев // Аналитический ежегодник «Россия в окружающем: 2000». – М.: МНЭПУ, 2000. – С. 15–17.
2. Моисеев, Н.А. Лесное хозяйство России за 100 лет / Н.А. Моисеев // Аналитический ежегодник «Россия в окружающем мире: 2001». – М.: МНЭПУ, 2001. – С. 80–99.
3. Моисеев, Н.А. Лесной сектор экономики России за 30 лет/ Н.Н. Моисеев // Аналитический ежегодник «Россия в окружающем мире: 2007». – М.: МНЭПУ, 2007. – С. 53–70.
4. Основы лесного законодательства Российской Федерации. – М.: Экос-информ, 1993. – 63 с.
5. Лесной кодекс Российской Федерации (принят Госдумой 22.01.1997 г.). – М.: ВНИИЦлесресурс. – 65 с.
6. Лесной кодекс Российской Федерации от 4.12.2006 г. № 200-ФЗ. – М.: ЗАО «ИНЭКО», 2006. – 48 с.

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ГИБКИХ ИНФОРМАЦИОННО-МОДЕЛИРУЮЩИХ СИСТЕМ К АНАЛИЗУ ДИНАМИКИ ЛЕСНЫХ И УРБОЭКОСИСТЕМ В УСЛОВИЯХ АНТРОПОГЕННОГО СЦЕНАРИЯ ВОЗДЕЙСТВИЯ

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

В.Ф. КРАПИВИН, *проф. каф. ИИС и ТП МГУЛ, д-р физ-мат. наук,*

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

А.М. ШУТКО, *проф. Фрязинского филиала Института радиотехники и электроники
им. В.А. Котельникова РАН, д-р техн. наук,*

В.Ю. СОЛДАТОВ, *асп. каф. ИИС и ТП МГУЛ*

burkov@mgul.ac.ru

В настоящее время в различных организациях мира, занимающихся исследованием и контролем окружающей среды, накоплено огромное количество экспериментальных данных, научную ценность которых трудно переоценить. Однако воспользоваться этими данными широкому кругу специалистов научного и прикладного профилей крайне затруднительно, а часто и невозможно. Эта информация первоначально, как правило, предназначалась только для основного потребителя, который определял форматы ее записи, уровень каталогизации, форму хранения и порядок распределения без учета других возможных пользователей. Особенно это касается дорогостоящей глобальной космической информации. Поэтому исследование требований потенциальных потребителей спутниковой информации и разработка структуры интегральной базы данных в интересах международных и национальных научных программ является актуальной задачей, решение которой позволит создать новую технологию использования уже накопленной и вновь получаемой информации об окружающей среде.

В связи с этим многими исследователями ставится задача создания надежных и эффективных систем контроля состояния окружающей среды в региональном масштабе. Эта задача включает разработку технических средств сбора, хранения и передачи данных о состоянии природной среды, а также развитие методов обработки этих данных. С практической точки зрения важен синтез комплексной системы сбора информации об окружающей среде, объединяющей дистанционные и контактные измерения. Такие системы называют гибкими

информационно-моделирующими системами (ГИМС), и они предназначены для систематического наблюдения и оценки состояния окружающей природной среды, ее изменений под влиянием хозяйственной деятельности [1].

Одним из важных аспектов функционирования этих систем является возможность прогнозирования состояния окружающей среды и предупреждения о нежелательных изменениях ее характеристик. Реализация этой функции мониторинга возможна при использовании методов математического моделирования, обеспечивающих имитацию функционирования природных комплексов.

Изучение земных ландшафтов, состояния растительных покровов, акваторий и атмосферы стало наиболее эффективным с применением летательных аппаратов, оснащенных приборами дистанционного зондирования, способных осуществлять измерения отраженных сигналов и регистрировать собственное излучение. Возникающие здесь задачи относятся к бурно развивающейся области природного мониторинга. Определенный опыт в решении научных и практических задач мониторинга накоплен в ряде стран, обладающих техническим потенциалом организации систем наблюдения за окружающей средой.

В настоящее время широкое развитие в мире получают многоканальные мобильные мониторинговые системы. Такие системы позволяют получать оперативную информацию о состоянии природной среды как в региональном, так и в глобальном масштабе. Информация накапливается в имеющихся базах данных и используется на коммерческой

основе, в частности, производителями сельскохозяйственной продукции. Большое развитие получило дистанционное зондирование в оптическом диапазоне волн и в СВЧ диапазоне. Характерной особенностью проводимых в этих направлениях работ является организация сбора данных и их первичной обработки без возможности совмещения с моделями изучаемых систем. С определенным опережением развиваются банки геофизических данных с большой пространственной детальностью для региональных систем. Однако исследования по их совмещению с моделями идут медленно и с большим отставанием из-за отсутствия соответствующей технологии. В рамках данной работы описывается типовой цельный комплекс аппаратных, алгоритмических, модельных и программных средств сбора и обработки данных с функциями прогноза и принятия решений.

Накопленный в последние годы опыт измерения СВЧ радиометрических характеристик континентальных покровов дает возможность получения оценок влажности почв, поиска грунтовых вод, определения структуры континентальных ледников и мерзлых грунтов, получения оценок состояния почвенно-растительных формаций и геологических сведений, а также данных о термальных процессах естественного и искусственного происхождения. Оптические и СВЧ радиофизические измерения позволяют оценить радиационный баланс, альбедо земной поверхности, составляющие стока воды, концентрацию аэрозолей, углекислого газа, озона, метана и многих малых газовых примесей в атмосфере. Другими словами, дистанционные оперативные измерения дают широкий спектр прикладных параметрических оценок с достаточным разрешением и точностью, чтобы стала возможной комплексная автоматизированная оценка природной системы с указанием значимых характеристик и прогнозом их трендов на заданное время, а в особых критических случаях оценивать риски возможных последствий.

Базовые функции ГИМС

ГИМС является информационной системой экспертного уровня, обеспечиваю-

щей сбор, анализ и интерпретацию данных о различных объектах, явлениях и процессах в окружающей среде как ограниченной территории, так и в глобальных масштабах. Источниками данных для системы служат наземные стационарные и подвижные средства наблюдения за окружающей средой, а также спутниковая информация. Поступающие в систему данные анализируются в соответствии с критериями оценки их достоверности и представительности. Пользователь информируется об этих оценках и может получить от системы рекомендации относительно процедуры управления системами наблюдения.

ГИМС обеспечивает оперативный комплексный синтез обновляемой базы данных о физических, химических, биологических, демографических и социально-экономических процессах на контролируемой территории и на ее основе осуществляет сервисное обслуживание через пользовательский интерфейс, обеспечивая решение следующего спектра задач:

1. Оценка уровня загрязнения атмосферного воздуха с выделением опасных зон и прогнозом их динамики на данной территории.
2. Оценка общей эпидемиологической обстановки, выявление и предупреждение о возможных негативных трендах.
3. Расчет зависимостей между экологическими и социально-экономическими процессами на контролируемой территории с учетом ее взаимодействия с другими территориями.
4. Контроль качества водных ресурсов региона и информационное обеспечение пространственного распределения потоков сточных вод с идентификацией их источников.
5. Слежение в режиме реального времени за уровнем воды в речных системах и прогнозирование катастрофических изменений в водном балансе региона.
6. Типизация почвенно-растительных покровов и антропогенных ландшафтов с определением их роли в формировании пространственной структуры окружающей среды на территории региона.

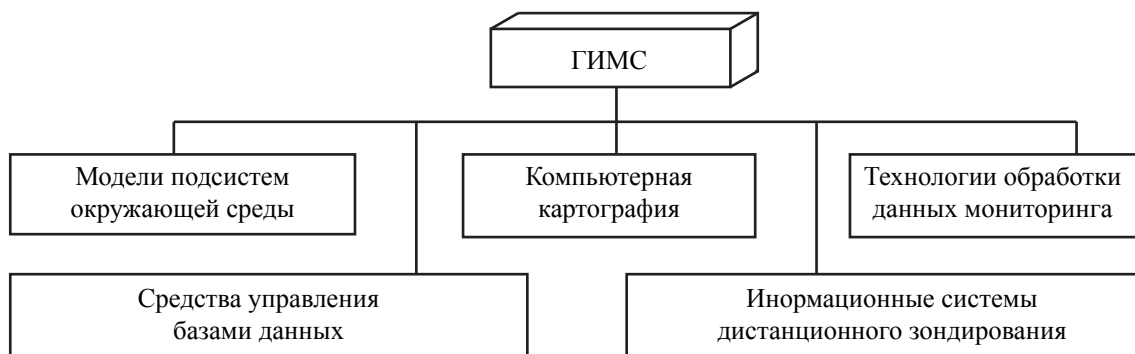


Рис. 1. Научно-технические элементы ГИМС-технологии

7. Прогнозирование последствий для окружающей среды контролируемой территории реализации антропогенного проекта или изменений окружающей среды за ее пределами, в том числе при изменении климатических параметров.

8. Оценка динамических индикаторов биологической сложности региональной системы «Природа–Общество» как функций взаимодействия физических, химических, биологических и социальных процессов и факторов.

9. Пространственно-временная реконструкция образа исследуемого объекта окружающей среды за счет применения алгоритмов интерполяции данных между измерениями, прогноз его динамики и вероятностная оценка прогноза.

ГИМС создается по формуле «ГИС+ Модель» на основе имеющейся информации о параметрах, процессах и элементах окружающей среды региона. В режиме эксплуатации происходит непрерывное обучение системы осуществлять свои функции за счет критериальных оценок ее эффективности. ГИМС оснащается типовыми моделями функционирования подсистем окружающей среды, такими как модели биогеохимических циклов углерода, азота, фосфора, тяжелых металлов, углеводородов нефти и других веществ, модели динамики почвенно-растительных формаций с детализацией типов почв и растительности.

Опыт применения ГИМС-технологии в решении многих прикладных задач на территории России, Украины, Молдавии, Вьетнама, США, Болгарии, Средней Азии и других

территорий показал, что могут достигаться высокие точности прогноза на 1–3 месяца: по влажности почвы – 75–80 %, по грунтовым водам – 80–85 %, по урожаю – 70–80 %.

Специфика ГИМС-технологии

Область географических информационных систем (ГИС) является наиболее развитой частью природного мониторинга. Во многих странах ГИС-технология пользуется большим успехом и приносит ощутимый экономический эффект. ГИС лежит на стыке компьютерной картографии с базами данных и дистанционным зондированием. Элементами ГИС являются компьютерная сеть, база данных, сеть передачи данных и система отображения реальной ситуации на дисплее компьютера. Многочисленные примеры ГИС позволяют утверждать, что ГИС-технология обеспечивает удобное для массового пользователя средство контроля за состоянием объекта мониторинга и служит эффективным механизмом объединения многофакторной информации об объекте. Однако ГИС-технология имеет серьезные ограничения, когда речь идет о сложных задачах природного мониторинга, требующих создания динамичного образа среды в условиях отрывочных данных по пространству и во времени. Основным недостатком ГИС-технологии состоит в том, что она не ориентирована на многоплановый прогноз состояния объекта мониторинга.

ГИМС-технология устраняет ряд недостатков ГИС-технологии и дает возможность синтеза систем мониторинга с функциями прогноза. Обобщенно основная концепция ГИМС-технологии представлена на рис. 1.

Ее ключевым звеном является дистанционное определение максимально возможного числа параметров модели изучаемой природной системы. Именно такое сочетание эмпирической и теоретической частей ГИМС-технологии позволяет оперативно оценивать текущие и прогнозные изменения окружающей среды в заданных пространственно-временных масштабах.

Основные принципы ГИМС-технологии.

- Объединение, интеграция и координация уже существующих государственных, ведомственных и отраслевых систем сбора первичной информации об окружающей среде на единой организационной и научно-методической основе.

- Оптимизация материальных и финансовых затрат на создание, функционирование и совершенствование системы контроля окружающей среды.

- Согласование и совместимость информационных потоков в системе на основе применения единой координатно-временной системы, использования единой системы классификации, кодирования, форматов и структуры данных.

- Централизация доступа к информации через международные информационные сети с максимальным расширением списка пользователей.

- Обеспечение межнационального характера глобального геоинформационного мониторинга, не зависящего от несовпадения государственных границ с границами экосистем.

Состояние природных объектов характеризуется большим разнообразием параметров. Среди них такие, как тип почвы и растительности, водный режим территории, солевой состав почвогрунтов, уровень залегания грунтовых вод и многие другие. В принципе, требуемая информация об указанных параметрах может быть получена с различной степенью достоверности и производительности из данных наземных наблюдений, дистанционных измерений и из банков данных географических информационных систем, где содержится априорная информация, накопленная в прошлые годы. Проблема, воз-

никающая перед ответственным за принятие соответствующего решения, заключается в получении ответов на следующие вопросы:

1. Какие приборы целесообразно использовать для проведения наземных и дистанционных измерений?

2. Какие финансовые средства выделить для проведения наземных и дистанционных измерений?

3. Как сбалансировать количество наземных измерений и объем дистанционных данных с учетом их информационного содержания и стоимости?

4. Какие математические модели пространственно-временных изменений параметров природных объектов целесообразно использовать для интерполяции и экстраполяции данных контактных и дистанционных наблюдений с целью уменьшения объема (количества) последних и соответственно уменьшения стоимости работы в целом, а также для получения прогноза функционирования наблюдаемого объекта?

ГИМС-технология позволяет ответить на поставленные вопросы, рассматривая любую подсистему окружающей среды как элемент природы, взаимодействующий через биосферные, климатические и социально-экономические связи с глобальной системой «Природа–Общество». Для конкретного объекта мониторинга создается модель, описывающая это взаимодействие и функционирование различных уровней пространственно-временной иерархии всей совокупности процессов в окружающей среде, влияющих по предварительным оценкам на состояние объекта. Модель охватывает характерные для данной территории процессы природного и антропогенного характера и в начале разработки опирается на существующую информационную основу. Структура модели ориентируется на адаптивный режим ее использования согласно схеме на рис. 2.

В результате соединения системы сбора информации об окружающей среде, модели функционирования геоэкосистемы данной территории, системы компьютерного картографирования и средств искусственного интеллекта синтезируется единая ГИМС территории, обес-

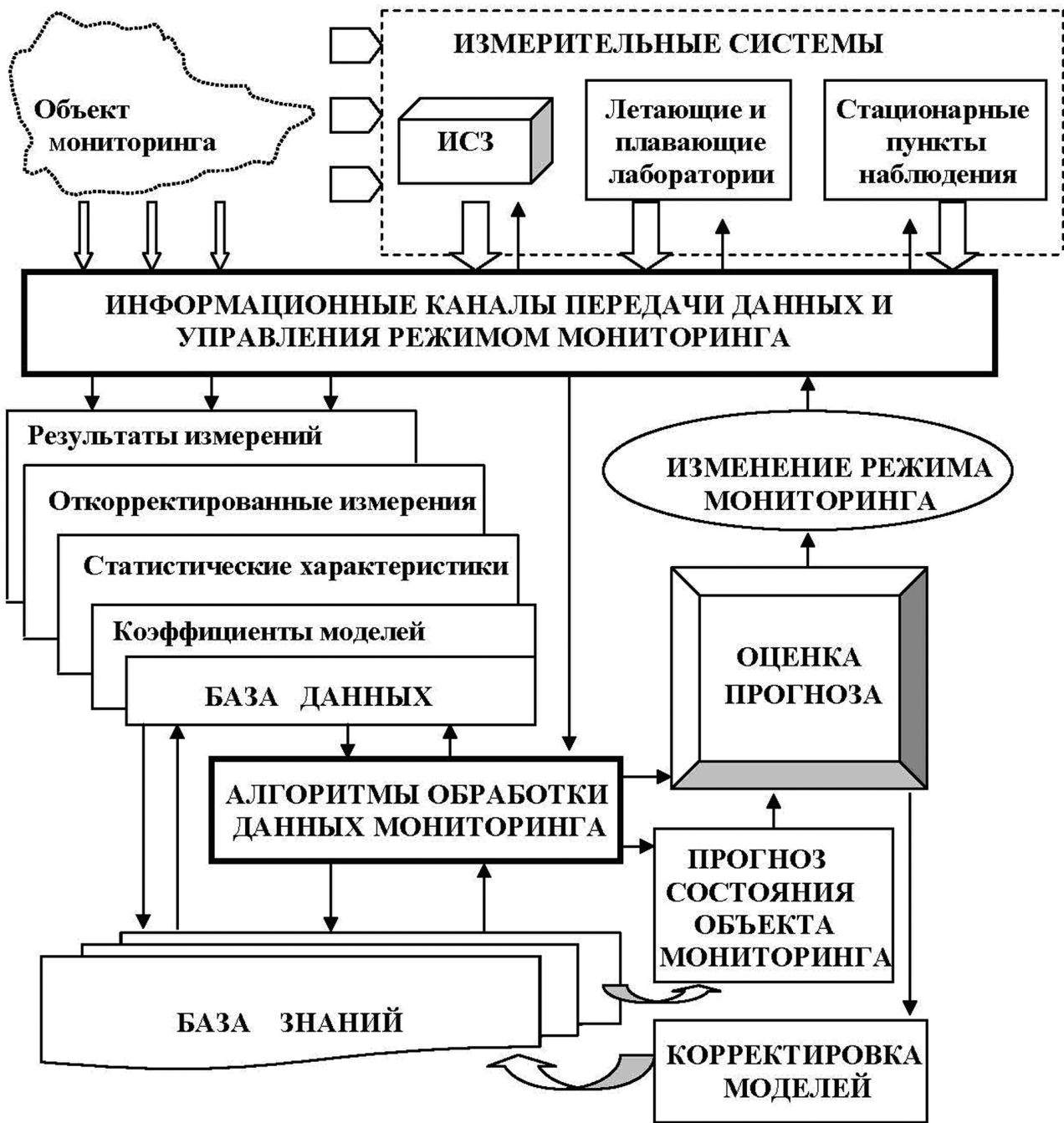


Рис. 2. Принципиальная схема функционирования ГИМС в режиме адаптивного корректирования параметрического пространства модели геоэкосистемы и измерительной стратегии

печивающая прогнозные оценки последствий реализации техногенных проектов и другие оценки функционирования геоэкосистемы.

Мобильные измерительные системы ГИМС

ГИМС-технология была реализована в виде проблемно-ориентированных мобильных мониторинговых систем, оснащенных радиометрами микроволнового диапазона и

ориентированных на измерение характеристик гидрофизических систем и, в частности, содержания влаги в почве [5].

Приведенные в данной работе сведения обобщают многолетний опыт тестирования и эксплуатации ГИМС-технологии за период 1990–2009 гг. [5].

На территории Болгарии в 2007 г. был реализован международный проект «Развитие в Болгарии геоинформационной мони-



Рис. 3. Функциональная схема ГИМС Болгарии

торинговой системы», в результате которого создана многоспектральная информационно-моделирующая система, позволяющая по данным дистанционных и наземных измерений оценивать следующие характеристики:

- вертикальные профили содержания влаги в почве;
- глубина залегания грунтовых вод до 5 м в сухой сезон;
- биомасса растительности над водной поверхностью или над сильно увлажненной почвой;

- контуры утечек воды через плотины, дамбы и другие подобные конструкции;
- контуры зон наводнения;
- контуры и характеристики элементов лесного пожара;
- оценка риска возникновения чрезвычайной ситуации в гидрофизической системе.

Тестирование ГИМС Болгарии было осуществлено совместно с голландской компанией «Miramar» на основе использования многофункциональной летающей лабора-

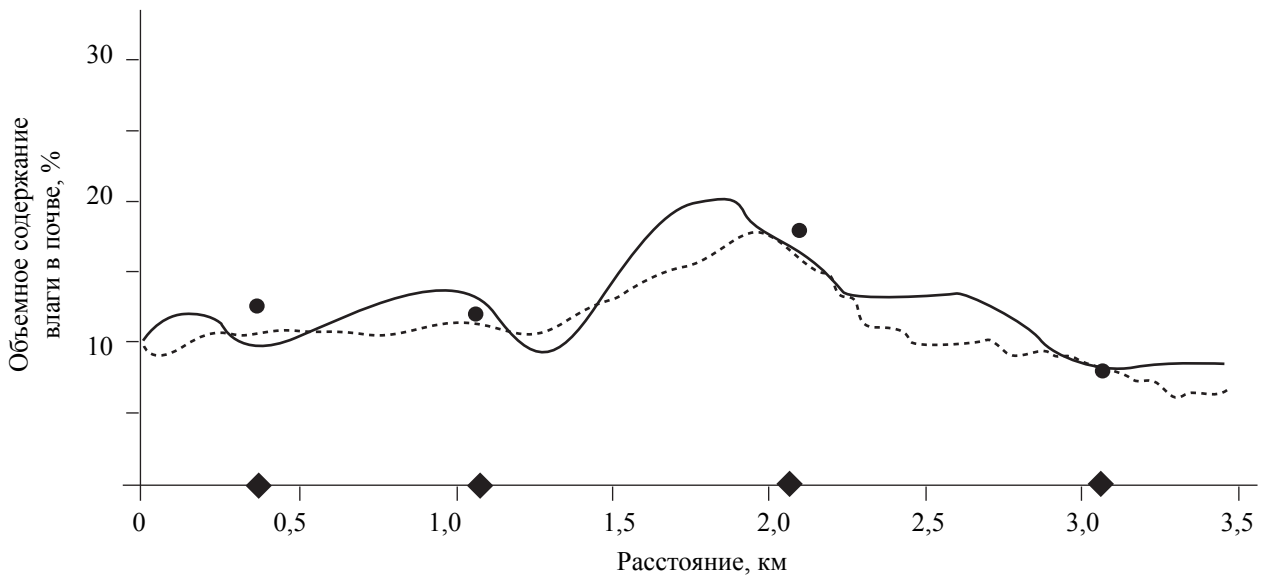


Рис. 4. Сравнительный анализ результатов реконструкции влажности почвы с помощью ГИМС (сплошная кривая), по данным микроволнового мониторинга (пунктирная кривая) и результатов наземных измерений (расположение мест замеров помечено знаком \blacklozenge) по фрагменту трассы полета самолета-лаборатории фирмы «Miramar» 2 августа 2007 г. вблизи села Николово (Болгария) (через сутки после проливного дождя) [2]

Т а б л и ц а 1

Параметры радиометров на борту летающей лаборатории «Miramar» [5]

Параметр	Спектральный диапазон		
	X	C	L
Частота, ГГц	15,2	5,5	1,4
Длина волны, см	2,0	5,5	21,0
Угол наблюдения	30°	30°	15°
Ширина диаграммы	3,5°	5,0°	25°
Поляризация	H	H	H
Чувствительность, К/с	0,15	0,2	1,0
Абсолютная точность, К	±5	±5	±5

тории «Twin-Commander», оснащенной радиометрами микроволнового диапазона и радиометрической системой «Радиус» производства НПО «Вега» [5]. Принципиальная схема функционирования ГИМС Болгарии представлена на рис. 3. Пример результата ее работы дан на рис. 4.

Летающая лаборатория «Miramar» имеет на борту три радиометра диапазонов X, C и L с характеристиками, указанными в табл. 1. Функциональные параметры лаборатории указаны в табл. 2.

В рамках международного проекта «The Alabama Mesonet Soil Moisture Field

Experiment» с участием ИРЭ им. В.А. Котельникова РАН, Национального Центра НАСА США по гидрологии, почвенной климатологии и дистанционному зондированию и Университета Алабамы США по сельскому хозяйству и механике в 2002–2005 гг. были созданы две мобильные радиометрические платформы, базирующиеся на беспилотном вертолете MACS (Microwave Autonomous Copter System) и наземной управляемой платформе типа «Rover» (рис. 5). Каждая из этих платформ оборудована системой GPS. Характеристики этих платформ приведены в табл. 3 и 4.

Особенности применения ГИМС в условиях урбанизации

Создание системы оперативного мониторинга зоны, подверженной нарастающему воздействию антропогенных процессов, требует расширения функциональных возможностей ГИМС за счет включения блоков, реализующих процедуры оценки риска и обеспечивающих согласование демографической динамики и сценариев развития территории. Особый интерес приобретает проблема организации мониторинга мегаполисов, где наблюдается локализованная

Т а б л и ц а 2

Спецификация результатов измерений с борта самолета лаборатории «Miramar»

Параметр	Рабочий диапазон	Максимальная абсолютная погрешность
Влажность почвы, г/см ³	0,02–0,5	0,07
Глубина зондирования, м	0,05–5,0	0,3–0,6
Биомасса растительного покрова, кг/м ²	0–3	0,2
Содержание химического элемента в воде, %	0,001–0,3	0,001–0,005

Т а б л и ц а 3

Характеристики микроволновой платформы MACS [5]

Параметр	Значение параметра
<i>Физические характеристики:</i>	
– длина	3,58 м
– вес	22,68 кг
– размер лопасти	1,03 м
– двигатель	120 см ³
– дальность полета	161 км
– грузоподъемность	20,41 кг
<i>Пакет пассивных сенсоров:</i>	
– длина волны	3, 6, 21 см
– чувствительность	0,3–0,5К
– ширина диаграммы направленности 3 дБ	30°
– рабочее напряжение	27 вольт
– потребляемая мощность	15 ватт
– вес	2–6 кг
<i>Другие параметры:</i>	
– частоты	1.4 or/and 5 GHz
– поляризация	H или V
– антенны	Flat panels w/30° 3–dB
– диапазон углов зондирования	0–30°
– чувствительность	0,5К
– время полета	2 часа

Т а б л и ц а 4

Характеристики микроволновой платформы «Rover» [5]

Параметр	Значения параметра
Частоты	1,41; 1,67 и 5 ГГц
Поляризация	H или V
Антенны	
– щелевая антенная решетка	19,7"×19,7"; 16,3"×16,3"
– антенная решетка из симметричных вибраторов	7,9"×6,5"
Угол зондирования	0–30° от вертикали
Чувствительность	0,5К
Ширина диаграммы направленности	(3–дБ); 30°
Вес	12 кг
Потребляемая мощность	30 ватт

антропогенная нагрузка, проявляющаяся в сконцентрированности различных атрибутов человеческой активности и особенно в повышенной нагрузке на локальные природные образования [3].

Анализ данных о структуре окружающей среды мегаполисов мира позволяет заключить, что для ее комплексной оценки возможно создание типовой системы моделей, описывающих перенос и распространение

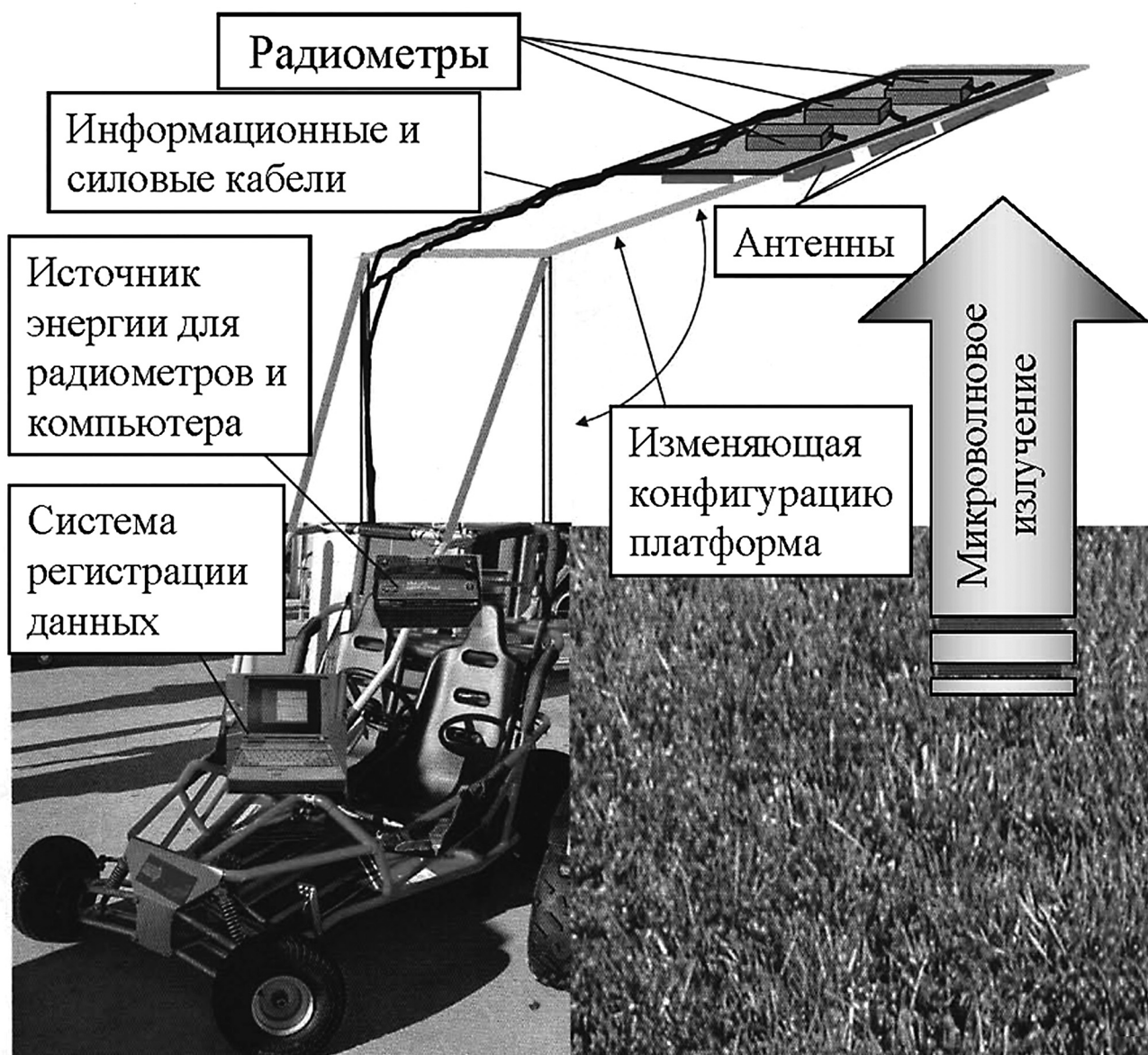


Рис. 5. Общий вид микроволновой системы «Rover» для изучения влажности почвы [5]

загрязнителей в атмосфере и водной среде. При этом в эти модели входная информация может поступать как от систем мониторинга, так и от глобальной модели. Важным показателем состояния мегаполиса является плотность застройки его территории. Для формирования базы данных о плотности городской застройки применяются лидарные измерения и ГИС-технологии, которые позволяют создавать карты застроек с указанием размеров и высоты зданий, что важно для оперативного принятия решений. Совмещение этих измерений с картированием состояния зданий по методике, развитой Yano и др. [6], при чрезвычайном происшествии дает возможность

службам спасения оперативно распределить усилия по предотвращению больших жертв и снижению экономического ущерба.

Характерные линейные размеры мегаполиса составляют десятки километров. А это значит, что для моделирования процессов атмосферного переноса загрязнителей вполне допустимо применение модели гауссовского типа. Выбор расчетной схемы для оценки качества атмосферного воздуха в мегаполисе вполне может ограничиваться построением композиции гауссовских струй и суммированием в точках их пересечения концентраций соответствующих типов загрязнителей.

Система геоинформационного мониторинга в мегаполисе, основываясь на данных измерений параметров окружающей среды и опираясь на набор математических моделей, выявляет, анализирует и оценивает наиболее уязвимые стороны инфраструктуры мегаполиса. В результате происходит взаимодействие внешней оболочки глобальной модели с детальностью описания окружающей среды по шкале пространственного разрешения и модели мегаполиса. Многообразие возникающих при этом схем согласования глобальной модели и модели мегаполиса определяется как его спецификой, так и формальными системными обстоятельствами. Их изучение и развитие является предметом будущих исследований по реализации конструктивных идей, изложенных в [3, 4].

ГИМС-технология, расширяя функции ГИС-технологии, безусловно, ставит множество теоретических и прикладных задач, от решения которых зависит уровень использования и дальнейшего развития современных баз данных и знаний о природных, природно-антропогенных и антропогенных системах окружающей среды. В частности, практическое использование ГИМС-технологии как средства оперативного совмещения накопленных знаний с целями населения данного региона или всей планеты требует новых подходов к синтезу систем наблюдения за окружающей средой. При этом ГИМС-технология обеспечивает динамически сбалансированное планирование и использование информационных и инструментальных средств.

Реализация систем мониторинга на основе ГИМС-технологии на региональном уровне по типу описанных здесь позволяет снизить риски трагических событий, вызываемых, например, обильными осадками или лесными пожарами, и дает возможность осуществлять мероприятия по их раннему предупреждению и максимально возможному предотвращению их последствий.

Создание ГИМС для мониторинга конкретной территории с расположенной на ней геоэкосистемой позволит решать ряд важных социально-экологических и хозяйственных задач.

- Повышение достоверности и оперативности оценок состояния геоэкосистемы в целом и отдельных ее подсистем с получением рекомендаций по принятию решений об использовании доступных в регионе технологий по предотвращению чрезвычайных ситуаций и снижению от них ущерба.

- Снижение стоимости системы мониторинга геоэкосистемы за счет оптимизации ее методического и технического оснащения при сохранении ее эффективности и информативности.

- Раннее обнаружение ситуаций возникновения чрезвычайных ситуаций с возможностью предотвращения бедствий за счет принятия упреждающих решений.

- Получение оценок возможных последствий различных антропогенных проектов до их реализации.

- Расширение туристско-рекреационных зон с развитием лечебно-оздоровительных курортов и использованием природных лечебных ресурсов без ущерба для геоэкосистемы.

Библиографический список

1. Крапивин, В.Ф. Проблемы создания геоэкологической информационно-моделирующей системы Азовского моря / В.Ф. Крапивин, А.М. Шутко, В.Ю. Солдатов, Е.П. Новичихин и др. В кн.: Экономико-экологические проблемы Азовского моря. – Одесса: Фенікс, 2009. – С. 327–343.
2. Солдатов, В.Ю. Многофункциональная информационно-моделирующая система для гидрофизического эксперимента / В.Ю. Солдатов: дисс. ... канд. ф.-м. наук. – М.: ИРЭ РАН, 2011. – 150 с.
3. Кондратьев, К.Я. Глобализация и устойчивое развитие / К.Я. Кондратьев, В.Ф. Крапивин, Х. Лакаса, В.П. Савиных. – С.-Пб.: Наука, 2006. – 241 с.
4. Бурков, В.Д. Экоинформатика: алгоритмы, методы и технологии / В.Д. Бурков, В.Ф. Крапивин. – М.: МГУЛ, 2009. – 430 с.
5. Shutko A.M.; Krapivin V.F.; Haarbrink R.B.; Sidorov I.A.; Novichikhin E.P.; Archer F.; and Krisilov A.D. Practical microwave radiometric risk assessment. Sofia, Bulgaria: Academic Publishing House. 2010. 88 pp.
6. Yano Y. And Yamazaki F. Building damage detection of the 2003 Bam, Iran earthquake using quickbird images. // Proc. of 25th ACRS, 22-26 Nov. 2004, Chiang Mai (Thailand), pp. 618–623.

ДИАГНОСТИКА СИСТЕМЫ «ОКЕАН–АТМОСФЕРА» С ПОМОЩЬЮ ПЕРКОЛЯЦИОННОЙ МОДЕЛИ

В.Д. БУРКОВ, проф. каф. ИИС и ТП МГУЛ, д-р техн. наук,
В.Ф. КРАПИВИН, проф. каф. ИИС и ТП МГУЛ, д-р физ.-мат. наук

burkov@mgul.ac.ru

Изучение состояния системы «океан–атмосфера» (СОА) важно для понимания глобальных изменений климата и оценки последствий антропогенного воздействия на эти изменения. Среди общих проблем, связанных с изменениями климата, выделяется широкий круг задач инвентаризации чрезвычайных ситуаций в окружающей среде и их предсказание. Наиболее важными и менее всего прогнозируемыми среди них являются тропические ураганы, интенсивность и частота которых в последние десятилетия возрастают, принося значительные экономические потери и человеческие жертвы [1]. Ураганы формируются, главным образом, над океанами в тропиках, регулярно обрушиваясь на восточные и приэкваториальные районы материков. Наиболее часто тропические ураганы возникают в северной и южной частях Тихого океана, в Бенгальском заливе, над Аравийским морем, в южной части Индийского океана, у берегов Мадагаскара, у северо-западного побережья Австралии и в тропическом секторе Атлантического океана. Масштабность ущерба от тропических ураганов определяется многими факторами, среди которых важным является взаимное географическое расположение зон зарождения этих стихийных явлений и доступных для их воздействия участков суши.

Согласно [2], значительные потери от тропических ураганов получают страны Карибского бассейна и штаты юго-восточного побережья США. Поэтому в рамках ряда международных и национальных программ США по изучению климата рассматриваются проблемы обнаружения и прогнозирования тропических ураганов, для чего NOAA (*National Oceanic and Atmospheric Administration*) развивает трехуровневую систему мониторинга СОА, включающую наземные и заякоренные станции наблюдения, самолетные и спутниковые системы дистанционного зондирования

океана. Координация и анализ информационных потоков в этой системе осуществляется сетью из 10 центров наблюдения за тропическими циклонами, размещенными в различных регионах земного шара и управляемых Национальным центром ураганов США (*National Hurricane Center*) [3]. По оценкам многих экспертов, эффективность этих центров невысока, так как достоверность их прогнозов возникновения тропических ураганов не превышает 35 % [4, 5]. Наиболее развитая инфраструктура прогнозирующего сектора этих центров сосредоточена в Тропическом центре прогнозирования (*Tropical Prediction Center*), расположенном в Майами (США). Немалое значение имеют и наблюдения СОА, в частности ураганов, с помощью средств визуально-инструментальных наблюдений, выполняемых экипажами Международной космической станции (МКС) на протяжении всего времени ее полета в пилотируемом режиме. Собранная информация (на российском сегменте МКС – в виде цветных цифровых фотоснимков высокого разрешения) в оперативном режиме передается постановщикам экспериментов для обработки и интерпретации. МКС рассматривается как важная составная часть глобальной системы мониторинга СОА [15].

Основная трудность в получении высоких показателей при прогнозировании тропических ураганов заключается в том, что в СОА определяющими являются нестационарные процессы, применение к анализу которых статистических методов оказывается неэффективным. Имеющиеся климатические модели и модели различных процессов в СОА содержат высокий уровень шума, выделение полезного сигнала в этом случае требует разработки новых нестандартных алгоритмов обработки данных мониторинга, свободных от требований стационарности и ориентированных на параметризацию эволюционных механизмов взаимодей-

Характеристика данных полученных TAO/TRITON&PIRATA

Метеорологический параметр	Обозначение в модели	Характеристика параметра
Температура поверхности океана, °С	x_1	Температура измеряется на глубинах 1,0 м или 1,5 м в зависимости от типа станции. Точность измерений $\pm 0,003^\circ\text{C}$ – $\pm 0,02^\circ\text{C}$
Скорость (м/с) и направление ветра, градусы по часовой стрелке от северного направления	x_2, x_3	Параметры ветра измеряются на высоте 3,5 м. Скорость ветра измеряется с точностью 3 %. Направление ветра определяется с точностью $5^\circ-7,8^\circ$
Осадки, мм/ч	x_4	Осадки регистрируются каждые 10 мин. на высоте 3,5 м с погрешностью $\pm 0,4$ мм в час
Плотность воды, кг/м ³	x_5	Плотность воды оценивается с учетом ее солёности
Глубина изотермы 20°С	x_6	Глубина изотермы рассчитывается по профилю температуры с помощью линейной интерполяции с шагом по глубине 20 м
Температура воды на фиксированных глубинах $\{h_i\}$, °С	$x_7(h_i)$	Температура воды измеряется до глубины 750 м на фиксированных горизонтах. Точность $\pm 0,02^\circ\text{C}$
Относительная влажность атмосферного воздуха, %	x_8	Влажность воздуха измеряется на высоте 2,2 м над уровнем океана с точностью $\pm 2,7$ %
Атмосферное давление, атм.	x_9	Атмосферное давление фиксируется с точностью $\pm 0,01$ % на высоте 3 м над уровнем океана
Температура атмосферы, °С	x_{10}	Температура атмосферы измеряется на высоте 2,2 м над уровнем океана с точностью $\pm 0,2^\circ\text{C}$
Солёность морской воды, ‰	x_{11}	Солёность рассчитывается по данным измерений температуры воды и проводимости. Точность $\pm 0,02$ ‰

твия элементов в COA [6, 7]. В данной работе предлагается применить теорию перколяции для создания алгоритма раннего обнаружения тропического урагана в режиме мониторинга.

Данные мониторинга

Глобальная система наблюдения за климатом (*GCOS – Global Climate Observing System*) и глобальная система наблюдения за океаном (*GOOS – Global Ocean Observing System*) поставляют множество архивной и оперативной информации о различных характеристиках окружающей среды практически по всему земному шару. В области контроля зон зарождения тропических ураганов создана распределенная система наземных и заякоренных метеорологических станций, получившая название *TAO/TRITON&PIRATA* (*Tropical Atmosphere Ocean/TRIangle Trans-Ocean buoy Network & Pilot Research moored Array in the Tropical Atlantic*). Именно данные этой системы являются наиболее точными и информативными, так как поступают от более чем 70 пространственно разнесенных в широкой полосе вдоль экватора пунктов ре-

гистрации метеорологических данных. Таблица дает характеристику этих данных.

В данной работе использованы архивные данные системы *TAO/TRITON&PIRATA* для месяцев года с наличием и отсутствием тропических ураганов. Основная цель обработки этих данных с помощью перколяционной модели состоит в том, чтобы путем сопоставления результатов анализа перколяционных кластеров, сформированных по этим данным, выявить определенные закономерности в динамике их структуры и определить критерий наступления тропического урагана с указанием времени упреждения.

Перколяционная модель

Рассмотрим кубическую решетку $\Xi_d = \{\Xi_{i_1, \dots, i_d}\}$ размерности d со стороной h в фазовом пространстве метеорологических параметров, перечисленных в таблице. Поток данных от системы *TAO/TRITON&PIRATA* не ограничен во времени и характеризуется поступлением данных $\bar{x} = \{x_i; i = 1, \dots, 10\}$ с интервалом в один час. Выберем ограниченный интервал T времени мониторинга, харак-

теризуемый набором последовательных моментов $\{t_j; j = 1, \dots, N\}$ поступления данных о состоянии метеорологической обстановки в заранее выбранном секторе СОА. С течением времени будем закрашивать ячейки Ξ_{i_1, \dots, i_d} , в которые попадает точка $\{x_1^*(t_j), \dots, x_d^*(t_j)\}$, где $x_i^*(t_j)$ – измеренная величина i -го параметра в момент времени $t_j \in T$. Следуя теории перколяции [8–10], будем формировать кластеры, объединяя смежные контактирующие окрашенные ячейки в единую цепочку и оценивая долю крашенных ячеек λ и относительный объем кластерного пространства μ , а также распределение кластеров по размерам.

Структура кластерного пространства зависит от интервала T , выбор которого определяется содержанием конкретной задачи. При непрерывном режиме мониторинга ограниченной акватории океана следует ожидать формирование устойчивой структуры кластерного пространства с выходом параметров λ и μ на асимптотические уровни. При этом характер процесса такого перехода будет отражать изменчивость фазового пространства СОА. Следовательно, рассчитав характеристики кластерного пространства в различных условиях функционирования СОА, можно построить решающее правило для оценки момента наступления фазового перехода в динамике СОА. Другими словами, эмпирическая оценка критических порогов λ^* и μ^* , а также расчет распределения размеров кластеров в момент фазового перехода СОА позволяет определить момент времени, когда в системе возникает нарушение фонового поведения. В рассматриваемом здесь случае приближение характерных параметров СОА к критическим значениям будет соответствовать приближению момента зарождения тропического урагана.

Согласно [10], средний размер кластера S (число закрашенных ячеек) и корреляционная длина ξ (линейный размер кластера) хорошо аппроксимируются зависимостями

$$S(\lambda) \approx |\lambda - \lambda^*|^{-\gamma}, \quad \xi(\lambda) \approx |\lambda - \lambda^*|^{-\nu},$$

где параметры γ и ν зависят от размерности пространства d и в конкретном случае определяются эмпирически. Функции S и ξ при приближении момента зарождения тропического урагана начинают резко возрастать.

Какая из них является более универсальной – определяется компьютерным моделированием различных ситуаций, охватывающих временные интервалы при отсутствии и наличии тропических ураганов. Такие эксперименты частично проведены ниже.

Случайное блуждание на перколяционном кластере

Использование данных системы *TAO/TRITON&PIRATA* в режиме текущего мониторинга с использованием перколяционной модели эквивалентно схеме блуждания точки $\{x_i\}$ по ячейкам Ξ_d . Для наглядности рассмотрим случай $d=2$ (плоскость x_1, x_2). Как видно из рис. 1, случайные блуждания точки $\{x_i\}$ по $\Xi_2(x_1, x_2)$ подчинены направленному воздействию сменяющейся метеорологической обстановки, характеризующейся переходом от фонового уровня к ситуации, когда возник тропический ураган. Реально при наличии на интервале времени T периода действия тропического урагана точка $\{x_1, x_2\}$ осуществляет двойной перколяционный переход по некоторому направлению η между зонами Ξ_2^1 и Ξ_2^3 . Анализ движения точки $\{x_1, x_2\}$ связан с оценкой вероятностных характеристик смещения ее проекции на направление η . Отклонение этой проекции от некоторой начальной точки отсчета A , выбранной, например, так, чтобы ее координата x_2 была максимальной, а координата x_1 минимальной, представляет собой сумму \sum_v случайного числа случайных слагаемых. Согласно [11], распределение нормированных моментов $\tau = \nu E v$ первого вхождения точки A в Ξ_2^2 описывается функцией распределения Вальда

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

где

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

параметр c определяется соотношением $c = (Ev)^2(Dv)^{-1}$, Ev – среднее значение времени блуждания точки A до ее входа в зону Ξ_2^2 , Dv – дисперсия параметра v .

По оценке [12], после большого числа шагов t блуждания точки A при отсутствии

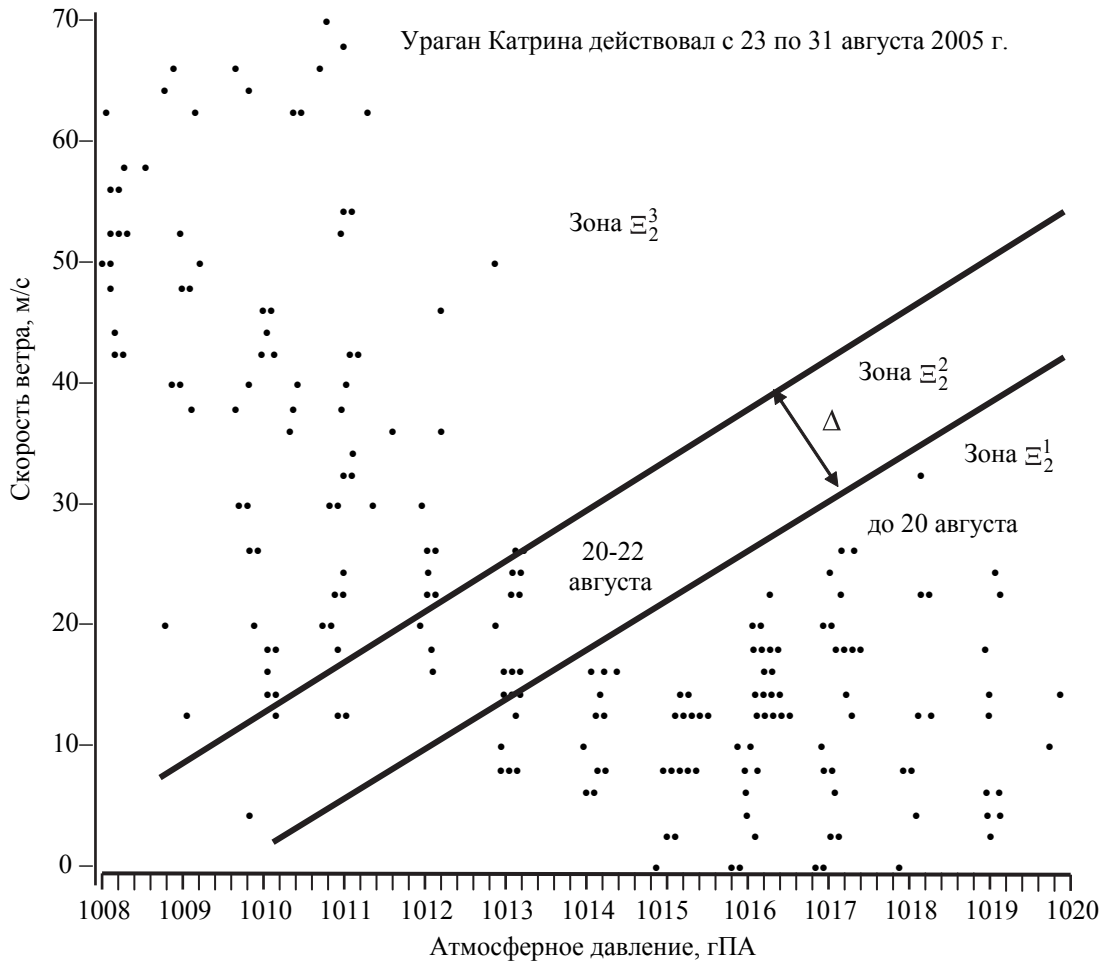


Рис. 1. Фазовый портрет перколяционного перехода метеорологической обстановки до и после возникновения урагана Катрина по данным метеостанции *SPGF1* на Багамских островах, август 2005 г. Ураган был зафиксирован 23 августа и действовал до 31 августа 2005 г. Максимальная скорость ветра достигала $x_2 = 280$ км/ч, минимальное атмосферное давление было на уровне $x_9 = 902$ миллибар (26.6 рт.ст.)

критических переходов среднее число N_t закрашенных квадратов будет равно

$$\langle N_t \rangle = t^{\theta/2},$$

где параметр $\theta \in [1.29-2.84]$ оценивается в каждом конкретном случае по результатам моделирования.

Анализ перколяционной модели

Структура распределения зон плоскости Ξ_2 по метеорологическим событиям имеет характерные образования, разделенные зоной Ξ_2^2 , в которой событие зарождалось, но не было обнаружено. При $(x_9, x_2) \in \Xi_2^1$ метеорологическая обстановка находилась на фоновом уровне до 20 августа 2005 г. Ураган Катрина был впервые обнаружен спутником *Landsat* утром 23 августа 2005 г. над юго-вос-

точным сектором Багамских островов, и ему была присвоена первая категория по пятибалльной шкале *Saffir-Simpson*. Двигаясь по направлению к Мексиканскому заливу, он утром 28 августа достиг пятой категории, и затем его мощность уменьшалась до исчезновения 31 августа. Анализ метеорологических данных показывает, что первые признаки усиления нестабильности окружающей среды начали появляться 20 августа. Следовательно, период между 20 и 22 августа необходимо отнести к зоне неопределенности. Именно в этой зоне необходимо искать оценки характерных индикаторов зарождения тропического урагана. По-видимому, размер Δ и структура зоны Ξ_2^2 зависят от затем реализуемой мощности урагана. Поиск такой зависимости является

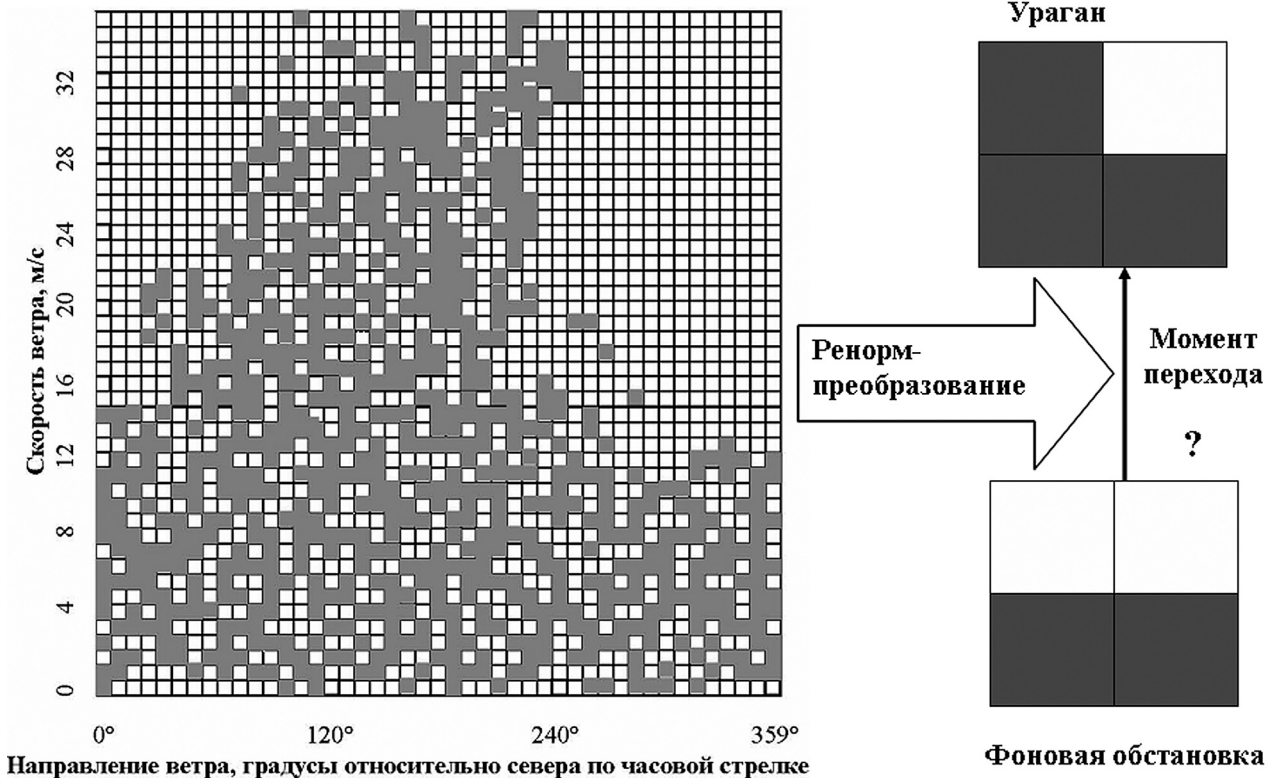


Рис. 2. Схема перколяционного перехода системы «океан–атмосфера» между состояниями отсутствия и присутствия тропического урагана по данным метеорологической станции № smkfl (24°37'36"N, 81°06'36"W). Тропический ураган Катрина был обнаружен 23 августа 2005 г.

одной из задач, решение которой позволит осуществлять прогнозирование мощности урагана.

На рис. 2 представлена сформировавшаяся модель перколяции окружающей среды в регионе Багамских островов в августе 2005 г. Видно, что оба сечения модели перколяции имеют зоны перехода к бесконечному кластеру, но отличаются характеристиками структуры перколяционного кластера. В случае сечения (x_2, x_9) параметры кластерного пространства равны $\lambda^* = 0,2$, $\mu^* = 0,87$ и $S = 7,08$. Для сечения (x_{10}, x_8) эти характеристики оцениваются величинами $\lambda^* = 0,5$, $\mu^* = 0,94$ и $S = 22,5$. Зона фазового перехода в каждом случае определяется геометрическим сужением пути между двумя зонами основного кластера, каждая из которых соответствует одному из состояний окружающей среды. Ясно, что момент формирования этого сужения соответствует моменту зарождения тропического урагана. Расчет вероятности зарождения урагана зависит от динамики структуры кластерного пространства. Если через p обозначить

долю занятых ячеек, то критический уровень вероятности p^* определяется условиями:

- (1) $p < p^*$ – если объединение ячеек приводит к пустому кластеру, то ураган не ожидается;
- (2) $p > p^*$ – если объединение ячеек приводит к заполненному кластеру, то ураган ожидается.

Чтобы формализовать процедуру обнаружения момента перехода между этими условиями, используем идею модели Невзорова [13, 14], чтобы определить уровень неустойчивости окружающей природной среды с помощью интегрального индикатора

$$I_m(t) = \frac{1}{N+s} \sum_{j=m}^{m+N} \sum_{i=1}^s \alpha_i(t_j),$$

где N – длина выборки (временного интервала), по объему которой осуществляется усреднение значений параметров; m – момент начала регистрации выборки; s – количество измеряемых параметров СОА (в рассматриваемом случае $s=11$);

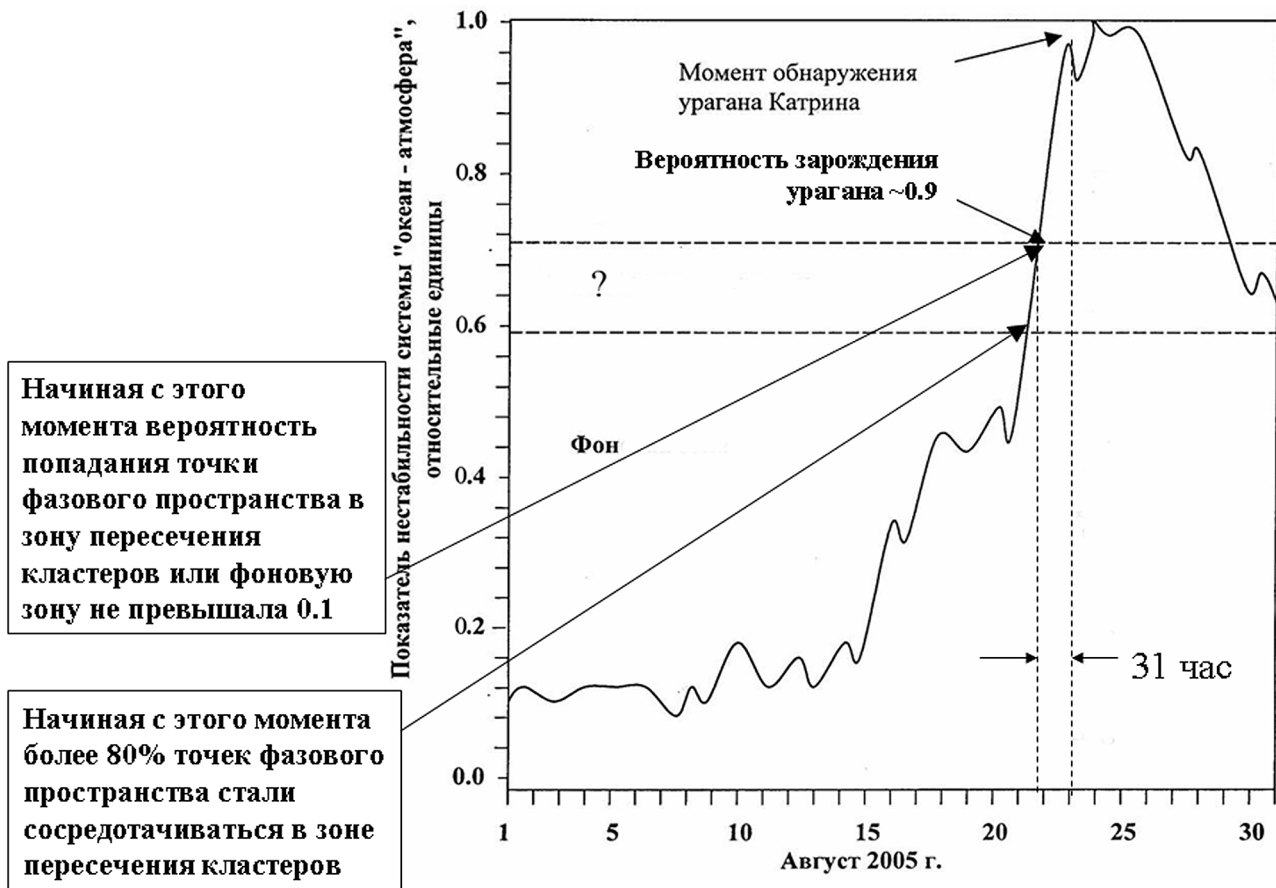


Рис. 3. Динамика индикатора неустойчивости системы «океан–атмосфера» в августе 2005 г. по данным метеорологических станций *FWYF1* (25°35'25"N, 80°05'48"W); *MLRF1* (25°00'36"N, 80°22'48"W) и *SPGF1* (26°42'16"N, 78°59'40"W)

$$\alpha_i(t_j) = \begin{cases} 1 & \text{если } \Delta x_i(t_j) \cdot \Delta x_i(t_{j-1}) \leq 0; \\ 0 & \text{если } \Delta x_i(t_j) \cdot \Delta x_i(t_{j-1}) > 0 \end{cases}$$

где

$$\Delta x_i = \bar{x}_i - x_i; \quad \bar{x}_i(N) = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N x_i(t_j).$$

Индикатор неустойчивости СОА $I_m(t)$ является показателем изменчивости текущего среднего значения вектора $\{x_i\}$. На рис. 3 приведен расчет этого индикатора для урагана Катрина. Видно, что с приближением момента зарождения урагана неустойчивость окружающей среды нарастает, достигая максимального уровня в момент, когда ураган уже регистрируется со спутника. При этом четко выделяются три области значений $I_m(t)$: 1) область фоновых характеристик, когда вариация параметров СОА за ограниченный промежуток времени изменяется в пределах статистически устойчивого диапазона; 2) об-

ласть неопределенности, где вероятность возникновения урагана превышает уровень 0.5, а скорость нарастания неустойчивости начинает нарастать; 3) область действия урагана, где скорость изменения среднего всех параметров $\{x_i\}$ достигает максимальных значений.

Фазовому переходу СОА соответствует участок резкого нарастания производной $I_m(t)$. Следовательно, слежение за метеорологической обстановкой и синхронный расчет индикатора неустойчивости с его сопоставлением со структурой кластерного пространства позволяет обнаружить момент фазового перехода СОА от фонового состояния к возникновению тропического урагана. Для полной формализации этой процедуры необходимо проведение модельных расчетов для набора ситуаций возникновения тропических ураганов различной мощности с построением соответствующей решающей процедуры. В данной работе на одном примере показана

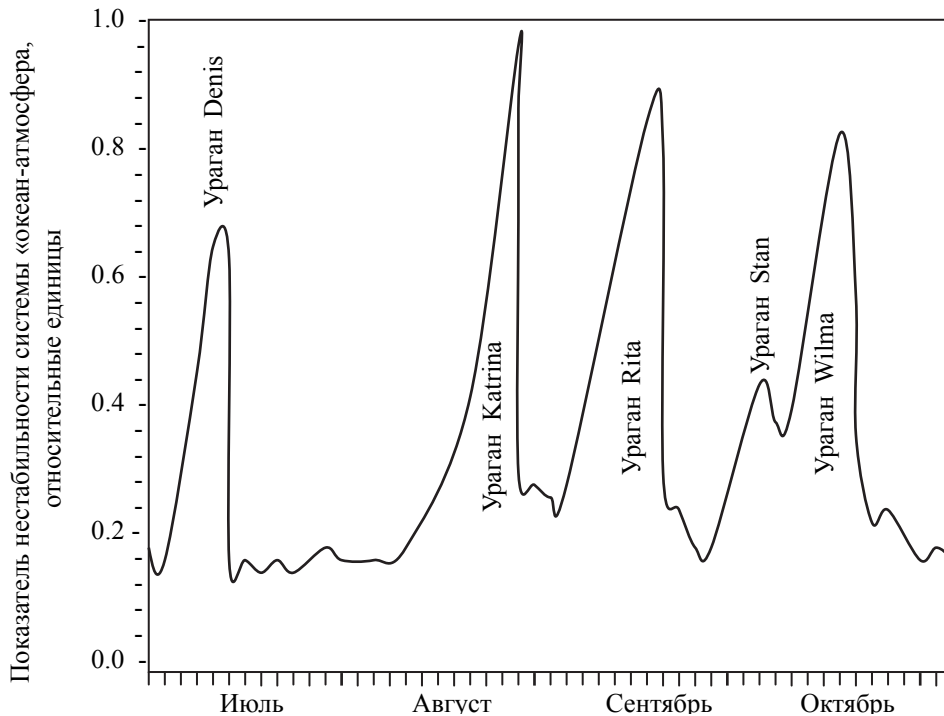


Рис. 4. Динамика индикатора неустойчивости СОА в сезон тропических ураганов 2005 г., рассчитанная по данным метеорологической станции № *smkf1* ($24^{\circ}37'36''N$, $81^{\circ}06'36''W$)

возможность решения этой задачи. Как следует из рис. 3, применение описанной процедуры позволило бы обнаружить момент возникновения урагана Катрина по крайней мере за 31 час до его обнаружения спутниковыми средствами.

Одним из возможных подходов к анализу критических состояний СОА является формирование ренорм-группы. На рис. 2 указана модель перколяции сечения плоскостью (x_2, x_3) фазового пространства СОА по данным метеорологической станции, расположенной на границе зон действия тропических ураганов в Атлантике в 2005 г. В этой конфигурации $\lambda^* = 0,203$ при отсутствии урагана и ренорм-преобразование приводит к пустой ренорм-группе. Наоборот, при прохождении урагана $\lambda^* = 0,377$ и ренорм-преобразование приводит к заполненной ренорм-группе. Отсюда можно сделать вывод о том, что с помощью ренорм-преобразования можно различать два состояния СОА, но нельзя предсказать переход между ними. По-видимому, для решения этой задачи необходимо рассчитывать динамику более тонкой структуры перколяционного кластера. Как видно из рис. 3, достаточно информативным показателем изменчивости

этой структуры является индикатор I_m , динамика которого для состояния СОА в 2005 г. представлена на рис. 4. Видно, что он достаточно точно за 1–2 суток до зарождения тропического урагана резко изменяется.

Заключение

Анализ данных наблюдений за состоянием СОА в тропическом секторе Мирового океана показывает, что разграничение фазовых состояний СОА по оценкам параметров перколяции окружающей среды позволяет выделить зоны с различным уровнем неустойчивости системы. Чтобы достичь более полного соответствия между состоянием СОА и параметрическим пространством модели перколяции, необходимо создать алгоритм формирования ренормированной конфигурации в режиме текущего времени с расчетом критического уровня вероятности p^* ренормализации, на основе которого возможна оценка момента зарождения тропического урагана, а с учетом структуры перколяционного кластера возможен прогноз его мощности. Модельный расчет p^* в режиме реального времени основан на поиске границы перехода ренормированной конфигурации от пустого

кластера к заполненному. Возможно, что дополнительный расчет вероятности заполнения связующей ячейки основного кластера, соответствующей зоне Ξ_2^2 , позволит предсказать мощность тропического урагана.

Таким образом, можно сделать следующие выводы.

1. Применение перколяционной модели позволяет обнаружить момент перехода системы «океан–атмосфера» из одного фазового состояния (фон) в другое (ураган).

2. Введенный индикатор неустойчивости позволил уточнить время зарождения урагана Катрина за 31 час до его обнаружения спутниковыми средствами.

3. Для дальнейшего развития предложенной процедуры раннего обнаружения тропических ураганов необходимо:

а. Применить методы последовательного анализа для расчета вероятности перехода системы «океан–атмосфера» между фазовыми состояниями.

б. Рассчитать весовые коэффициенты для различных характеристик системы «океан–атмосфера» при расчете индикатора ее неустойчивости.

Библиографический список

- Kondratyev K.Ya., Krapivin V.F., and Varotsos C.A. Natural Disasters as Interactive Components of Global Ecodynamics. Springer/Praxis, Chichester, UK, 2006, 579 pp.
- Enz R. Natural catastrophes and man-made disasters 2005. Sigma, 2006, No. 2, pp. 1–40.
- Chaston P.R. Hurricanes. Chaston Scientific, Inc., Kearney, Missouri, USA, 1996, 182 pp.
- Reiss R.-D. and Thomas M. (eds). Statistical Analysis of Extreme Values. Birkhuser, Basel, 2001, 472 pp.
- Reiss R.-D. Statistical Analysis of Extreme Values. Springer-Verlag, New York, 2002, 316 pp.
- Потапов, И.И. Оценка риска в режиме геоинформационного мониторинга / И.И. Потапов, В.Ф. Крапивин, В.Ю. Солдатов // Экологические системы и приборостроение. – 2006. – № 8. – С. 11–17.
- Крапивин, В.Ф. Технология обнаружения и диагностики зон зарождения тропических ураганов средствами радиозондирования и математического моделирования / В.Ф. Крапивин, И.И. Потапов // Проблемы окружающей среды и природных ресурсов. – 2006. – № 12. – С. 3–11.
- Essam J.W. Percolation theory. Reports on Progress in Physics, 1980, Vol. 43, No. 7, pp. 833–912.
- Stauffer D. and Aharony A. Introduction to percolation theory. Plenum Press, New York, 1994, 215 pp.
- Гулд, Х. Компьютерное моделирование в физике / Х. Гулд, Я. Тобочник. – М.: Мир, 1990. – Т. 2. – 400 с.
- Вальд, А. Последовательный анализ / А. Вальд. – М.: Физматлит, 1960. – 328 с.
- Paily G.M., Jolad S., and Neogi S. Two dimensional random walk on percolation clusters. <http://www.personal.psu.edu/users/s/a/saj169/PercolationRW/PercolationRW1.pdf>
- Невzorov, В.Б. Рекорды. Математическая теория / В.Б. Невzorov. – М.: Фазис, 2000. – 256 с.
- Ahsanullah M. And Nevzorov V.B. Joint distribution of order statistics generated by records. Journal of Mathematical Sciences, 1999, vol. 93, no. 3, pp. 265–269.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ФУНКЦИИ ЖЕЛАТЕЛЬНОСТИ ХАРРИНГТОНА ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОЙ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМ В УСЛОВИЯХ УРБАНИЗИРОВАННОЙ ТЕРРИТОРИИ

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

caf-ecology@mgul.ac.ru

На основе обобщения данных многолетнего лесоэкологического мониторинга в городских лесах на территории Москвы разработана система критериев и индикаторов оценки природной ценности лесных экосистем городских особо охраняемых природных территорий. Методические подходы к обоснованию и характеристика ее структуры

приведены в ранее опубликованных работах [1, 2, 3]. В настоящей статье целесообразно лишь в формализованном виде эту систему представить как

$$P = R \cdot I_s \cdot H_{str}, \quad (1)$$

где R – коэффициент природоохранной значимости (учитывает присутствие видов, имеющих природоохранный статус);

I_s – индекс состояния лесного фитоценоза (агрегируется из индекса состояния древостоя (I_d) и коэффициента рекреационной дигрессии (d) – $I_s = d \cdot I_d$);

H_{str} – индекс структурного разнообразия лесного биогеоценоза.

Все три составляющие являются индикаторами состояния биоразнообразия, агрегируемыми в интегральный показатель – индекс природоохранной ценности (P).

Если оценивать значение интегрального индекса природоохранной ценности P , исходя из его абсолютной величины, то работает принцип: чем оно выше, тем большей природоохранной ценностью обладает исследуемый участок леса или лесной массив в целом. Высокое значение этого интегрального индикатора может быть обусловлено как высокими значениями всех его составляющих (что практически реально только в ненарушенных условиях), так и отдельных компонент. Наиболее же значительное повышение значения индекса природоохранной ценности чаще всего связано с высоким значением коэффициента природоохранной значимости, отражающим наличие местообитаний видов, занесенных в «Красную книгу», или принадлежность к редкому лесному сообществу. Это не противоречит современной природоохранной парадигме [4]. Но в общеэкологическом смысле важен и другой аспект: экологическая ценность (т.е. способность к устойчивому выполнению экологических функций) природной территории тем выше, чем меньше отклоняется состояние экосистемы от нормы. Наличие видов, имеющих природоохранный статус, при этом не всегда является определяющим признаком. Сохранение экосистемой лесного облика в целом является куда более экологически значимым фактом, и, особенно – в урбанизированных условиях.

Ранее также было показано, что предлагаемые экологические индикаторы биотической составляющей городской лесной экосистемы можно сочетать с интегральными показателями состояния абиотической среды и интегрировать в общий показатель состояния экосистемы [3, 5]. И тогда мы начинаем иметь дело с многокритериальной системой

индикации состояния городской лесной экосистемы, вследствие чего появляется потребность в агрегировании частных критериев качества в обобщенный показатель и оценке последнего.

Индикация экологического состояния в большинстве случаев требует перевода численных значений индикаторной характеристики в качественные градации шкалы «норма–патология». При этом способы разбиения количественных шкал на классы имеют, как правило, экспертный, т.е. неформализованный характер. При многокритериальной оценке, прежде всего, вызывает затруднение то положение, что экологические параметры, которые необходимо оптимизировать в единый качественный показатель, будучи разными по своей природе, имеют различную размерность. К тому же процедура количественного ранжирования частных критериев в задачах многокритериальной оптимизации объективно сопряжена с субъективизмом, неопределенностью. Предложены различные пути формализации и решения этих проблем [6, 7].

Один из подходов формализации субъективных неопределенностей в многокритериальных задачах был разработан в 1963 г. С.Харрингтоном. Для описания частных критериев и ограничений им было предложено использование функций желательности [14].

В основе метода оптимизации с использованием функций желательности лежит прием мультипликативной свертки векторного критерия [8]. Суммарный отклик рассчитывается как обобщенная функция желательности

$$D = \sqrt[n]{d_1 d_2 \dots d_i} \quad (2),$$

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

Т.е. обобщенная функция желательности задается как среднее геометрическое частных желательностей d_i . Последние представляют собой значения натуральных значений частных откликов, которые преобразованы в безразмерную шкалу желательности (предпочтительности) и принимают значения, непрерывно возрастающие от 0 до 1 при изменении соответствующего параметрам ка-

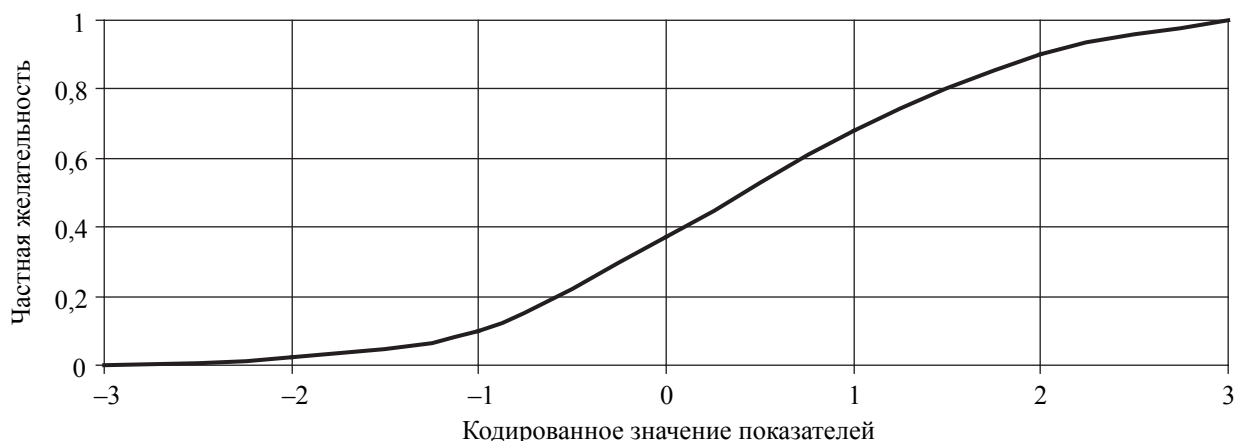


Рисунок. Функция желательности Харрингтона

чества от наименее к наиболее желательным состояниям. Конкретный вид функций желательности задается лицом, принимающим решение (ЛПР), исходя из его субъективных представлений. Путем свертки частных функций желательности строится глобальный критерий качества, максимизация которого составляет оптимум.

Конкретные формы выражения функций желательности могут быть разнообразными: экспертные функции желательности, простые аналитические функции желательности, функции желательности Харрингтона и др. [9]. Наиболее часто используемой является непосредственно **функция желательности Харрингтона** $d = \exp(-\exp\{-y'\})$, где y' — кодированное значение признака. Функция Харрингтона (рисунок) имеет несколько критических точек (ординаты точек перегиба), что позволяет задавать границы градаций желательности не произвольным, а строгим образом (табл. 1).

Таким образом, метод функций желательности представляет собой математический инструментальный перевод реальных значений параметров в единую безразмерную числовую шкалу с фиксированными границами и отображения частных количественных шкал в обобщенные шкалы критериев качества. Именно возможность перехода от реальных значений экологических факторов (параметров) к безразмерным величинам, позволяющая увязывать ряды количественных и качественных показателей, является привлекательной стороной метода функций

Т а б л и ц а 1

Базовые отметки шкалы желательности

Количественные отметки на шкале желательности	Желательность значения отклика
0,80–1,00	Очень хорошо
0,63–0,80	Хорошо
0,37–0,63	Удовлетворительно
0,20–0,37	Плохо
0,00–0,20	Очень плохо

желательности при обработке результатов экологических наблюдений и делает процедуру экспертной оценки более прозрачной. При этом граничные значения функции соответствуют градациям «плохо–хорошо», что дает возможность диагностировать любое конкретное значение какого-либо экологического параметра не только по его абсолютной величине, но и по тому, насколько эта величина близка к области ухудшения или даже деградации экосистемы. Присущее функции желательности соотнесение текущего значения той или иной индикаторной характеристики с максимумом (или эталоном) входит в известный метод Бателя – одну из процедур оценки воздействия на окружающую среду [10].

Методы приведения значений (кодирование признаков) для построения шкал желательности зависят от особенностей используемых параметров. При этом возможно получение значений желательности четырьмя способами [11]:

1) через указание наиболее желательного значения параметра на основе эмпирической функции его распределения;

2) по левой и правой границам диапазона желательных значений;

3) по левой границе и месту расположения оптимальной желательности;

4) по правой границе и месту расположения оптимальной желательности.

Т.е. частные функции желательности могут быть с односторонним и двусторонним ограничениями, от чего и зависит вид преобразования натуральных показателей в кодированные отклики. После выбора способа построения функции желательности строится эмпирическая функция распределения рассматриваемой величины и соответствующая ей вероятностная функция.

Оценки желательности каждого из показателей, полученные по предлагаемому методу, образуют матрицу той же размерности, что и матрица исходных данных. Эта новая матрица может быть проанализирована любым из стандартных методов многомерного анализа.

Величина обобщенной желательности может служить интегральной мерой отклонения состояния экосистемы от нормы. В идеальном случае для ненарушенной экосистемы величина D должна быть равна 1, а если хотя бы одно из частных значений d_i окажется равным 0, очевидно, что и $D = 0$.

Распределения рядов значений интегральных показателей системы лесозоологического мониторинга представляют собой эмпирические функции с односторонними ограничениями: по правой границе – для биотических показателей ($y \leq y_{\max}$), по левой – для показателей степени загрязнения абиотической составляющей экосистемы ($y \geq y_{\min}$). Для преобразования частных откликов в частные функции желательности в таких случаях используется экспоненциальная зависимость $d = \exp[-\exp(-y^3)]$.

Рассмотрим возможность оптимизации многокритериальной оценки состояния городских лесных экосистем по результатам лесозоологического мониторинга с помощью функции желательности Харрингтона. В качестве индикаторов биотической составляющей используем значения индексов состояния древостоя (I_d) и структурного разнообразия

(H_{str}), полученные в результате обработки данных пунктов постоянных наблюдений и временных пробных площадей. В качестве показателей абиотической составляющей для расчета частных желательностей использованы значения уровней акустического загрязнения в границах московских ООПТ по данным ГПУ «Мосэкомониторинг» [12] и лаборатории мониторинга окружающей среды РХТУ им. Д.И. Менделеева (руководитель д-р техн. наук В.А.Кузнецов). Обобщенная функция желательности, таким образом, в данной системе показателей будет определяться исходя из трех частных желательностей $D = \sqrt[3]{d_1 d_2 d_3}$.

Модельными территориями служили лесные участки двух московских особо охраняемых территорий (комплексный природный заказник «Долина реки Сетунь», Фили–Кунцевский лесопарк – часть природно-исторического парка «Москворецкий»), городские лесные массивы на территории г. Королева Московской обл. и г. Светлогорска Калининградской обл., лесные участки заказника «Журавлиная родина» в Талдомском районе Московской обл. (фоновые условия).

Диапазон эмпирических значений *индекса состояния древостоя* составил от 2,50 до 9,89. В качестве базовых значений (табл. 1) для расчетов приняты отметки 4,0 (границное значение «плохо» – «очень плохо» соответствует состоянию древостоя, где основной вклад вносят сильно ослабленные – усыхающие сухостойные деревья) и 9,0 (граница «хорошо» – «очень хорошо» – древостой, в котором по крайней мере половина деревьев без признаков ослабления).

Диапазон значений *индекса структурного разнообразия* по результатам обработки данных полевых учетов включает значения от 0,89 (площадь сбоя практически 100 %, отсутствие подроста и подлеска, т.е. фактически только изреженный древостой) до 2,00 (структура лесного биогеоценоза не нарушена). Базовые значения 1,85 (нарушение структуры на уровне второй стадии рекреационной дигрессии соответствует частной желательности 0,8 – граница «хорошо» – «очень хорошо») и 1,45 (состояние, соответствующее пятой стадии рекреационной

Базовые значения функций желательности и соответствующие значения натуральных значений критериев

Критерии оптимизации	Экспертные значения критериев оптимизации	Значения частных функций желательности	Желательность значения критерия
Индекс состояния древостоя	9,0 4,0	0,8 0,2	Хорошо Плохо
Индекс структурного разнообразия	1,85 1,45	0,8 0,2	Хорошо Плохо
Уровень акустического загрязнения, дБА	50 71	0,37 0,2	Удовлетворительно Плохо

дигрессии, когда при площади сбоя на уровне 90 % встречаются единичные экземпляры лесных трав, подлеска и/или подроста, в соответствие поставлено значение частной функции желательности в 0,2, т.е. граница «плохо»– «очень плохо»).

Несколько иной подход к выбору базовых значений для расчета частных желательностей *уровней акустического загрязнения*. Уровни шума на территории жилой застройки нормируются в России в соответствии с санитарными нормами СН 2.2.4/2.1.8.562–96 «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки»: для дневного времени предельно допустимые уровни составляют 55 дБА по эквивалентному и 70 дБА по максимальному уровням звука, для ночного времени – 45 дБА по эквивалентному и 60 дБА по максимальному уровням звука. Кроме того, установлены нормы для площадок отдыха на территории микрорайонов и групп жилых домов: они составляют 45 дБА по эквивалентному и 60 дБА по максимальному уровням звука для дневного времени. Специальных общероссийских нормативов по акустическому загрязнению применительно к природным территориям нет. В условиях Москвы в целях обеспечения акустически комфортных условий для обитания птиц и животных на территории города Москвы, также для усиления рекреационного потенциала и обеспечения отдыха жителей Москвы предлагается установить экологические требования к допустимому уровню шума на ООПТ и принять в качестве допустимого значения эквивалентного уровня звука – 50 дБА. Это положение закреплено постановлением Правительства Москвы от 16.10.2007г. № 896-ПП. Отметку в 50 дБА и целесообразно использовать в качестве базовой точки, соответствующей желательности по шкале Харрингтона в 0,37: это нижний предел отметки «удовлетворительно». В качестве второго базового значения выбрана отметка в 71 дБА – наиболее низкое значение уровня шума, фиксируемое по границам лесных массивов с крупными автомагистралями в дневное время [12]. В соответствие последнему поставлено значение частной функции

желательности в 0,2 (т.е. граница «плохо» – «очень плохо»).

Все вышеизложенные методические положения, необходимые для проведения расчетов, можно обобщить в виде таблицы.

В результате расчетов получены следующие зависимости частных функций желательности от натуральных значений экологических индикаторов.

Состояние древостоя

$$d_1 = \exp[-\exp(2,06-0,40y_1)]. \quad (4)$$

Сохранность структуры лесного биогеоценоза

$$d_2 = \exp[-\exp(7,639-4,94y_2)]. \quad (5)$$

Уровни акустического загрязнения

$$d_3 = \exp[-\exp(-1,15+0,02y_3)]. \quad (6)$$

На основе этих зависимостей можно, во-первых, получить интервальные оценки значений экологических индикаторов, необходимые для диагностики состояния отдельного участка леса или экосистемы городского леса в целом.

Приведенные в табл. 3 градации, безусловно, необходимы только для ориентации в ситуации в первом приближении. Для свертки же результатов лесоэкологического мониторинга необходимы значения частных откликов, переведенных с помощью формул (4–6) в частные желательности. Например, для небольшого лесного массива «Троекуров-

Диапазоны значений трех экологических индикаторов состояния городской лесной экосистемы

Количественные отметки на шкале желательности Харрингтона	Желательность значения отклика	Диапазоны значений частных откликов в натуральных значениях		
		Индекс состояния древостоя	Индекс структурного разнообразия	Уровень акустического загрязнения, дБА
0,80–1,00	очень хорошо	более 9	более 1,85	менее 15
0,63–0,80	хорошо	7,17–9,0	1,70–1,85	16–15
0,37–0,63	удовлетворительно	5,23–7,16	1,55–1,70	50–16
0,20–0,37	плохо	4,1–5,22	1,45–1,55	71–50
0,00–0,20	очень плохо	до 4,0	до 1,45	более 71

Показатели состояния лесных биогеоценозов в границах лесного массива «Троекуровский лес» и результаты их обобщенной оценки

Тип лесного биогеоценоза	Значения экологических индикаторов (в числителе) и частных функций желательности (в знаменателе)			Обобщенная функция желательности, D
	Индекс состояния древостоя, I_d/d_1	Индекс структурного разнообразия, H_{str}/d_2	Уровень акустического загрязнения, дБА, q/d_3	
Березняк зеленчуково-снытевый	8,14/0,739	1,74/0,681	70/0,277	0,519
Липняк зеленчуково-снытевый с подростом ели	7,02/0,623	1,91/0,847	66/0,306	0,545
Сосняк яснотково-снытевый с липой (лесные культуры)	7,54/0,681	1,74/0,681	76/0,235	0,478
Березняк зеленчуково-снытевый приручьевогой	8,17/0,741	1,83/0,782	70/0,277	0,543
Березняк зеленчуково-снытевый с липой	8,71/0,784	1,88/0,825	82/0,196	0,502
Липняк с серой ольхой зеленчуково-снытевый	6,89/0,607	1,96/0,878	66/0,306	0,546
Обобщенная функция желательности для всего лесного массива в целом	0,693	0,778	0,263	0,522

кий лес» (территориально входит в границы комплексного природного заказника «Долина реки Сетунь») получены следующие результаты.

В соответствии с интервальными оценками на основе базовых отметок шкалы желательности (табл. 1) состояние лесных биогеоценозов и экосистемы лесного массива в целом оценивается как удовлетворительное. Но при довольно высоких уровнях значений показателей биоразнообразия («хорошо» – «очень хорошо») очевиден повышенный уровень акустического дискомфорта (лесной массив зажат между МКАД и автомагистралью по ул. Рябиновая, пролегающей через промзону «Очаково»). Акустическое загрязнение, согласно грациям, приведенным в табл. 1, оценивается положением «очень плохо» – «плохо». Даже такой небольшой своего рода «спектральный анализ» ситуации позволяет расставить акценты в сфере управле-

ния городской особо охраняемой природной территорией: приоритетным направлением в данном случае в настоящее время должно быть поддержание природоохранных функций, меньше усилий (и, конечно же, материальных затрат) целесообразно направлять на развитие рекреационного потенциала. В качестве компромиссного решения можно рассматривать вариант развития системы экологического просвещения в данном лесном массиве: экологические тропы, реинтродукционные участки и т.п. (13) с минимумом экологически обоснованного благоустройства территории.

В целом продемонстрированный в данной статье подход к оптимизации многокритериальной оценки результатов лесо-экологического мониторинга перспективен для разработки и использования в рамках экспертных систем оценки состояния лесных экосистем в урбанизированных условиях для

принятия адекватных управляющих решений. Последнее особенно актуально для городских особо охраняемых природных территорий, назначение которых многофункционально: природоохранные функции, поддержание экологического средостабилизирующего баланса в городских условиях, рекреационное использование и экологическое просвещение населения.

Библиографический список

1. Беднова, О.В. Мониторинг биоразнообразия лесных и урбоэкосистем / О.В. Беднова // Мониторинг состояния лесных и городских экосистем: под ред. В.С.Шалаева, Е.Г. Мозолевской. – М.: МГУЛ, 2004. – С. 39–51.
2. Беднова, О.В. Структурное разнообразие лесных биогеоценозов как параметр лесоэкологического мониторинга на городских особо охраняемых территориях / О.В.Беднова // Вестник МГУЛ – Лесной вестник. – 2009.– № 5 (68).– С. 182–191.
3. Беднова, О.В. Экологические индикаторы устойчивого развития мегаполиса / О.В. Беднова, В.А.Кузнецов // Лесной вестник. – 2010.– № 7 (75).– С. 20–24.
4. Критерии и методы формирования экологической сети природных территорий. Вып. 1.-2-е изд.– М.: Центр охраны дикой природы СоЭС, 1999.– 48 с.
5. Кузнецов, В.А. Разработка способов интегральной оценки влияния городов на состояние окружающей среды и технических решений по минимизации приоритетных факторов химического воздействия / В.А.Кузнецов: автореф. дис. ... д-ра техн. наук– М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева.– 34 с.
6. Дилигенский, Н.В. Нечеткое моделирование и многокритериальная оптимизация производственных систем в условиях неопределенности: технология, экономика, экология / Н.В. Дилигенский, Л.Г. Дымова, П.В. Севастьянов.– М.: «Издательство Машиностроение – 1», 2004. – 397 с.
7. Ахназарова, С.Л. Методы оптимизации эксперимента в химической технологии / С.Л. Ахназарова, В.В.Кафаров.– М.: Высшая школа, 1985.– 327 с.
8. Ахназарова, С.Л.. Использование функции желательности Харрингтона при решении оптимизационных задач химической технологии. Учебно-методическое пособие /С.Л. Ахназарова, Л.С. Гордеев.– М.: РХТУ им. Д.С. Менделеева.– 2003.– 76 с.
9. Воробейчик, Е.Л. Экологическое нормирование техногенных загрязнений наземных экосистем / Е.Л. Воробейчик, О.Ф Садыков, М.Г. Фарафонов. – Екатеринбург: УиФ Наука, 1994. – 280 с.
10. Вторжение в природную среду. Оценка воздействия. М.: Прогресс, 1983.– 191 с.
11. Булгаков, Н.Г. Экологический мониторинг. Часть 5. Учебное пособие / Н.Г. Булгаков., А.П. Левич, В.Н. Максимов / Под ред. проф. Д.Б.Гелашвили. – Нижний Новгород: Изд-во Нижегородского университета, 2003. – С. 93–259.
12. <http://www.mosecom.ru>
13. Беднова, О.В. Троекуровский лес: каким ему быть?/ О.В. Беднова // Мониторинг состояния природно-культурных комплексов лесопарковых территорий. Сб. докл. научно-практ. конф. – М.: ГУ «Природно-исторический заповедник-спецлесхоз «Горки», 2009.– С. 76–80.
14. Harrington E.C. Desirability function and its application /Е.С. Harrington // Industrial Quality Control. – 1965.–V. 21 – № 10. – P.49.

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ДИСТАНЦИОННОГО МОНИТОРИНГА В ОПТИЧЕСКОМ И СВЧ ДИАПАЗОНАХ НА ЭТАПАХ МОДЕЛИРОВАНИЯ ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМ

В.Д. БУРКОВ, *проф. каф. ИИС и ТП МГУЛ, д-р техн. наук,*
 М.В. ЧЕРЕМИСИН, *асп. каф. ИИС и ТП МГУЛ,*
 В.С. ШАЛАЕВ, *проф. МГУЛ, д-р техн. наук*

Дистанционные методы оптического и СВЧ мониторинга лесных экосистем

Спутниковое зондирование лесных экосистем в оптическом диапазоне в настоящее время является основным дистанционным методом при определении главных характе-

burkov@mgul.ac.ru
 ристик лесов. Этот диапазон начал использоваться первым в ДЗЗ, и к настоящему времени разработаны технологии его использования для различных целей. В оптическом диапазоне можно получить наилучшее пространственное разрешение, изображения в видимом спектре более привычны для людей по восприятию.

Основные задачи дистанционного мониторинга лесных экосистем

Задачи мониторинга	Объекты и процессы наблюдения	Оцениваемые характеристики
Картографирование и оценка структуры лесов	Растительный покров Водно-болотные комплексы Не покрытые растительностью земли	Жизненные формы растительности Тип вегетативных органов Фенологический тип растительности Видовой состав растительности Возрастная структура лесов
Оценка биофизических характеристик лесов	Лесной покров	Надземная биомасса Индекс листовой поверхности (LAI) Объем первичной продукции (NPP) Доля поглощенной ФАР (fPAR) Концентрация хлорофилла 3D структура лесного покрова
Оценка возмущающих воздействий на леса	Лесные пожары Вырубки лесов Факторы биотического воздействия Факторы техногенного воздействия Восстановительная динамика лесов	Тип фактора воздействия Площадь повреждений Степень повреждений Время события Скорость восстановления растительности
Оценка фенологической динамики лесов	Фенологическая динамика лесных экосистем	Продолжительность залегания снега Продолжительность вегетационного сезона Сроки наступления фенологических фаз
Оценка многолетних трендов состояния лесов	Границы биомов и зоны перехода Структура лесного покрова Биофизические характеристики Режимы землепользования Возмущающие воздействия на леса Фенологические ритмы	Наличие трендовой динамики Направление трендовой динамики Скорость трендовой динамики
Оценка физических характеристик поверхности	Все типы наземных экосистем	Альбедо Температура Влагосодержание

По пространственному разрешению снимки бывают:

- низкого пространственного разрешения (–1 км);
- среднего пространственного разрешения (250–500 м);
- высокого пространственного разрешения (20–50 м);
- детального пространственного разрешения (1–5 м).

Для решения задач мониторинга лесов используются в основном комбинации снимков низкого, среднего и высокого разрешения. Для задач картографирования возможно использование снимков низкого пространственного разрешения, в основном, в масштабах регионального уровня. Для локальных масштабов мониторинга лесов точные результаты дают снимки высокого пространственного разрешения. Ограниченная доступность ука-

занных данных для покрытия больших территорий и пространственная изменчивость лесного покрова делает затруднительной экстраполяцию получаемых данных высокого разрешения на региональные масштабы.

Характеристики лесных экосистем получают из космических оптических изображений в результате специализированной обработки дистанционных данных, с учетом априорной информации об исследуемых объектах. Простейшими характеристиками являются тип растительности и занимаемая площадь. Эти признаки могут быть получены в оптическом диапазоне с достаточно высокой точностью. При этом используются различия в спектрах отражения, характерных для различных типов земных покровов и растительности.

Основные направления мониторинга лесных экосистем по данным космической

Особенности радиолокационной космической съемки

Тип съемки	Основные преимущества	Основные недостатки	Характерные черты	Основное назначение
Радиолокационная с синтезированной апертурой	Возможность осуществления съемки земной поверхности при наличии облачности, низкой освещенности и в ночное время	Высокое энергопотребление съемочной аппаратуры, значительные массы и размеры антенн	В зависимости от режима съемки: высокое пространственное разрешение (1–3 м) при узкой полосе съемки; среднее пространственное разрешение (10–30 м) при широкой полосе съемки. Регистрация амплитуды и фазы отраженного сигнала позволяет проводить интерферометрическую обработку	Обнаружение, распознавание и определение границ объектов (например лесов, с/х полей, дорог, поселений). Внутривидовая классификация (например, определение видового состава леса, типов с/х культур). Высокоточное определение относительных и абсолютных высот местности, а также смещений земной поверхности по данным интерферометрической обработки, влажности почв

съемки в оптическом диапазоне и оцениваемые характеристики приведены в табл. 1 [2].

В настоящее время широкое развитие приобретает мониторинг лесов с помощью радиолокационной съемки из космоса при использовании радиолокаторов с синтезированной апертурой (РСА). Особенности радиолокационной космической съемки представлены в табл. 2.

Радиолокационное зондирование на сегодняшний день может решать задачи по получению ряда ценных биофизических данных лесных экосистем.

По радиолокационным данным могут быть оценены следующие биофизические параметры:

- плотность древостоя;
- влагосодержание;
- листовой индекс;
- диаметр стволов;
- высота леса;
- плотность растительности;
- запас древесины;
- преобладающая ориентация отражателей (листьев, ветвей, стволов).

Обратно рассеянный от леса радиолокационный сигнал существенно зависит от диэлектрических свойств растительной среды и подстилающей почвы, геометрии растительного слоя и шероховатости почвенного покрова, влажности почвы и наличия на ее поверхности воды или снега.

Эффективность применения радиолокации увеличивается при одновременной съемке поверхности другими системами зондирования (например оптическими) и при использовании данных наземных измерений.

Основным количественным параметром при анализе радиолокационных изображений является удельная эффективная поверхность рассеяния (УЭПР) каждого элемента изображения, обозначаемая символом σ^0 . Анализ данных существенно расширяется при совместной обработке снимков, снятых в разные дни (разновременные наблюдения) и/или на разных частотах (многочастотные наблюдения). Разновременные наблюдения, сделанные с близких в пространстве траекторий носителя, позволяют также проводить интерферометрическую обработку пар изображений. Полной характеристикой зондируемого объекта является его матрица рассеяния, содержащая сведения об амплитуде и фазе рассеянного сигнала для разных сочетаний поляризации на излучении и приеме. Поляризационные измерения позволяют провести более точную классификацию типов подстилающей поверхности, а поляриметрическая интерферометрия дает информацию о структуре и свойствах кроны. Каждый из этих способов успешно используется для оценки состояния лесной растительности. Радиолокационные данные лесных территорий получают в X-, C- и L-диапазонах длин волн [6].

Популярность в мониторинге земной поверхности сегодня получает метод радиолокационной интерферометрии – обработки пар изображений, снятых с близких траекторий носителей. Метод позволяет получать цифровые модели рельефа, оценивать величины смещения перемещений участков земной поверхности. В случае исследования лесных сообществ наиболее продуктивна поляриметрическая интерферометрия [8], она позволяет получить информацию о высотной структуре леса. Разнообразные модели рассеяния, используемые для интерпретации данных поляриметрической интерферометрии, позволяют разделить вклады в интерферометрическую фазу объемного и поверхностного рассеяния, оценить такие параметры растительности, как высота и плотность растительной массы. Для извлечения параметра высоты растительности из полнополяриметрических данных используют базис Паули, стандартный HV-базис. Высота лесных массивов, тем или иным способом полученная из данных поляриметрической интерферометрии, является необходимым параметром для оценки биомассы [13]. Однако для этого метода оценки биомассы необходимы не только данные дистанционного зондирования, но и наземная информация: видовой состав деревьев, их средний возраст. Оценки биомассы растительности, приходящейся на единицу площади с использованием данных оптического диапазона, затруднены из-за эффекта насыщения зависимости отраженного сигнала от величины биомассы при низких уровнях биомассы. В радиодиапазоне насыщение указанной зависимости достигается при значительно больших значениях биомассы [6]. По измерениям в С-диапазоне можно определять биомассу растительности до 10 т/га, а в L-диапазоне – до 100 т/га. Данные этих измерений позволяют определить биомассу лугов и посевов, а также молодых лесов и кустарников. Наиболее пригоден для определения биомассы лесов Р-диапазон, так как рассеянная в этом диапазоне мощность определяется густотой стволов и больших ветвей. При измерении на горизонтальной по-

ляризации в Р-диапазоне можно определять биомассу до 500 т/га и выше [11].

Мониторинг последствий лесных пожаров возможен при помощи оценки динамики значений УЭПР, а также интерферометрической когерентности [7, 14].

Данные L-диапазона являются оптимальными для исследования лесов. Более короткие волны почти полностью отражаются от кроны и с меньшей вероятностью достигают земли, а для более длинных, наоборот, крона является почти прозрачной, и сигнал является источником информации только о поверхности, на которой растет лес [6]. Одним из основных параметров при мониторинге растительности является ее высота. Существует область частот, оптимальная при извлечении этого параметра для конкретных видов растений. Так, для кукурузы высота определяется с точностью до 10 % в полосе частот 2–5 ГГц (реальная высота – 1,8 м), а для молодой сосны той же высоты диапазон допустимых частот меньше: 1,8–2,8 ГГц. При выборе частоты следует учитывать тот факт, что чем ниже частота, тем меньше коэффициент поглощения и тем легче его учет в модели прямой и обратной задачи. Так, для Р-диапазона коэффициент поглощения составляет 0,05 дБ/м, для L-диапазона – 0,1 дБ/м, для С-диапазона – 0,5 дБ/м [9,10].

Результаты многочисленных применений методов оптического и СВЧ мониторинга лесов доказывают эффективность именно комплексного подхода для решения задач по оценке важнейших биофизических параметров.

Особенности моделирования процессов лесного биогеоценоза на основе методов ДЗЗ

Результаты дистанционной оценки биофизических и физических характеристик лесов могут использоваться в качестве входных параметров при моделировании процессов лесного биогеоценоза. Эти оценки, в свою очередь, являются продуктами моделирования прямых (прохождение ЭМВ от Солнца сквозь атмосферу и лесной полог) и обратных задач (оценка параметров леса по отраженным от поверхности ЭМВ).

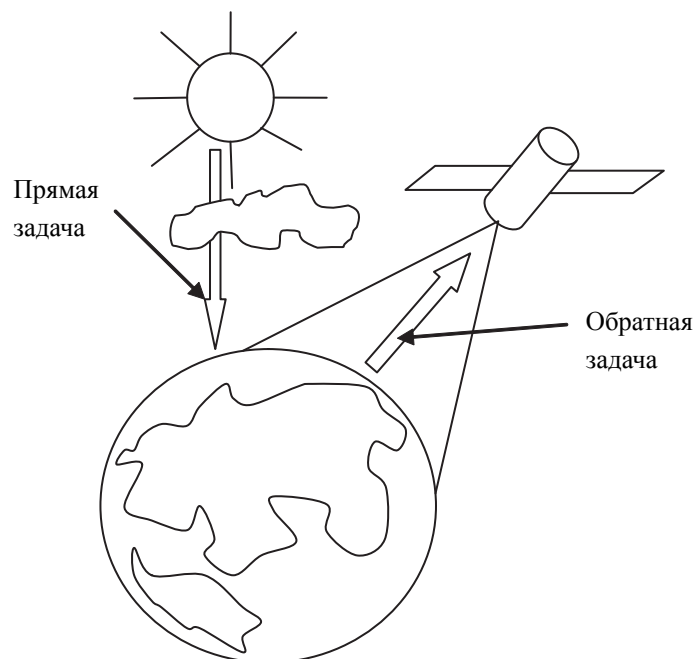


Рис. 1. Область исследования ДЗЗ из космоса

К основным лимитирующим факторам, подверженным дистанционному мониторингу и определяющим пространственную структуру древесного полога, можно отнести особенность светового режима леса. Световой режим характеризуется ФАР (фотосинтетически активной радиацией). В вопросах дистанционного мониторинга в зарубежных публикациях применяется три варианта названия параметра FiPAR/FaPAR/FPAR (fraction of intercepted/absorbed PAR, доля перехваченной/поглощенной пологом фотосинтетически активной радиации). Все три названия отражают один параметр, для определенности чаще других используется аббревиатуру FPAR.

Наземные измерения ФАР проводят с помощью приборов, представляющих собой фотоэлектрический приемник со светофильтрами, способными ограничивать область поглощения света до интервала действия ФАР (селеновые фотоэлементы, висмута-цезиевые с корректирующим светофильтром и др.). Распределение интенсивности ФАР под пологом в отдельных участках спектра измеряется статистическим анализатором радиационного поля, соединенным со спектрофотометром [4]. К современным приборам измерения можно отнести производства Decagon Devices (США) прибор LP-80.

Из коротковолнового излучения Солнца только 44–48 % относится к ФАР – свет по длине волны, пригодный для фотосинтеза, то есть примерно половину солнечного потока [3]. Эффективность использования ФАР различна для конкретных видов растений, условий их произрастания и стадий развития. В растительном пологе формируется внутренний радиационный режим, который вызван архитектурой растительного покрова (распределение листьев разного размера, углы наклона на разных уровнях фитоценозов и др.). Рассеянная внутри растительного покрова радиация имеет такое же фотосинтетическое значение, как и поступающая на поверхность растительного покрова прямая и рассеянная [1]. В целом по земному шару усвоение растениями солнечной энергии не превышает 0,1 %. Ограничения вызваны множеством факторов, среди них таких, как недостаток тепла и влаги, неблагоприятные физические и химические свойства почвы и т.д. Средний коэффициент использования энергии ФАР для территории России равен 0,8 %, на европейской части страны составляет 1,0–1,2 %, а в восточных районах, где условия увлажнения менее благоприятны, не превышает 0,4–0,8 % [3].

Современные методы спутникового мониторинга лесов подробно представлены в ис-

следованиях группы ученых NASA (Кnyazikhin, Y, Myneni, R.B, Schull, M.A, Xu, L.A, Shabanov, N.V и др.), результатами работы которых стал проект мониторинга приборами MODIS и AVHRR с получением готовых продуктов биофизических параметров. Пользователям предоставляются готовые оценки параметров LAI (Leaf area index, индекс листовой поверхности), FPAR в километровом пространственном разрешении на местности. Проект в общем случае основан на моделировании пространственно неоднородного поля солнечной радиации в растительном покрове, которое сведено к решению интегродифференциального уравнения переноса численными методами Монте-Карло, дискретных ординат или итерационными методами [5]. Всего на настоящий момент предлагается 44 вида производных изображений, которые разделены на четыре тематических группы для исследования суши, атмосферы и океана.

В отличие от традиционно применяемого вегетационного индекса NDVI для расчета LAI/FPAR используется большее количество спектральных зон съемки (до 7 каналов-648 нм, 858 нм, 470 нм, 555 нм, 1240 нм, 2130 нм) и атмосферно скорректированный фактор двунаправленного отражения, учитывается карта типов покрова поверхности Земли и дополнительная наземная информация. Радиометры NOAA-AVHRR Terra/Aqua-MODIS проводят мониторинг поверхности в NIR, SWIR и TIR частях ИК области спектра. MODIS имеет 36 спектральных каналов с 12-битным радиометрическим разрешением в видимом, ближнем, среднем и тепловом инфракрасном диапазонах. Оценка LAI и FPAR осуществляется для 6 биомов, на которые разделены все варианты земной поверхности. Восстановление параметров выполняется на основе следующих трех методов:

1. Главного алгоритма (моделирование прямых и обратных задач с использованием продуктов MODIS предшествующих коллекций и теории переноса излучения).

2. Резервного алгоритма (эмпирические модели связи искомым параметров с вегетационным индексом NDVI).

3. Нейросетевые методы [15]. Применение подходов ученых Бостонского универ-

ситета в локальных задачах экологии растений и биологии встречается довольно редко в отличие от решения климатологических задач учета углеродного баланса обширных территорий.

На сегодня большая часть подходов моделирования параметров индекса листовой поверхности и доли поглощенной ФАР сводятся к теории переноса излучения. Неоднородный растительный полог описывается трехмерной функцией распределения поверхности листы f_L . Значение этого параметра в точке пространства зависит от распределения ветвей и ствола, топографии растения, дисперсии листы, размеров листьев и кроны, степени слипания листьев в кроне и др. В упрощенном виде параметр LAI описывается

$$LAI = (1/XY) \int_V f_L(s) ds, \quad (1)$$

где V – область, в которой находится растительный купол;

X, Y – горизонтальные размеры области V ;

s – элементарные проекции.

Если растительный купол состоит из N отдельных деревьев, LAI выражается

$$LAI = \sum_{k=1}^{N_c} m_k \frac{1}{G_k} \int_V u_L = \sum_{k=1}^{N_c} m_k LAI_k, \quad (2)$$

где G_k – площадь проекции поверхности листы (кроны) k -го растения или дерева на землю;

$m_k = G_k/X \cdot Y$ и LAI_k – индекс листовой поверхности индивидуального растения или дерева.

Таким образом, значение LAI можно представить

$$LAI = p LAI_0, \quad (3)$$

$$p = \sum_{k=1}^{N_c} m_k, \quad (4)$$

где p – коэффициент, характеризующий конкретный тип земного покрытия, биома.

Число биомов может быть равном 6 (как в проекте MODIS), может быть увеличено с учетом биоразнообразия региона до 8–10. Среднее значение индекса листовой поверхности одиночного дерева или растения выражается

$$LAI_0 = \frac{1}{p} \sum_{k=1}^{N_c} m_k LAI_k. \quad (5)$$

Оценка параметра FPAR на основе теории переноса излучения в обобщенном виде может быть описана согласно выражению

$$FPAR(\text{биом}) = \int_{400\text{нм}}^{700\text{нм}} C(\lambda, W) d\lambda = \Omega_{\text{ч.п.}}(\text{биом}, LAI, W) + \Omega_{\text{подлес.}}(\text{биом}, LAI, W), \quad (6)$$

где C – доля поглощенного излучения на интервале длин волн от 400–700 нм в направлении;

W – доля однонаправленных солнечных лучей, падающих на границы вершины купола;

$\Omega_{\text{ч.п.}}$ – функция поглощения излучения внутри полога для черной поверхности земли, зависит от типа биома, индекса листовой поверхности биома и направления солнечных лучей;

$\Omega_{\text{подлес.}}$ – функция, описывающая дополнительное поглощение внутри полога, вызванное взаимодействием излучения с поверхностью земли (почвой, подлеском) и самим пологом.

Динамика процессов лесных биогеоценозов более корректно и емко представлена в сложных экологических моделях (например модели динамики многовидовых разновозрастных насаждений), которые, в свою очередь, состоят из самостоятельных подмоделей низкого уровня (модель «Естественного развития», «Экзогенных воздействий» и др.) [5]. Большинство экологических моделей используют более упрощенные подмодели учета светового режима растительности, восстановления индекса листовой поверхности и ряда других параметров в отличие от методов их оценок в задачах ДЗЗ. Результаты восстановления параметров леса в методах ДЗЗ уже первоначально являются промежуточными и часто используются как входные данные в более сложных экологических и климатических моделях. Из публикаций можно констатировать, что исследования с применением дистанционно определяемых параметров леса в многофакторных экологических моделях динамики лесного биогеоценоза немногочисленны. В основном это связано с низким пространственным разрешением готовых продуктов биофизических параметров лесов или трудоемкостью их восстановления. Однако

планомерное улучшение качества, разрешающей способности в пространстве (до 250 м в перспективной коллекции № 5 продуктов MODIS), многочисленные исследования по валидации данных позволяют использовать их, после рассмотрения вопросов адаптации, в качестве входных параметров более сложных экологических моделей.

Корректные исследования лесных экосистем проводятся на эталонных участках с известной лесотаксационной метрологией. На рис. 2–5 отображены продукты прибора MODIS LAI и FPAR восточного участка Приокско-террасного заповедника, территория которого определена визуально на основе снимков геопортала Google, снимок сделан в конце мая 2011 г. На сегодня доступными являются продукты прибора MODIS лишь низкого пространственного разрешения (1 км), которые в мировой практике в основном используются при решении климатических задач с учетом обширных площадей лесов и других биомов (рис. 2–5). Известны исследования по получению данных на основе других спутниковых приборов (SPOT-VEGETATION, MISR, POLDER и др.), некоторые имеют показатели более высокого пространственного разрешения (250 м), однако возможности свободного использования этих материалов затруднительны.

Статистика распределения значений параметров LAI, FPAR отражена на гистограммах 4, 5 соответственно и в табл. 3.

Обработка статистических данных с учетом лесотаксационных показателей дает возможность оценить динамику изменения биофизических параметров во времени, вклад преобладающих древесных пород в их величину и ряд других немаловажных особенностей. В ходе дальнейших исследований предполагается выполнение статистического

Т а б л и ц а 3

Статистика распределения значений параметров LAI, FPAR

Параметр	Min значение	Max значение	Среднее	Дисперсия
LAI	0,025	6,6	2,518	2,21
FPAR	0,003	0,95	0,511	0,413

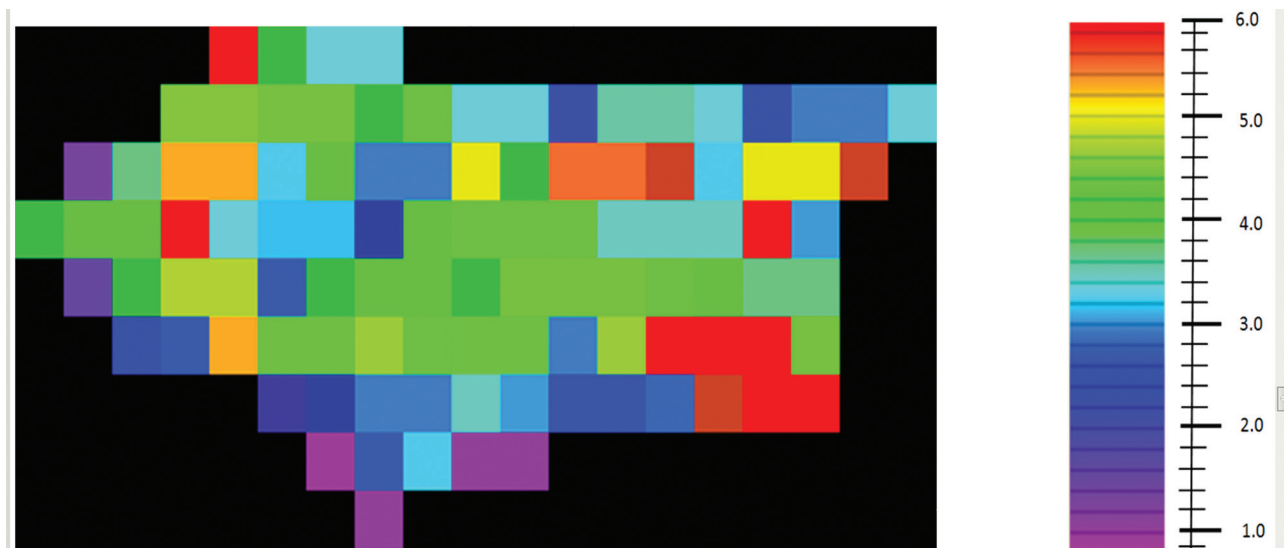


Рис. 2. Пространственное распределение параметра LAI участка Приокско-террасного заповедника Московской области по данным MODIS

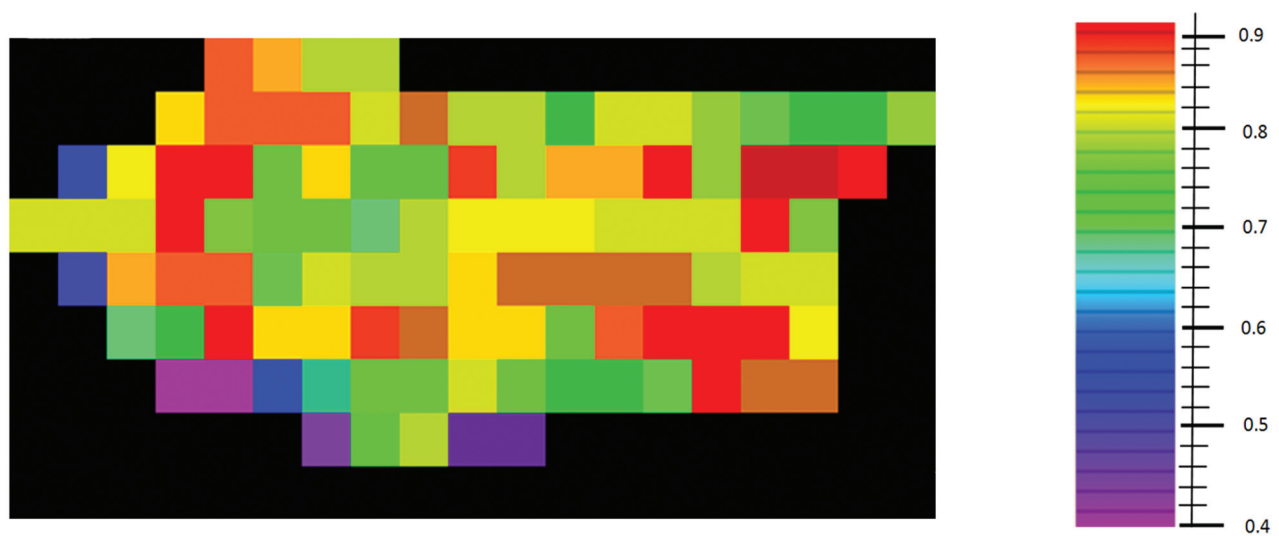


Рис. 3. Пространственное распределение параметра FPAR участка Приокско-террасного заповедника Московской области по данным MODIS

анализа годового изменения параметров LAI/FPAR с выявлением корреляционных зависимостей с климатическими данными.

Результаты экологического моделирования в основном проверяются натурными измерениями. Они первоначально требуют высокого пространственного разрешения распределенных в пространстве входных параметров и учет их неоднородности по ярусности древесного полога (касательно параметров светового режима). На сегодняшний день эти требования трудновыполнимы при использовании лишь спутниковых методов оценки. Встает объективная задача по поиску вариантов адаптации существующих методов

оценки параметров леса под решение сложных климатических и экологических задач, представленных многофакторными моделями более высокого уровня.

Учитывая основные подходы алгоритма имитационного моделирования многовидовых разновозрастных лесных насаждений, описанных в [5], можно предположить возможность применения методов обработки данных ДЗ лесов для восстановления входных параметров модели. Первоначально в модели задаются эмпирические видоспецифичные функции онтогенетического состояния (прирост в высоту за шаг моделирования или временной интервал, изменение площади

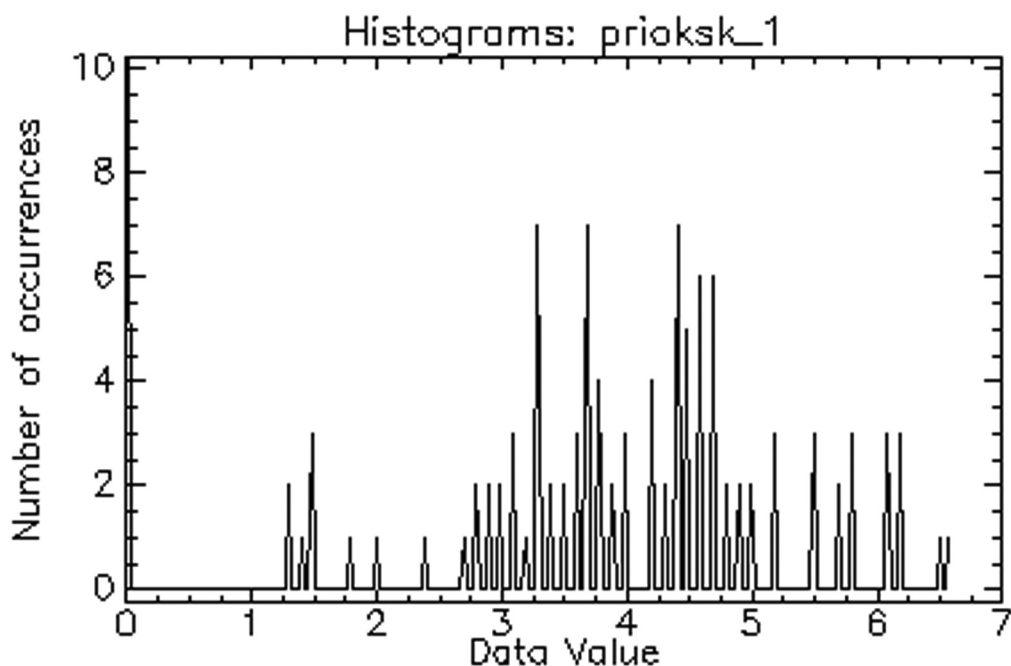


Рис. 4. Гистограммы распределения значений параметра LAI по количеству пикселей на участке. Ось X-значение параметра, ось Y-число пикселей с соответствующим значением

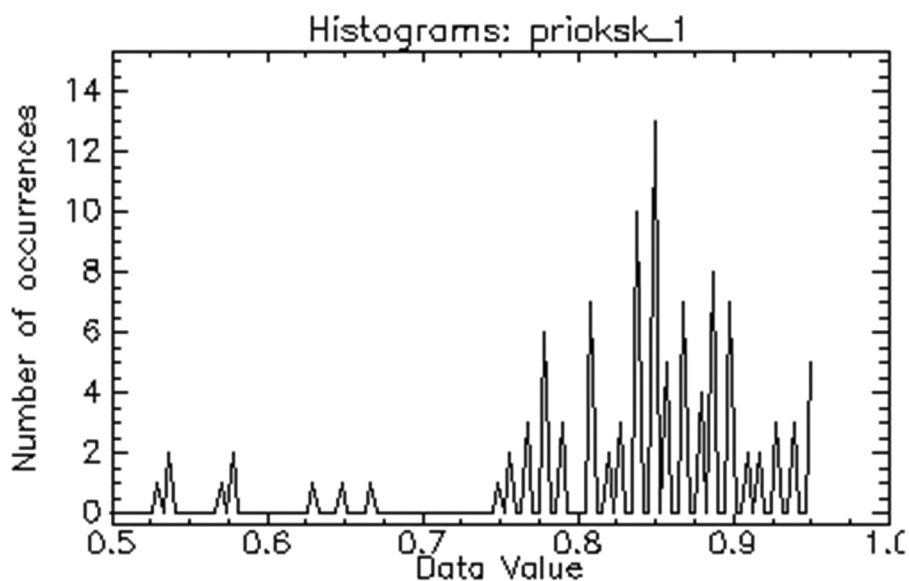


Рис. 5. Гистограммы распределения значений параметра FPAR по количеству пикселей на участке. Ось X – значение параметра, ось Y – число пикселей с соответствующим значением

кроны, коэффициент прозрачности кроны и др. возрастные и габитусные (внешняя форма) ограничения), которые вполне могут быть оценены по данным спутникового мониторинга в высоком/детальном пространственном разрешении. Наиболее испытанными являются методы классификации породного состава участка леса. Варианты применения таких методов должны отталкиваться от пространственных уровней экологических моде-

лей, представленных дискретными ячейками с заданными размерами. Размеры ячеек при этом зависят от пространственных размеров исследуемых участков (от отдельных деревьев до лесхозов) и выбираются исходя из исследований [5], не более 20×20 м при высоте древостоя 30–35 м.

Малые размеры ячейки 0,5×0,5×0,5 м описывают форму кроны любой сложности и применяются для расчета структуры фито-

массы древостоя лесных экосистем. Применение дистанционных спутниковых методов затруднительно вследствие современных возможностей ДЗЗ. Средние размеры ячейки 2×2–10×10 м позволяют моделировать по деревно, и к возможности применения ДЗЗ предъявляют высокие требования к привязке, пространственному разрешению снимков (предельное пространственное разрешение на сегодняшний день в мультиспектральном режиме составляет 1,65 м – спутник GeoEye-1 (США)) и учете многоярусности. С нашей точки зрения вероятнее сегодня использование ДЗЗ методов в моделях с ячейками большого размера (20×20 м), которые позволяют решать задачи динамики насаждений на уровне лесничеств и лесхозов с пологорным (группы особей) моделированием. Кроны в этом случае аппроксимируются телами вращения (конус, цилиндр, параболоид и комбинации), а доступная ФАР определяется исходя из усредненных данных высот кроны и количества особей.

Процедура проверки результатов моделирования также может применять методы обработки спутниковых данных, определяя суммарные площади, занимаемые каждым видом в генеративном состоянии, средние площади кроны, высоту особей и др. параметры.

Из всего вышеизложенного можно сделать вывод о том, что возникла реальная необходимость создания специализированной системы спутникового мониторинга лесных экосистем РФ для решения экологических, биологических и климатических задач, которая может строиться на основе ГИС-технологий и инструментов моделирования (ГИМС = ГИС + Модель). Однако на первоначальном этапе немаловажным является даже инструментальное использование результатов обработки спутниковых данных в экологических и биологических исследованиях лесов.

Библиографический список

1. Алексеев, В.А. Световой режим леса / В.А. Алексеев. – Л.: Наука, 1975. – 226 с.
2. Барталев, С.А. Разработка методов оценки состояния и динамики лесов на основе данных спутниковых наблюдений: дисс. ... д-ра техн. наук. – М.: ИКИ РАН, 2007. – 291 с.
3. Степановских, А.С. Биологическая экология: теория и практика / А.С. Степановских: учеб. для вузов по экологическим спец. – М.: ЮНИТИ, 2009. – 791 с.
4. Тооминг, Х.Г. Методика измерения фотосинтетически активной радиации / Х.Г. Тооминг, Б.И. Гуляев. – М.: Наука, 1967. – 144 с.
5. Чумаченко С.И. Имитационное моделирование многовидовых разновозрастных лесных насаждений / С.И. Чумаченко: дисс. ... д-ра биолог. наук. – М.: МГУЛ, 2006. – 287 с.
6. Отчет о научно-исследовательской работе в рамках федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009–2013 годы по теме: «Определение роли лесных экосистем в климатических изменениях на основе данных дистанционного зондирования на основе данных дистанционного зондирования и ГИМС технологий» (промежуточный, этап № 1, 2010). Фрязинский филиал Учреждения Российской академии наук Института радиотехники и электроники им. В.А.Котельникова РАН.
7. Bourgeau-Chavez L. L., Kasischke E. S., N. French H. F., Szeto L. H., and Kherkher C. M. Using ERS-1 SAR imagery to monitor variations in burn severity in an Alaskan fire-distributed boreal forest ecosystem. Proceedings of IGARSS-94, Pasadena, California, 8-12 August, 1994.
8. Cloude S.R. and Papathanassiou K.P. Polarimetric SAR Interferometry. IEEE Trans. on Geoscience and Remote Sensing, Vol. 36, no. 5, September 1998.
9. Cloude S.R., Papathanassiou K.P., Reigber A. Polarimetric SAR Interferometry at P-band for Vegetation Structure Extraction. EUSAR-2000.
10. Cloude S. R., Papathanassiou K. P., Reigber A., Boerner W.M. Multi-Frequency Polarimetric SAR Interferometry for Vegetation Structure Extraction. IGARSS 2000.
11. Le Toan T., Beaudoin A., Riom J., Guyon D. Relating Forest Biomass to SAR Data. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, vol. 30, no. 2, March 1992.
12. Myneni, R. B., Knyazikhin, Y., Glassy, J., Votava, P., Shabanov, N. (2003). User's guide: FPAR, LAI (ESDT:MOD15A2) 8-day composite NASA MODIS land algorithm. 17 pp.
13. Mette T., Papathanassiou K.P., Hajnsek I., and Zimmermann R. Forest Biomass Estimation using Polarimetric SAR Interferometry. IGARSS 2002.
14. Silgert R. F., Nakayama M. Comparison of ERS-2 and JERS for fire impact assessment in tropical rainforests. Proceedings of IGARS 2000, Honolulu, Hawaii, USA, 24 – 28 July 2000.
15. Watson, R.T., Noble, I.R., Bolin, B., Ravindranath, N.H., Verardo, D.J., Dokken, D.J. (Eds.) (2000) Land use, land-use change, and forestry. Cambridge: Cambridge University Press, 377 pp.

КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА ВОЗДЕЙСТВИЯ НА УРБОЭКОСИСТЕМЫ ПРИ ГРАДОСТРОИТЕЛЬНОМ ЗОНИРОВАНИИ И РАЗРАБОТКЕ ПЛАНОВ РЕАБИЛИТАЦИИ ИХ ОТДЕЛЬНЫХ УЧАСТКОВ

О.В. ГЕРАСИМОВА, *магистр экологии и природопользования, инженер 2 категории ГУП «НИ и ПИ Генплана Москвы»*,

В.А. КУЗНЕЦОВ, *проф. кафедры проблем устойчивого развития РХТУ им. Д.И. Менделеева, д-р техн. наук, главный специалист ГУБП «Управление особо охраняемыми территориями по ЗАО г. Москвы»*

og-eco@yandex.ru; vakuz@inbox.ru

Улучшение состояния окружающей среды и защита населения, а также природных объектов от опасных воздействий техногенного и природного характера являются, как известно, одними из основных задач при осуществлении градостроительной деятельности на территории города.

В настоящее время критериями оценки состояния окружающей среды на территории города являются различные разрозненные параметры, оказывающие воздействие на их состояние (объем выбросов загрязняющих веществ в атмосферу, сброс загрязненных сточных вод, уровень радиационной безопасности, уровень шума и др.).

В то же время при рассмотрении экологического состояния отдельных участков урбоэкосистем, подвергающихся различного рода воздействиям, оценка должна быть комплексной. Это связано с интегральным воздействием различных факторов на природные системы [1].

Комплексная оценка территории может быть проведена при помощи географических информационных систем (ГИС). При этом создаются отдельные картографические слои, учитывающие воздействие отдельных параметров на различные компоненты среды, и далее путем наложения и анализа моделируется комплексное состояние окружающей среды и определяются факторы, оказывающие наибольшее отрицательное влияние.

Количество учитываемых компонентов, а также методы, по которым определяется отклонение от заданных параметров, в основном зависит от необходимой степени

детализации и финансовых возможностей города.

Оценка химического и физического загрязнения воздушного бассейна может быть произведена расчетными методами или при проведении специальных обследований состояния отдельных компонентов окружающей среды [2]. Например, уровень химического загрязнения атмосферного воздуха примыкающих и производственных территорий может быть определен на основании расчетов рассеивания выбрасываемых загрязняющих веществ. При этом следует использовать нормативные методы оценки загрязнения атмосферы, изложенные в ОНД-86, и реализующие их программы для ЭВМ, согласованные в установленном порядке.

На следующем этапе работ при создании соответствующего картографического слоя для каждой расчетной точки анализируемого участка городской территории может быть определен индекс загрязнения атмосферы ($I_{атм}$)

$$I_{атм} = 1/n (\sum C_i/ПДК_i),$$

где $C_i/ПДК_i$ – отношение концентрации i -го компонента к предельно допустимой концентрации данного компонента в контрольной точке;

n – количество компонентов, определенных в процессе расчета.

Полученные значения индекса позволяют выделить на рассматриваемом участке зоны, имеющие различные уровни загрязнения атмосферного воздуха (табл.1), которые целесообразно нанести на карту-схему данной территории.

Т а б л и ц а 1

Оценочная шкала уровней загрязнения воздуха

Величина индекса $I_{\text{атм}}$	Оценка уровня загрязнения
$\leq 0,3$	Низкий
0,3–0,5	Средний
0,5–0,7	Повышенный
$\geq 0,7$	Высокий

Т а б л и ц а 2

Оценочная шкала акустического дискомфорта

Величина индекса $I_{\text{акуст}}$	Уровень шумового загрязнения
≤ 1	Низкий
1–1,2	Средний
1,2–1,4	Повышенный
$\geq 1,4$	Высокий

Т а б л и ц а 3

Оценочная шкала уровней загрязнения почвенного покрова

Величина индекса $I_{\text{почв}}$	Оценка уровня загрязнения
$\leq 0,6$	Низкий
0,6–1,2	Средний
1,2–4,7	Повышенный
$\geq 4,7$	Высокий

Т а б л и ц а 4

Балльная оценка уровней загрязнения окружающей среды

Уровень загрязнения (У)	Балл
Низкий	1
Средний	2
Повышенный	3
Высокий	4

Оценка шумового загрязнения воздуха так же, как химического загрязнения, может быть проведена расчетным или экспериментальным путем. Полученные значения шумового давления используются для определения индекса акустического загрязнения путем сравнения с допустимыми значениями [4, 5]. В качестве допустимого шума в городах представляется целесообразным использовать значение допустимого уровня звука 50 дБА, установленного постановлением Правительства Москвы от 16.10.07 № 896-ПП для особо охраняемых природных территорий

$$I_{\text{акуст}} = L/50,$$

где L – эквивалентный уровень звука (шумовое давление), полученный для данной контрольной точки расчетным или экспериментальным путем, дБА.

Как и в случае оценки загрязнения атмосферного воздуха, значения индекса позволяют выделить на рассматриваемом участке зоны, имеющие различные уровни акустического загрязнения (табл. 2), которые целесообразно нанести на карту-схему данной территории.

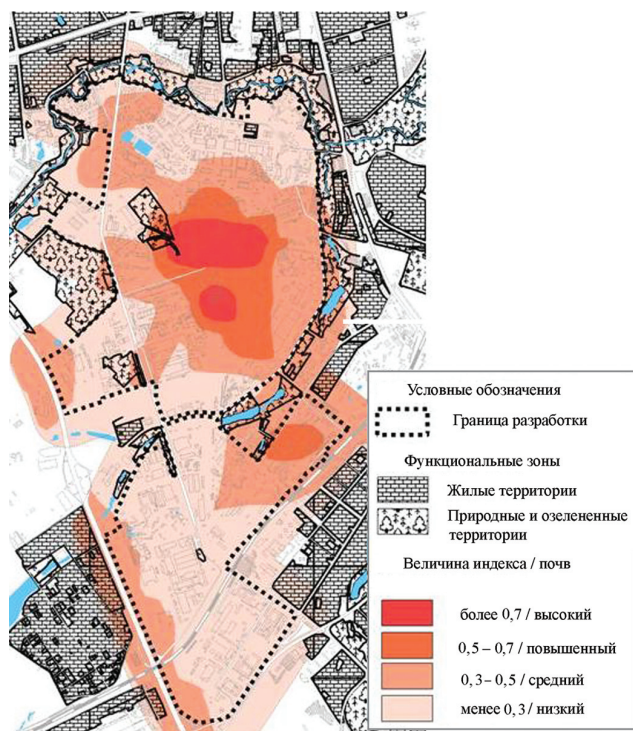


Рис. 1. Карта-схема уровней загрязнения атмосферного воздуха на территории производственной зоны «Очаково»

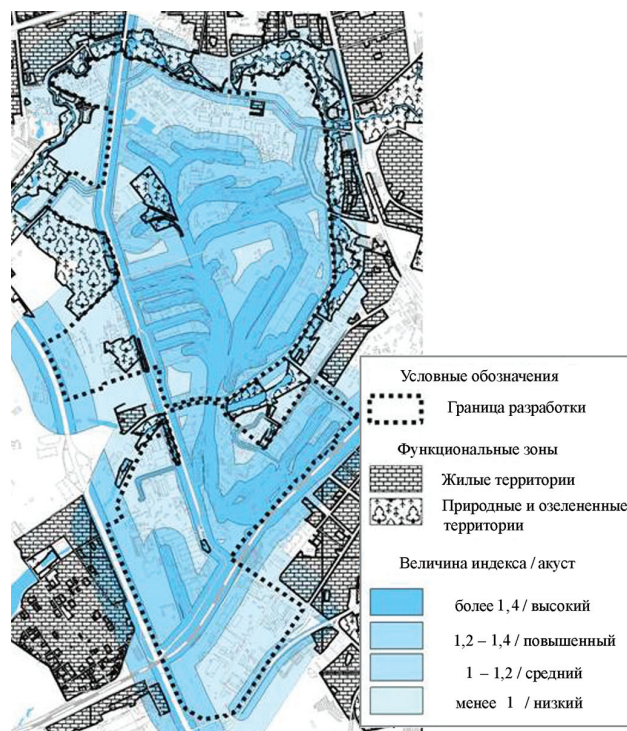


Рис. 2. Карта-схема уровней акустического загрязнения на территории производственной зоны «Очаково»

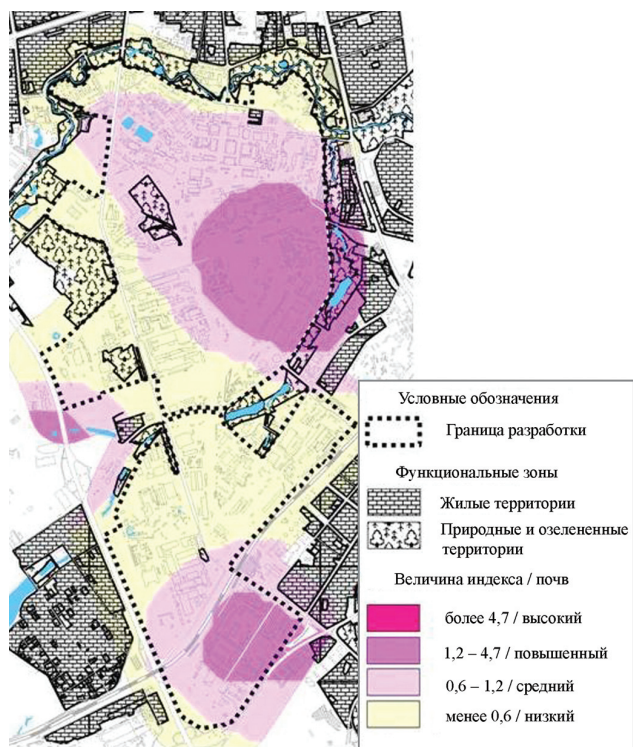


Рис. 3. Карта-схема уровней загрязнения почвенного покрова на территории производственной зоны «Очаково»

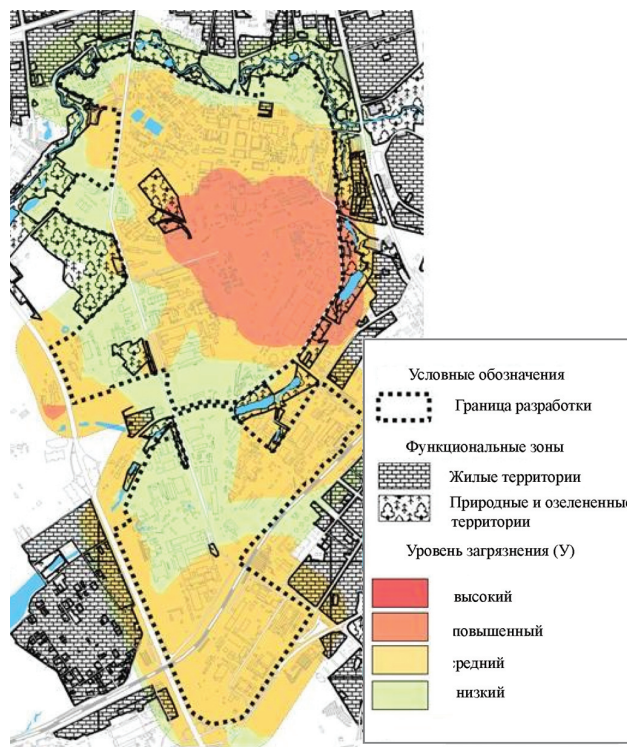


Рис. 4. Суммарное воздействие химических (загрязнение атмосферного воздуха) и физических параметров (шум) воздействия на территории производственной зоны «Очаково»

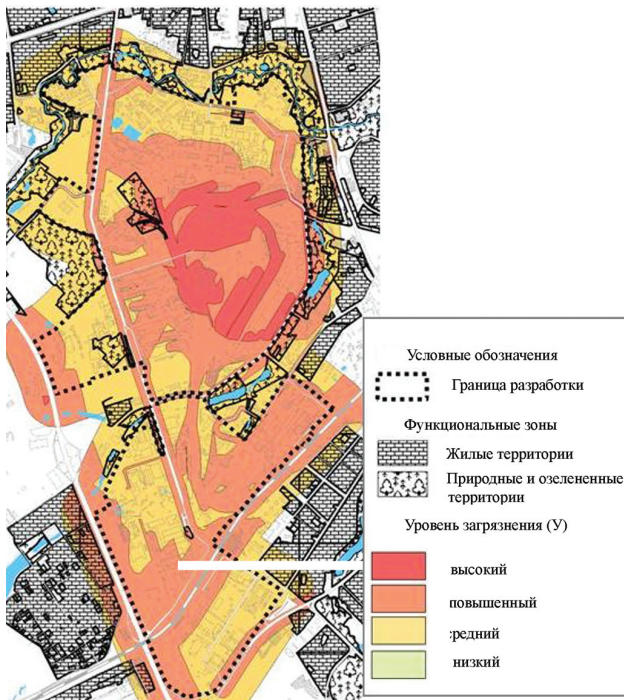


Рис. 5. Суммарное воздействие химических (загрязнение атмосферного воздуха), физических параметров (шум) воздействия и загрязнения почвенного покрова на территории производственной зоны «Очаково»

При анализе загрязнения почвенного покрова следует опираться на определяемые экспериментально значения концентрации соответствующих примесей в почвенных пробах, отобранных в контрольных точках данной территории. Для определения индекса загрязнения почвенного покрова целесообразно использовать относительные данные, связывающие соответствующие концентрации примесей с фоновыми значениями. В этом случае индекс загрязнения почв может быть определен по уравнению

$$I_{\text{почв}} = 1/n (\sum C_i / C_{\text{фон}}),$$

где n – число определяемых компонентов; C_i и $C_{\text{фон}}$ – концентрация i -примеси в данной пробе почвы и ее фоновое значение для данной местности.

Разбивка полученных значений индексов загрязнения почв на определенные интервалы, характеризующие уровни загрязнения почвенного покрова (табл. 3), позволяет построить соответствующий слой при помощи ГИС-технологий.

В качестве примера на рис. 1–3 представлены соответствующие слои, отража-

ющие уровни загрязнения атмосферного воздуха, шумового воздействия и уровня загрязнения почвенного покрова, выполненные нами на основании расчетных данных (загрязнение воздуха диоксидом азота и шума от автомобильного транспорта), а также экспериментальных данных по загрязнению почв, полученных авторами работы [6] для территории производственной зоны «Очаково».

Построение карт-схем проводилось с помощью программы MapInfo Professional – это географическая информационная система (ГИС), предназначенная для сбора, хранения, отображения, редактирования и анализа пространственных данных.

Последующая комплексная оценка воздействия города может быть проведена с использованием последовательно выполняемых картографических процедур, которые позволяют производить наложение полученных промежуточных карт и получение комплексной карты-схемы.

Процедура построения результирующей карты комплексного состояния окружающей среды проводится поэтапно. На первом этапе строится промежуточная карта-схема ранжирования территории при учете двух параметров воздействия. На следующих этапах проводится последовательное добавление остальных учитываемых при зонировании факторов воздействия.

При суммировании факторов воздействия каждому уровню воздействия присваивается свой балл в соответствии с балльной оценкой уровней воздействия на отдельные участки территории (табл. 4). Уровень воздействия по двум параметрам для каждой контрольной точки соответствует сумме баллов по каждому из параметров за вычетом единицы

$$Y_{n-(n+1)} = Y_n + Y_{n+1} - 1,$$

где $Y_{n-(n+1)}$ – суммарный уровень воздействия, определяемый последовательно для каждого из $n+1$ параметров;

Y_n – уровень воздействия по n параметрам воздействия;

Y_{n+1} – уровень воздействия нового принимаемого для оценки параметра воздействия.

Использование данного приема сложения различных параметров воздействия на окружающую среду позволяет наглядно на картах-схемах оценить суммарное воздействие на различные участки городской территории. В качестве примеров такой комплексной оценки на рис. 4 и 5 представлены карты-схемы, учитывающие совместное воздействие различных параметров на территории производственной зоны «Очаково», полученные при суммировании отдельных воздействий, представленных выше на рис. 1–3.

Таким образом, в результате проведенного анализа данных, выявления уровней загрязнения по отдельным компонентам среды, наложения полученных карт и проведенного анализа полученных результатов по техногенному воздействию, получена карта-схема, которая показывает комплексное воздействие химического загрязнения атмосферного воздуха, акустического загрязнения и загрязнения почв на различных участках производственной зоны «Очаково».

Как видно из карты-схемы, на обследуемой территории и вблизи ее границ отсутствуют участки, соответствующие благоприятной экологической ситуации. Критическая экологическая ситуация приурочена к промышленным площадкам ОАО Мосэнерго – ТЭЦ-25, ОАО «Московский радиотехнический завод». Напряженная экологическая ситуация фиксируется в районе расположения промышленной площадки ОАО ДСК-2, а также вдоль основных автомагистралей (МКАД, Озерная и Рябиновая улицы), а также железнодорожной ветки Киевского направления Московской железной дороги.

Необходимо отметить, что к производственной зоне «Очаково» непосредственно примыкают участки жилой застройки и особо охраняемой территории – природного заказника «Долина реки Сетунь», на которых складывается неблагоприятная экологическая ситуация. Так, вблизи территорий жилой застройки, примыкающей с востока, юго-востока и юга-запада к территории промышленной зоны, фиксируются участки критического состояния окружающей среды. Как показал анализ картографического материала,

наибольший вклад в загрязнение на указанных участках вносит акустическое загрязнение и загрязнение атмосферного воздуха. Для обеспечения соблюдения нормативных требований на жилых территориях и снижения негативного воздействия от производственной зоны необходимо провести работы по снижению воздействия этих факторов на состояние окружающей среды. В частности, в жилой зоне на этих участках целесообразно установить шумозащитные экраны из зеленых насаждений, которые будут способствовать и снижению загрязнения воздуха. Необходимо также провести специальное обследование работы систем очистки отходящих газов на основных промышленных предприятиях промышленной зоны и разработать рекомендации по повышению эффективности их работы. Внедрение этих мероприятий позволит улучшить экологическую ситуацию на данной территории города.

Работа выполнена в рамках федеральной целевой программы «*Научные и научно-педагогические кадры инновационной России*» на 2009–2013 годы», Государственный контракт № 14.740.11.0959.

Библиографический список

1. «Оценка территорий, подверженных опасности возникновения неблагоприятных экологических ситуаций природного и техногенного характера» ГУП НИ и ПИ Генплана Москвы, 2007.
2. Кузнецов, В.А., Комплексная оценка воздействия физических и химических факторов на городскую окружающую среду / Кузнецов В.А., Тарасова Н.П. // Экология и промышленность России, – 2008. – № 10. –С. 41–43.
3. СанПиН 2.1.6.1032-01 «Гигиенические требования к обеспечению качества атмосферного воздуха населенных мест».
4. ГОСТ 22444-85 «Шум. Транспортные потоки. Методы измерения шумовой характеристики».
5. СНиП 23-03-2003 «Защита от шума»
6. «Разработка карты современного загрязнения почвенного покрова г. Москвы химическими элементами» ФГУП «ИМГРЭ», 2006г.
7. «Рекомендации по разработке раздела «Охрана окружающей среды к ТЭО строительства (реконструкции) автомобильных дорог общего пользования», утв. ЦНИИПградостроительства от 28.09.1990.

РОБАСТНЫЕ ОЦЕНКИ ХАРАКТЕРИСТИК ДРЕВОСТОЕВ ПО ИЗОБРАЖЕНИЯМ ВИДИМОГО ДИАПАЗОНА

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

Лесной массив (древостой) принято характеризовать набором таксационных характеристик, называемых элементами леса: запас, продуктивность, бонитет, состав, полнота и др. [1, 2]. Товарной характеристикой леса при сдаче его в аренду служит запас V ($\text{м}^3/\text{га}$). В связи с новой арендной практикой ведения лесного хозяйства возникает необходимость оперативной дистанционной оценки запаса древостоев. Существуют различные методы наземной оценки запаса [1], среди которых известен метод среднего модельного дерева. Запас V ($\text{м}^3/\text{га}$) равен произведению четырех параметров: N – среднего количества модельных деревьев в лесном массиве, H_{cp} – средней высоты (м) модельного дерева, g_{cp} – площади сечения (м^2) модельного дерева на уровне 1,3 м., γ_{cp} – среднего сбегового числа. С математической точки зрения, чтобы задача дистанционного определения запаса древостоев имела однозначное решение, необходимо вычислить как минимум четыре независимых параметра изображения лесного массива.

Отражательные свойства растительных сообществ при дистанционном зондировании характеризуются коэффициентом спектральной яркости $I(x,y)$. На величину отраженного светового потока оказывают влияние как фенофазы растений, так и морфологические (морфометрические) параметры: высота деревьев, густота, форма крон, состав пород.

Как правило, вершина кроны дерева освещена лучше и отражает падающий световой поток почти зеркально, поэтому обладает на изображении максимальной яркостью. В промежутках между деревьями часть светового потока из-за диффузного отражения поглощается и не поступает к регистратору. Таким образом, распределение значений яркости крон деревьев в пределах изображения представляется двумерной асимметричной

колоколообразной функцией. При этом изображение содержит скрытую информацию геометрии расположения деревьев в насаждении, т.е. локальные яркости совпадают с точками стояния деревьев.

В существующих космических системах видеонаблюдения используются цифровые фотокамеры с уровнем квантования пикселей в шкале $0 \dots 255$.

Отображаемым на космическом снимке лесов объектом является древесный полог. Распределение яркостей в сечении древесного полога ортогональной плоскостью иллюстрируется рис. 1. Независимыми элементами древесного полога на изображении видимого диапазона являются:

N – число локальных максимумов на изображении, отождествляемое с количеством деревьев;

a – расстояние между локальными максимумами, отождествляемое с расстоянием между деревьями;

S_p – площадь рельефа древесного полога, содержащая информацию о сомкнутости крон, полноте древостоя;

D – размах крон деревьев в насаждении, характеризуемый огибающей пространственного спектра функции $I(x,y)$.

При программной обработке функции $I(x,y)$ яркости древесного полога представляется возможным вычисление перечисленных 4-х независимых параметров и однозначной оценки таксационных характеристик по изображению видимого диапазона.

Вычисление количества локальных максимумов на изображении

Поиск локальных максимумов двумерной функции яркости $I(x,y)$ реализуется алгоритмом, иллюстрируемым рис. 2. Как известно, в точке экстремума производная функции равна нулю. Для нахождения про-

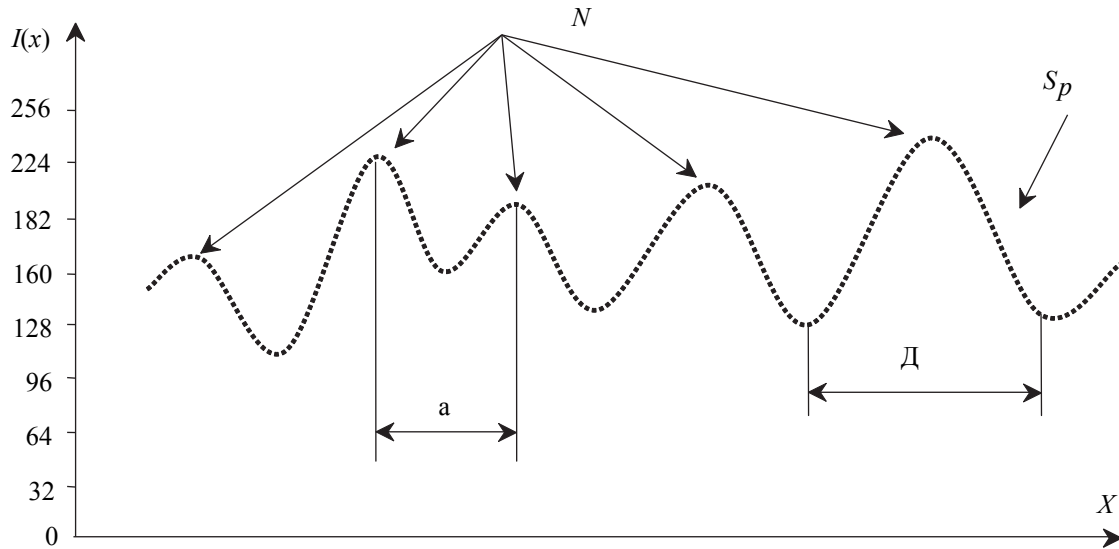


Рис. 1. Сечение изображения древесного полога ортогональной плоскостью

изводной последовательно от начала массива разбивают матрицу изображения на окна размером 13×31 смежных элемента и рассчитывают производные по координатам x, y относительно центрального пикселя

$$\begin{cases} \frac{\partial I}{\partial x} = \frac{I(i+j) - I(i-1, j)}{2dx} \\ \frac{\partial I}{\partial y} = \frac{I(i, j+1) - I(i, j-1)}{2dj} \end{cases}$$

В цифровой матрице приращения заменяют конечными разностями. Приращения по x, y тождественно равны одному пикселю. Последовательно анализируя окна конечных разностей, находят точки, для которых конечные разности стремятся к нулю. Подсчитывают количество таких точек и отождествляют их с числом деревьев N_1 . Рассмотренный алгоритм реализуется специализированной программой, запатентованной авторским патентом № 2359229, 2007 г. [7].

Вычисление среднего расстояния между локальными максимумами

Поскольку кроны деревьев асимметричны, то возможны случаи кроны с двумя максимумами (два локальных максимума) или две кроны с одной макушкой (пропуск локального максимума). Для исключения возможных ошибок дополнительно рассчитывают другой параметр морфологии древостоя, содержащийся в изображении – среднее

расстояние между локальными максимумами (а). С методической точки зрения учет двух параметров обеспечит большую точность. Для расчета среднего расстояния между локальными максимумами создают окно матрицы $[m_0 \times n_0]$ с центром $x_{\text{текущ}}$. Алгоритм расчета иллюстрируется рис. 3.

На оцифрованном изображении вокруг каждого пикселя располагается 8 смежных пикселей. Расстояние между локальными максимумами вычисляют по 8 направлениям. Поскольку среднее расстояние между деревьями находится между радиусами a_3 и a_4 [1], то достаточно ограничиться поиском пяти максимумов в «плавающем» окне. Расстояния между локальными максимумами находят по теореме Пифагора, катетами треугольников в которых являются перпендикуляры между строками (столбцами). Результат расчета усредняют по сумме составляющих. Количество деревьев в насаждении N_2 рассчитывают из соотношения

$$N_2 = \frac{S_0}{a^2},$$

где S_0 – геометрическая площадь обрабатываемого участка насаждения.

Вычисление среднего расстояния между локальными максимумами реализуется специализированной программой, запатентованной авторским патентом [7]. Среднее число деревьев в насаждении N вычисляют как среднегеометрическое

$$N = \sqrt{N_1 \cdot N_2}.$$

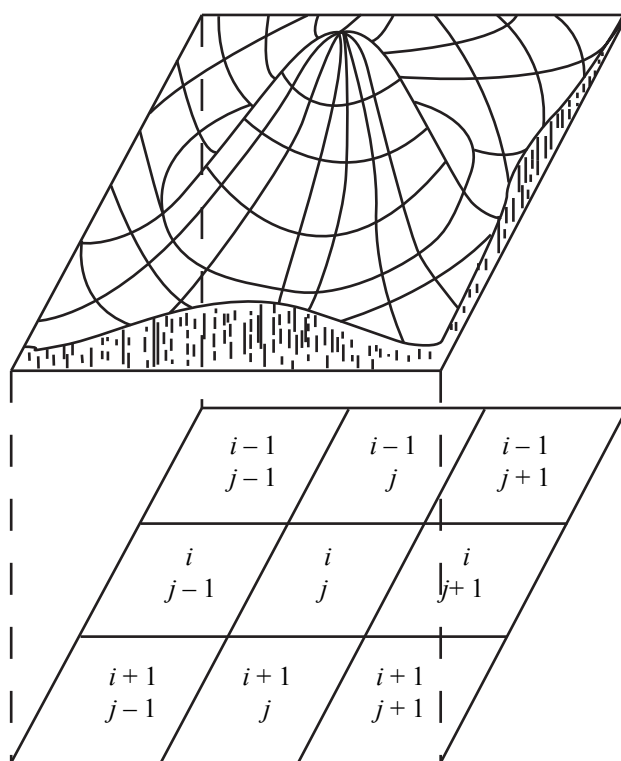
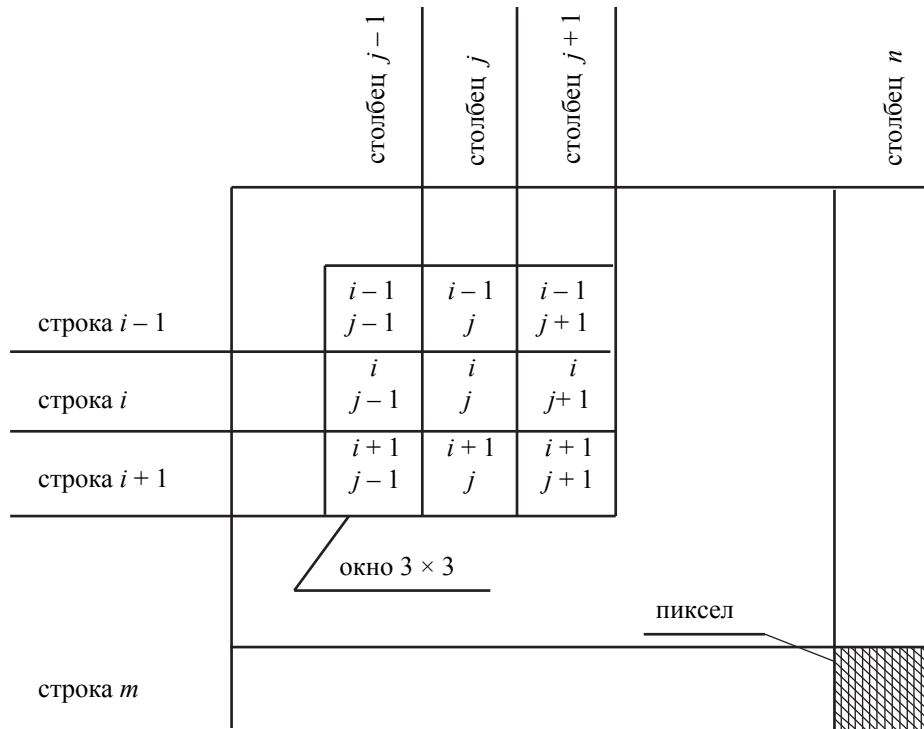


Рис. 2. Алгоритм нахождения локальных максимумов

Определение полноты насаждения по его изображению

По определению [1] полнота насаждения характеризует эффективность использования им занимаемого пространства. Чем

более сомкнутым является древесный полог, тем полнота насаждения выше. Изрезанность древесного полога можно характеризовать площадью рельефа (S_p) функции яркости $I(x,y)$. Из математики известно, что площадь рельефа вычисляют как поверхностный ин-

теграл функции $I(x,y)$, заданной в некоторой области матрицей $[m \times n]$ элементов [3]

$$S_p = \int_0^m \int_0^n \sqrt{1 + \left[\frac{\partial I}{\partial x} \right]^2 + \left[\frac{\partial I}{\partial y} \right]^2} dx \cdot dy.$$

Вычислительная процедура реализуется специализированной математической программой, запатентованной авторами патентом Ru № 2294622, 2007 г. [8, 9].

Последовательно обрабатывая различные участки, содержащие пробные площадки с известными значениями относительной полноты Π , получим эталонный ряд зависимостей относительной полноты от расчетной величины площади рельефа изображения древесного полога

S_p/S_0	1,1	1,25	1,4	1,56	1,72	1,9	2,1	2,3
Π	1	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3

Используя эталонный ряд, относительную полноту таксируемого массива определяют по расчетному отношению S_p к геометрической площади S_0 .

Вычисление диаметров крон деревьев по изображению древесного полога

В системе древостоя вследствие взаимодействия особей между собой, конкуренции за свет, воду и питательные вещества пространственная структура подчиняется определенным закономерностям. Эффект взаимодействия деревьев и степень напряженности отношений проявляется в самой структуре древесного ценоза [2].

Путем наземных измерений и аэрофотосъемки выявлены закономерности соотношений различных морфометрических характеристик древостоя: высоты деревьев, диаметров стволов по ступеням толщины, размаха крон, расстояний между деревьями [2, 5]. Фрагмент таких измерений иллюстрируется табл. 1.

Разреженность или густота полога, диаметры крон, их геометрическая повторяемость участвуют в формировании изображения и его крупных дискретных контрастных элементов, что отражается на качестве текстуры или «шероховатости» изображения. Скрытые периодичности чередования крон

Т а б л и ц а 1

Размеры крон основных древесных пород

Возраст, лет	Порода	Высота, м	Диаметр ствола, см	Диаметр кроны, м	
				средн., м	макс, м
40	С	13,4	10,7	1,4	2,4
	Е	11,8	9,8	2,3	4,2
	Б	15,9	10,8	1,9	4,0
	ОС	15,0	16,4	2,3	4,3
60	С	18,3	15,9	1,7	3,0
	Е	16,6	15,5	3,0	4,8
	Б	19,3	15,7	2,4	4,5
	ОС	19,9	22,1	3,1	4,8
	ОЛ	22	24	3,0	4,0
90	Б	21	15	2,9	5,8
	ОС	24	22	2,9	4,4
	С	29	30	2,8	6,8
100	С	23,6	24,8	2,7	4,5
	Е	23,4	25,2	4,3	6
110	Е	27	34	4,3	8,0

Примечание: На основе анализа обширных экспериментальных данных (Анучин Н.П. Лесная таксация. – М: Лесная промышленность, 1982. – с.250) главные древесные породы разделены на 2-е группы. Первая группа – сосна, лиственница, береза, осина, ольха; вторая группа – ель, пихта, кедр, ясень, бук, дуб. По данным таблицы статистическая зависимость высоты деревьев от диаметра для 1-ой группы $H_1 = 7 \cdot D^{1,2}$, для 2-ой группы $H_2 = 5 \cdot D^{1,1}$, $\bar{g} = 120 \cdot D^{0,8}$ (см²)

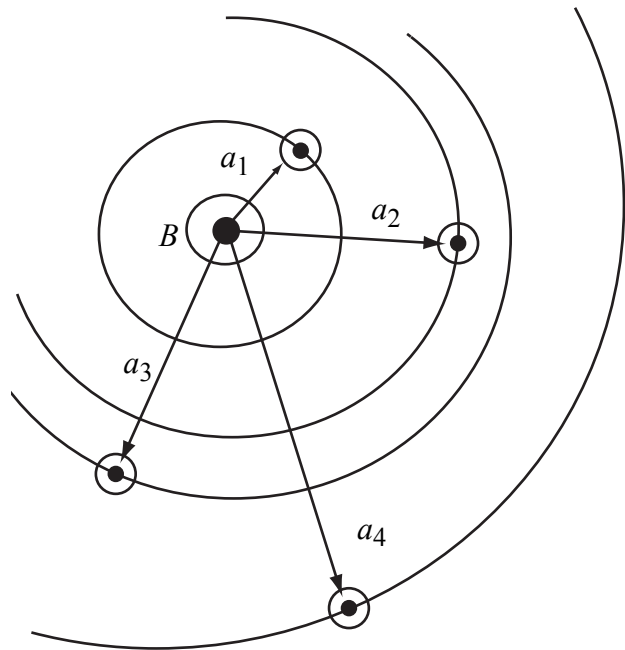


Рис. 3. Определение среднего расстояния между деревьями

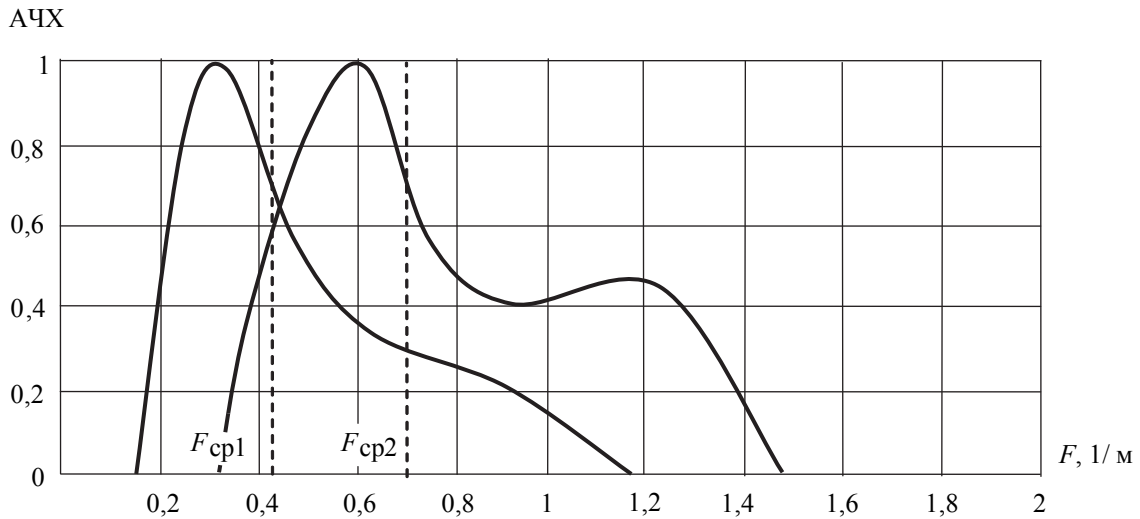


Рис. 4. Амплитудно-частотные характеристики пространственных спектров функций яркости $I(x,y)$

деревьев могут быть выявлены путем вычисления пространственного спектра Фурье анализируемого участка. «Шероховатость» или изрезанность полога, его архитектура определяют частотно-спектральный образ растительности. По определению [4] пространственный спектр Фурье вычисляют как двумерное Фурье-преобразование от функции яркости $I(x,y)$ участка изображения

$$G(F_x, F_y) = \int_0^m \int_0^n I(x, y) \times \exp[-j2\pi(F_x \cdot x + F_y \cdot y)] dx \cdot dy.$$

Вычисление двумерного пространственного спектра Фурье входит в комплект специализированного программного обеспечения ER MAPPER 5.0 «Пакет программ для обработки изображений в науках о Земле».

АЧХ пространственных спектров двух изображений $I(x,y)$ иллюстрируется рис. 4. Технология дистанционного расчета характеристик древостоев запатентована авторскими патентами [7–11].

По АЧХ вычисляют диаметр кроны D_{cp} среднего (модельного) дерева: $D_{cp} = 1/F_{cp}$. Среднюю частоту пространственного спектра находят из соотношения

$$\int_{F_{min}}^{F_{cp}} A(f) df = \int_{F_{cp}}^{F_{max}} A(f) df.$$

Средневзвешенная частота F_{cp} делит площадь под кривой АЧХ пополам.

В свою очередь, диаметр кроны деревьев связан регрессионными зависимостями

с высотой древостоя и ступенями толщины (табл. 1). Полученные числовые характеристики древесных пологов позволяют рассчитать запас насаждения либо аналитически [1], либо по табличным данным [2].

Библиографический список

1. Анучин, Н.П. Лесная таксация / Н.П. Анучин. – М.: Лесная пром-сть, 1982. – С. 198–227.
2. Общесоюзные нормативы для таксации лесов. Справочник / М.: Колос, 1992. – С. 116–118
3. Пискунов, Н.С. Дифференциальное и интегральное исчисления для ВУЗов / Н.С. Пискунов: учебник, Т.2. – М.: Наука, 1964. – С. 73–74.
4. Белов, С.В. Аэрофотосъемка и авиация в лесном хозяйстве: уч. пособие. / Белов С.В., Дмитриев И.Д., Колосова А.Е. – Л.: ВЗЛТИ, 1962.
5. Дуда, Р. Распознавание образов и анализ сцен. / Дуда Р., Харт П. – М.: Мир, 1976.
6. Измерение продуктивности лесов и характеристик лесопроизрастания по изображениям видимого, ИК и СВЧ диапазона. / Отчет по НИР «Ураган-Лес». – М.: МГУЛ, 2005. – 59 с.
7. Способ определения количества деревьев в лесном массиве. / Давыдов В.Ф., Корольков А.В. – Патент РФ № 2359229, 2009.
8. Способ определения площади рельефа. / Давыдов В.Ф., Корольков А.В., Чернобровина О.К. – Патент РФ № 2253089, 2005.
9. Способ определения полноты древостоев. / Давыдов В.Ф., Корольков А.В., Новиков Е.К. – Патент РФ № 2294622, 2007.
10. Способ вычисления запаса лесных массивов. / Давыдов В.Ф., Корольков А.В., Шалаев В.С. и др. – Патент РФ № 2242867, 2004.
11. Способ определения состава насаждений. / Давыдов В.Ф., Корольков А.В., Бондур В.Г. и др. – Патент РФ № 2371910, 2009.

ИНФОРМАЦИОННО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЛЕСОПОЛЬЗОВАНИЯ КАК ЭФФЕКТИВНЫЙ МЕХАНИЗМ ЭКОНОМИЧЕСКОГО ОБОСНОВАНИЯ ПРОЕКТА ОСВОЕНИЯ ЛЕСНОГО УЧАСТКА

И.В. КАРАКЧИЕВА, *асп. каф. информационных технологий в лесном секторе МГУЛ*

chumachenko@mgul.ac.ru

В настоящее время существует тенденция к объединению и взаимопроникновению технологий. Однако вопросы интеграции информационных и экономических моделей в системе управления природопользованием находятся в стадии разработки, на этапе консолидации рынка. Несомненно, данный процесс идет ускоренными темпами, но ожидать массового распространения решений в части управления природопользованием на базе информационно-экономического моделирования не приходится.

Информационно-экономическая модель – это система, определяющая приоритетные направления развития лесного комплекса в части заготовки древесного сырья и обеспечивающая согласованность действий органов исполнительной и законодательной власти различных уровней по направлениям развития лесозаготовки в долгосрочной перспективе. Однако стоит отметить, что эта модель может быть использована и при многоцелевом лесопользовании, но в данной статье основной упор сделан на лесозаготовку.

Информационно-экономическая модель может быть использована как на стадии проектирования и разработки (освоения) ресурса, так и на стадии прогнозирования изменений ресурсной базы.

Базовой составляющей экономической части модели является рентная стоимость древесины на корню как природного ресурса. Рента – объективная экономическая категория, образуется независимо от сознания собственников и пользователей лесными ресурсами и всегда в тех или иных отношениях разделяется между ними.

На основе рентной оценки древесных ресурсов, их товарной структуры, транспортной инфраструктуры, а также заданных размеров пользования по хозсекциям (хозяйс-

твам) для сплошных и выборочных рубок, для визуализации полученных результатов строится картосхема территориального размещения лесных ресурсов с разным уровнем доходности.

Экономическая ценность лесных ресурсов зависит от их местоположения, затрат на заготовку (добычу) и потребительских свойств. Рента – объективная данность, образуется независимо от сознания собственника или пользователя лесными ресурсами и всегда, так или иначе, распределяется между ними.

Управлять рентой – эффективно вести лесное хозяйство, стимулировать развитие лесного бизнеса.

Первичный ресурс леса – древесный ствол. Поэтому основной природный фактор рентообразования – диаметр ствола (ступень толщины). С увеличением диаметра рентная стоимость стволов растет по параболическому закону. Диаметр, при котором рента равна нулю, является критическим. Критический диаметр делит ряд стволов на две части: убыточные – с отрицательной рентой и доходные – с положительной рентой.

Рентная стоимость древесных ресурсов зависит от породы, распределения стволов в насаждении по породам, диаметра, высоты, товарности (долей деловых стволов), удаленности лесотаксационного выдела от транзитных путей региона (разряда такса), объема ежегодного строительства лесовозных дорог, стоимости факторов производства (труд, энергия, техника), регионального спроса на круглые лесоматериалы.

Рентный анализ позволяет решать ряд задач:

1. Дать оценку доходности лесных ресурсов при заготовке древесины по таксационным выделам в зависимости от спроса на

круглый лес и региональной транспортной инфраструктуры. Ценность лесного ресурса должна определяться по каждому таксационному выделу, на основе распределения стволов подсчитывается средняя рентная стоимость обезличенного кубометра. Оценка ресурса по лесотаксационным выделам позволяет совместить расчет древесного запаса и его товарной структуры с рентой. При этом и то и другое производится отдельно по деловым и дровяным стволам каждой древесной породы, что делает оценку ресурса в целом многомерной. В аналитических целях рента рассчитана в зависимости от спроса и разряда такс.

2. Определить экономическую целесообразность размера пользования лесом. Как правило, на лесном участке насаждения распределяются на высокодоходные, среднедоходные, низкодоходные и убыточные (с отрицательной рентой). Целесообразность освоения зависит от того, как распределены насаждения по категориям доходности (какова доля доходных) и насколько компактно размещены доходные насаждения. Не секрет, что длительное время в рубку поступали в первую очередь высокодоходные (высокобонитетные, хвойные) насаждения. Чаще всего проявлялось стремление получить краткосрочно максимизированный доход (здесь и сейчас), при росте затрат на лесовосстановление, с экологическими и социальными проблемами. При этом подход, обеспечивающий долгосрочное пользование лесным участком, при стабильном, но невысоком доходе неприемлем.

Экономическую целесообразность размера пользования лесом возможно определить, базирываясь на ценности лесного ресурса. Пользователь, получивший в аренду участок с большой долей высокодоходных насаждений, будет, по законам рынка, стремиться как можно быстрее взять лучшее – это даст ему за короткий период огромную сверхприбыль. Он не заинтересован расширять производство, строить дороги, так как это невыгодно, резко снижает рентабельность. Напротив, если в аренду берется большой участок леса с преобладанием низкодоходных насажде-

ний, требующий для освоения больших затрат на строительство лесовозных дорог, то пользователь обречен на снижение доходности. Если цены на низкокачественные сортаменты ниже себестоимости заготовки обезличенного круглого леса, то часть стволов древостоя (дровяные, деловые с диаметром ниже критического) будет неизбежно с отрицательной доходностью. Рубка таких стволов снижает рентабельность. Заготовитель стремится оставить такую древесину либо на корню (недорубы), либо бросить на лесосеке или верхних складах. Эффективность лесопользования снижается. Для решения этой проблемы необходимо: 1) представлять в рубку только экономически доступные насаждения (выделы); 2) плату устанавливать в целом на выдел в соответствии с рентной стоимостью. В этом случае все выделы с положительной рентой будут для пользователя равнорентабельными. Это и будет стимулом для освоения всех экономически доступных насаждений в соответствии с правилами рубок.

Плата, дифференцированная в соответствии с рентной стоимостью ресурса, делает равнорентабельной заготовку всех имеющих сбыт сортиментов. Такая плата в руках собственника (государства, общества) – инструмент рационального лесопользования.

3. Определить потребности в строительстве лесовозных дорог для поддержания вывозки древесины на проектном уровне. Увеличение спроса на круглые лесоматериалы дает такой же эффект, что и развитие транспортной инфраструктуры. Рентная стоимость одного и того же древостоя примерно одинакова, что при первом разряде такс, но низком спросе, что при пятом разряде такс, но высоком спросе. Промышленное освоение ресурсного потенциала равно зависит от развития транспортной инфраструктуры в многолесных регионах страны и внутреннего рынка на лесопroduкцию. Транспортные затраты – важная составляющая рентной стоимости стволов и поэтому определяет уровень доходности. Прогнозируя уровень потребностей в строительстве лесовозных дорог, для поддержания вывозки древесины, рента выступает как инструмент лесопользования.

4. Оценить эффективность развития транспортной инфраструктуры. Лесные ресурсы по экономической доступности (доходности) весьма неоднородны. При нынешней ситуации площадь доходных насаждений занимает меньшую площадь от общей площади лесного фонда. Это свидетельствует о том, что освоение таких участков потребует значительных дополнительных (сверх норматива) дорожных затрат. Для долгосрочной аренды такие участки едва ли подходят. Можно рубить лишь примыкающие лесные участки к имеющимся дорогам или строить зимники.

5) Дать оценку лесного дохода.

Лесной доход – это доход, получаемый собственником лесного фонда за пользование лесными ресурсами. Если собственник представляет участки лесного фонда в арендное пользование, то он получает лесной доход в виде взимаемых с арендатора платежей (лесных податей, арендной платы), если он осуществляет пользование самостоятельно, то лесной доход является частью его общего предпринимательского дохода (прибыли).

Лесной доход следует отличать от коммерческих и фискальных доходов лесного хозяйства, получаемых от реализации товаров и услуг, предоставления в аренду или отчуждения государственного имущества, включая земли лесного фонда, взимания штрафов и неустоек за нарушения лесного законодательства и т. д. Эти доходы могут иметь полностью или частично ведомственную принадлежность (целевое назначение). Коммерческие доходы лесного хозяйства по экономическому содержанию неоднородны. Доходы от реализации товаров и услуг (лесопродукция от рубок ухода за лесом, семена и посадочный материал, транспортные услуги, работы по защитному лесоразведению по договорам и др.) традиционно планируются и учитываются в валовом измерении. Это связанные доходы: они целевым образом предназначаются на покрытие текущих расходов на производство соответствующих товаров и услуг. Чистый доход (прибыль, убытки) по этим видам деятельности в официальной статистической отчетности по лесному хозяйству в явном виде в настоящее время не показывается.

Рентные платежи за пользование лесными ресурсами (лесной доход) в составе общих доходов лесного хозяйства составляют 48,1 %, из них плата за древесину на корню – 40,8 %. В составе коммерческих доходов более 35,2 % приходится на реализацию лесопродукции от рубок промежуточного пользования. Прямые расходы по воспроизводству, охране и защите лесов в общих расходах составляют 53,3 %, из них на рубки леса приходится 17,9 % [1].

В настоящее время чаще всего складывается ситуация, при которой большой лесной массив продается по усредненной цене. Следовательно, у пользователя всегда будет соблазн ограничиться лучшим, при этом нет никакой гарантии, что получаемая сверхприбыль будет направлена на интенсивное ведение лесного хозяйства.

Для оценки пространственного размещения насаждений с разной степенью доходности было проведено компьютерное моделирование. В зависимости от категории защитности и группы возраста насаждения рента рассчитывалась либо для сплошной, либо выборочной рубки. Для сплошной рубки задавался отпусковой диаметр стволов, для выборочной – интенсивность рубки по отдельным группам стволов, при этом учитывались транзитные пути, квартальная сеть, пункты примыкания лесовозных дорог (существующие и проектируемые). Лесные кварталы распределялись по разрядам удаленности от транзитных путей. По каждому таксационному выделу определялась товарная структура изымаемого древесного запаса и его рентная стоимость.

Исследуемый лесной участок оценивался через показатель доходности насаждений, на основе рентной оценки древесных ресурсов, их товарной структуры, транспортной инфраструктуры, а также заданных размеров пользования по хозсекциям (хозяйствам) для сплошных и выборочных рубок.

На плане хорошо видно, что доходные ресурсы образуют достаточно большие компактные массивы леса, зоны доходных и не доходных ресурсов хорошо очерчены. В группу доходных, на исследуемом участке, наряду

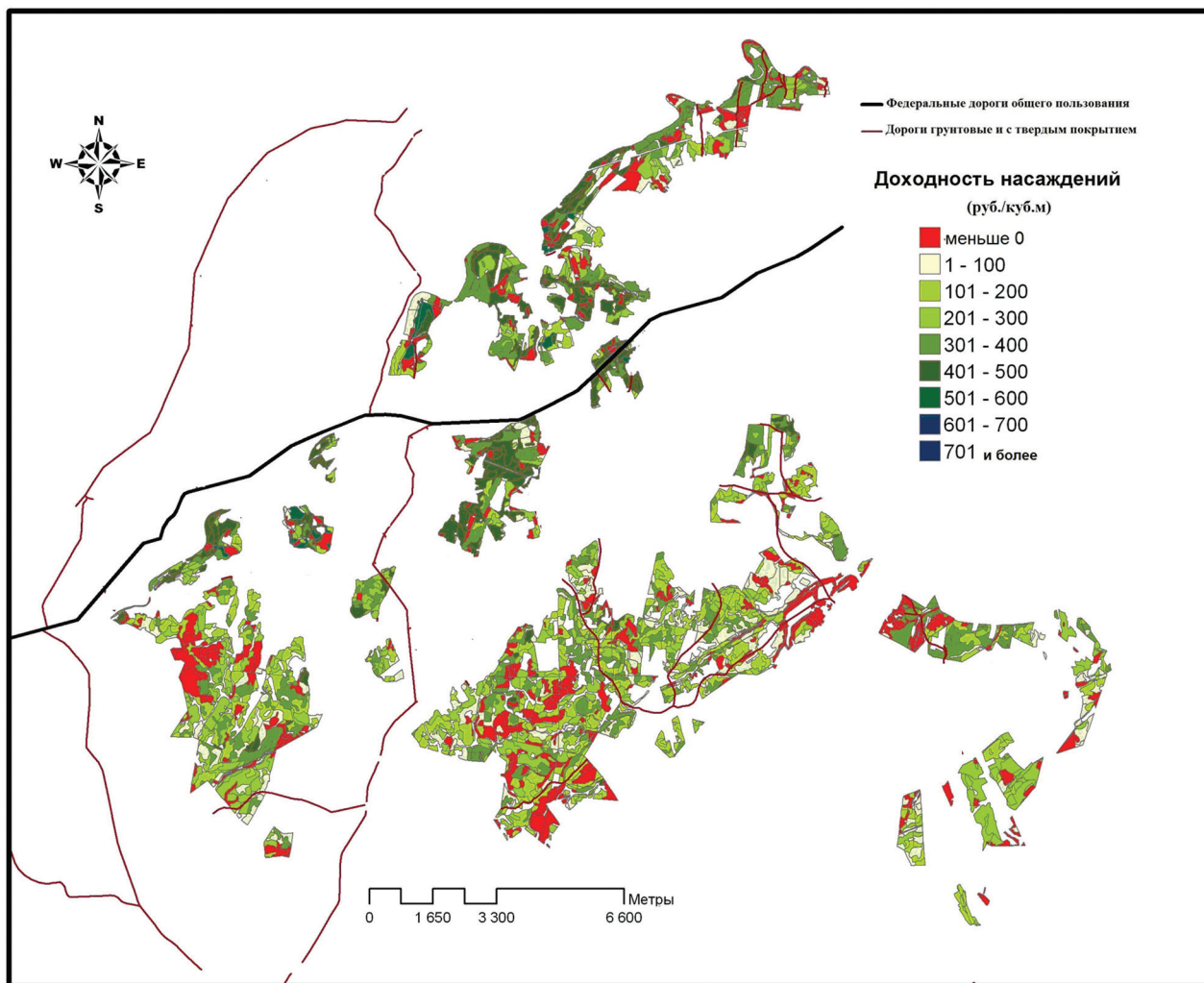


Рисунок. Пространственное распределение насаждений разной степени доходности по всем возрастным группам и хозяйственным секциям защитных и эксплуатационных лесов на исследуемом участке

со спелыми и перестойными насаждениями вошла также большая часть приспевающих и хвойных средневозрастных насаждений, группа убыточных – небольшая часть спелых березняков, большая часть спелых осинников, средневозрастные насаждения лиственных пород, молодняки и некоторые низкобонитетные насаждения хвойных пород.

Фактором, влияющим на уровень доходности насаждений, является планируемый вид рубок на весь проектный срок освоения исследуемого участка. Так, на представленном участке в первое десятилетие сплошными рубками планируется пройти ближайшие к транзитным путям общего пользования зоны доходных насаждений, при этом выборочные рубки территориально приближены к сплошным.

Произведенные расчеты свидетельствовали о высокой доходности древесных ресурсов, отведенных в рубку. Так, средняя доходность хвойных насаждений составила: по соснякам – от 216 до 526 руб./м³, ельникам – от 221 до 435 руб./м³. Средняя рентная стоимость обезличенного кубометра древесины при сплошных рубках составила 200–400 руб. При этом доходны и выборочные рубки, особенно в защитных лесах, что обусловлено наличием высокобонитетных насаждений старших классов возраста (причина – длительное отсутствие рубок в данной категории лесов). По сути дела, речь идет об оценке экономического потенциала таких лесов (гипотетическом доходе).

Представленное на планах размещение доходных и недоходных насаждений по

мере их поспевания будет существенно меняться, однако это изменение происходит относительно медленно – современную картину можно принять как стабильную на период 15–20 лет и на ее основе проектировать развитие первой очереди лесовозных дорог.

Информационно-экономическая модель, включающая рентный анализ древесных ресурсов, строится на базе взаимосвязанных этапов. В качестве первого шага («ресурсный» этап) проводится анализ товарной структуры эксплуатационного запаса древесины и прогнозного баланса заготовки и продаж круглых лесоматериалов. Второй этап («ценовой») строится на основе определения расчетных цен производителей на круглые лесоматериалы по породно-качественно-размерным группам (на базе товарной стоимости древесных стволов по породам, качеству и ступеням толщины). Третий этап («затратный») связан с определением нормативной себестоимости заготовки стволов в зависимости от рентообразующих факторов (породы, ступени толщины, удаленности лесосек от транзитных путей с анализом транспортной инфраструктуры участка). Четвертый этап («рентный») связан с расчетом рентной стоимости (доходности) древесных запасов по таксационным выделам и категорированию древесных запасов (выделов) по разрядам доходности. Для расчетов дохода от заготовки древесины были использованы основные таксационные показатели, с определением доходности заготовки 1 м³ древесины разных пород и разных диаметров, полученных с использованием «компьютерной системы рентной оценки древесных ресурсов леса» [1].

Рента, получаемая с 1 м³ древесины на этапе «заготовка древесины» на участке, в конкретных условиях рассчитывалась по формуле

$$r_d = [\Pi_{сд} / 1 + P/100] - C_d - Z_{тр}, \quad (1)$$

где $\Pi_{сд}$ – средневзвешенная рыночная цена 1 м³ круглого леса на участке (индивидуальная цена), руб.;

C_d – себестоимость заготовки древесины 1 м³ круглого леса на оцениваемом участке, руб.;

P – нормативная прибыль, сохраняемая за лесозаготовительным предприятием, %;

$Z_{тр}$ – затраты на перевозку древесины к потребителю, руб./м³.

Рентная оценка древесины на всем участке ($O'_{дс}$) рассчитывается по формуле

$$O'_{дс} = r_d \cdot M_d \cdot S, \quad (2)$$

где M_d – корневой запас древесины в насаждении на 1 га, м³;

S – площадь участка, га.

$$O_{дп} = r_{пд} \cdot M_{п}, \quad (3)$$

где $r_{пд}$ – рента, получаемая с 1 м³ заготавливаемой товарной древесины, руб./м³ (рассчитывается как r_d);

$M_{п}$ – выбираемый товарный объем древесины на 1 га в насаждении при промежуточном пользовании лесом, м³/га;

$$M_{п} = M_{общ} \cdot P_{выб} \cdot P_{ликв}, \quad (4)$$

где $M_{общ}$ – общий корневой запас древесины в насаждении, м³/га;

$P_{выб}$ – процент выбираемой древесины;

$P_{ликв}$ – процент товарной (ликвидной) древесины в вырубленном запасе.

На основе рентной оценки древесных ресурсов, их товарной структуры, транспортной инфраструктуры, а также заданных размеров пользования по хозсекциям (хозяйствам) набираются годовые лесосеки для сплошных и выборочных рубок.

Методика набора выделов для сплошной рубки включает ряд последовательных операций:

1) составляется карта-схема размещения спелых и перестойных насаждений на территории лесного участка (по хозсекциям) с ранжированием по разрядам доходности;

2) выделяются зоны летней и зимней заготовки;

3) намечаются пункты примыкания лесовозных дорог к транзитным путям и производится камеральное (предварительное) проектирование трасс лесовозных магистралей и веток летней и зимних зон, необходимых для освоения лесных ресурсов участка;

4) лесные кварталы ранжируются в порядке очередности их освоения, при этом в качестве критериев принимаются следующие параметры: удаленность от пунктов примы-

кания лесовозных дорог, запас приспевающих, спелых и перестойных насаждений и их рентная доходность;

5) лесные кварталы рассматриваются в последовательном порядке присвоенных им рангов;

6) производится перебор лесных кварталов;

7) в очередном квартале анализируются все лесотаксационные выделы со спелыми и перестойными насаждениями по следующим показателям: площадь, преобладающая порода (хозсекция), товарная структура древесного запаса, доходность;

8) насаждения рассматриваются по хозсекциям в следующем порядке: сосновая, еловая, березовая, осиновая;

9) в рубку назначаются выделы с положительной (> 0) доходностью;

10) выделяются множества примыкающих друг к другу выделов; если площадь такого множества не превышает предельного размера лесосеки, то оно полностью включается в годичную лесосеку текущего года, если превышает, то «лишние» выделы включаются в лесосеку $i + m$ года, где i – текущий год, m – срок примыкания насаждений для соответствующей хозсекции;

11) вычисляется суммарный запас древесины включенных в годичную лесосеку насаждений по хозсекциям, проверяется соответствие суммарного запаса установленному размеру пользования;

12) годичные лесосеки подобным образом набираются на срок действия проекта освоения лесного участка.

К выборочным рубкам относятся добровольно-выборочные и постепенные рубки спелых и перестойных насаждений, а также рубки ухода в средневозрастных и приспевающих насаждениях. Порядок набора выделов под выборочные рубки аналогичен набору выделов под сплошную рубку. При этом соблюдаются следующие условия:

1) выборочные рубки могут производиться как в эксплуатационных, так и в защитных лесах;

2) выборочные рубки на очередной год следует назначать в тех же лесных кварталах,

в которых назначены сплошные рубки или непосредственно примыкающих к ним лесных кварталов с тем, чтобы не увеличивать потребность в протяженности эксплуатируемых лесовозных дорог.

И пятый этап (этап «визуализации») – это составление карты-схемы насаждений по породно-возрастным категориям и разрядам доходности.

В целом экономический блок информационно-экономической модели дает экономическое обоснование освоения лесного участка.

С помощью информационно-экономической модели удалось осуществить рентную оценку лесных ресурсов для разных сценариев развития лесного рынка региона: первый сценарий – современное состояние, второй – состояние ожидаемое, которое может быть достигнуто в результате экономического роста в стране.

Необходимо отметить, что задачу определения рентной стоимости важно определять для каждого выдела. При этом для региона важнейшим вопросом является вопрос оптимизации возраста рубки.

Компьютерное моделирование динамики лесов на базе информационно-экономической модели дает возможность определить оптимальную стратегию освоения и воспроизводства лесных ресурсов арендуемого участка с целью надежного и экономически наиболее выгодного обеспечения древесным сырьем региональных потребителей на долгосрочную перспективу. Это лесоводственно-экономическое обоснование организации лесопользования и лесного хозяйства, обеспечивающее устойчивое и экономически эффективное снабжение региональной промышленности древесным сырьем, максимизация рентного дохода с сохранением природозащитных функций леса.

Информационно-экономическое моделирование является необходимым и важнейшим инструментом, обеспечивающим применение современных информационных технологий для обеспечения устойчивого природопользования. В его основе лежит комплекс единых информационных моделей,

Рентная оценка лесных ресурсов для разных сценариев развития лесного рынка региона

Вид рубки леса	Спрос на круглые лесоматериалы			
	1 сценарий (современный)		2 сценарий (сбалансированный)	
	тыс. руб.	руб./ м ³	тыс. руб.	руб./ м ³
Сплошная	12481,0	213	24020,4	409
Добровольно-выборочная:				
защитные леса	936,4	85	34365,5	309
эксплуатационные леса	675,2	31	3956,6	196

стандартизация способов доступа к информации и ее корректной интерпретации, обеспечение безопасности информации, а также юридические вопросы совместного использования информации (в том числе интеллектуальной собственности).

По сути дела, это набор интеллектуальных инструментальных средств, поддер-

живающих совместное создание, управление, изменение и использование данных о природном ресурсе.

Библиографический список

1. Починков, С.В. Экономические основы устойчивого лесопользования. Эффективное освоение и воспроизводство лесных ресурсов / С.В. Починков. – СПб: ПРОФИКС, 2007.

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ВЫДЕЛЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ЯДРА ЛЕСНОГО МАССИВА ПОСРЕДСТВОМ ЦИФРОВЫХ КАРТОГРАФИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ

А.А. ЛИХАЧЕВ, *асп. каф. экологии и защиты леса МГУЛ*

allichachev@gmail.com

В настоящее время в условиях сокращения площади лесных массивов в городских и пригородных зонах и возрастающей нагрузки на оставшиеся участки леса все большую актуальность приобретает экологическое планирование территорий и обоснование создания в наиболее значимых из них особо охраняемых природных территорий (ООПТ). В целях поддержания устойчивости природного каркаса в администрации г. Королева была поставлена задача формирования сети ООПТ местного значения на базе наиболее ценных участков сохранившихся природных экосистем города [6]. При этом, как правило, в урбанистических ландшафтах представляет сложность ограничение рекреации и введение запрета массового посещения. Наиболее возможно упорядочивание рекреации в соответствии с экологическим зонированием территории путем создания дорожно-тропиночной сети и рекреационной инфраструктуры в буферной зоне природной территории. В

связи с этим важной научно-прикладной задачей является совершенствование методологии экологического зонирования территорий в локальном масштабе с учетом природных и антропогенных факторов.

Целью работы является разработка методики выделения экологического ядра лесного массива посредством ГИС и обоснование с учетом этого функционально-экологического зонирования модельного лесного массива.

При решении поставленных задач в комплексе использовались методы стационарного лесоэкологического мониторинга и математико-картографические методы с использованием программы Surfer 10.

Лесоэкологические методы. При изучении рекреационного влияния на лесные биогеоценозы посредством проведения одновременных наблюдений на участках одного и того же типа леса (или в одних и тех же условиях местообитания), но с разной степенью

рекреационного воздействия и находящихся в силу этого на разных стадиях рекреационной дигрессии можно получить результат, сходный с длительными стационарными наблюдениями на одних и тех же участках, но в более краткие сроки [10].

В ходе полевого рекогносцировочного обследования территории городского лесного массива были выбраны характерные ценозы так, чтобы обеспечить послойно-ландшафтную выборку для закладки пробных площадей для проведения лесоэкологического мониторинга. Программа последнего включает оценку жизнеспособности лесного фитоценоза по лесопатологическим критериям (соотношение деревьев по породам, по ступеням толщины и категориям состояния с учетом пораженности болезнями и поврежденности вредителями) и степени рекреационной нарушенности по структуре видового состава травяно-кустарничкового яруса, а также исследование структурного разнообразия элементов лесного биогеоценоза [2]. На основе результатов наблюдений на пробных площадях рассчитываются интегральные индикаторные показатели – индекс жизнеспособности древостоя [9] и индекс структурного разнообразия. Первый показатель характеризует продукционную функцию биоценоза, второй – отражает степень сохранности лесного видового разнообразия через спектр местообитаний, сохранившихся в лесном биогеоценозе в условиях рекреационного воздействия [3].

Математико-картографические методы. Картографирование выделов растительности дает возможность увидеть дискретное географическое распределение ее в пространстве. Однако в полной мере возможности геоинформационного подхода в лесоэкологических исследованиях открываются при переходе от дискретных к непрерывным географическим распределениям. В основе такого подхода лежит интерполяция – прогнозирование значений с помощью определенным образом подобранных функций, зависящих от значения признака в опорных точках. Вид этих функций может быть разным и должен быть определен исходя из сущности интерполированного показателя. Принци-

пы географической интерполяции позволяют продолжать выявленные закономерности (связи, тенденции развития) в будущее время, на неизвестную территорию, на неизученный объект, что особенно важно для географического прогноза и мониторинга [4].

Процедуры построения карт изолиний в программе Surfer требуют, чтобы данные были представлены в формате сеточного [GRD] файла. Для того чтобы получить сеточные файлы, мы сначала создали XYZ файлы данных, где X, Y – координаты местности (определялись с помощью GPS), а Z – значение показателя для каждой конкретной точки. Сеточный файл накладывается на карту местности, и полученная карта отражает распределение значений на выбранной территории. Анализ такого распределения позволяет выявить новые закономерности.

При разработке алгоритма обработки данных был использован опыт геостатистики, ранее применявшийся преимущественно в геологических исследованиях [8], но находящий все большее применение в картографировании лесоэкологических показателей [7] и ряда компонентов растительности и животного населения [5]. Для наиболее объективного отображения исследуемых явлений был использован кригинг – метод интерполяции, учитывающий не только удаленность исходных точек от интерполируемых, но и их взаиморасположение; при этом близкие друг к другу исходные точки считаются более коррелированными и потому получают меньший вес [1].

Лесной массив «Сосновый бор» расположен в северной части г. Королева на правом берегу реки Клязьмы. С севера он ограничен руслом реки, а с юга и запада – улицей Советской. В состав участка входят пойменные луга (в северной части), леса на высокой пойме и надпойменной террасе (в южной). Он вытянут с северо-запада на юго-восток, ширина составляет 200–300 м, а длина – около 600 м. Сосновый бор связан с другими природными территориями в пределах Королева посредством реки Клязьма, являющейся естественным экологическим коридором. Коренная растительность представлена еловыми и сосновыми сообществами и занима-

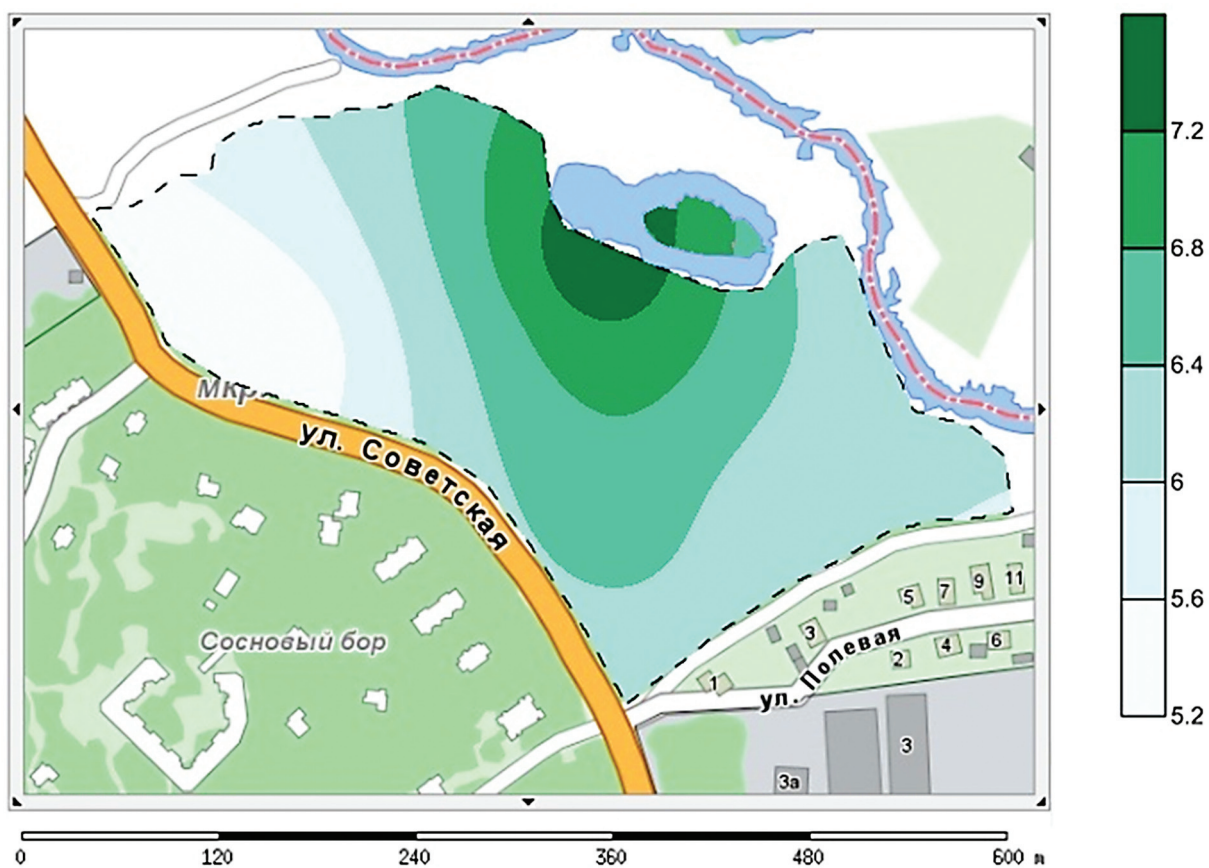


Рис. 1. Жизнеспособность древостоя в лесном массиве Сосновый бор

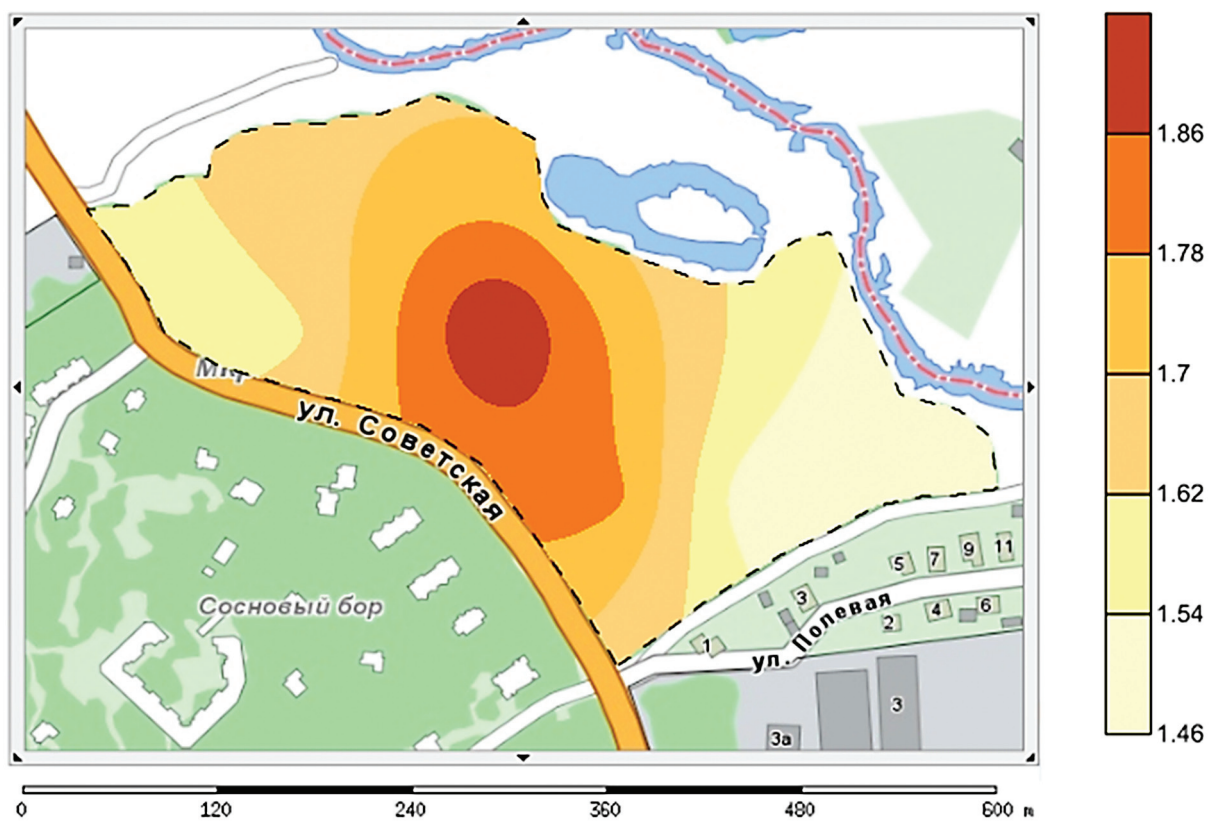


Рис. 2. Структурное разнообразие в лесном массиве Сосновый бор



Рис. 3. Положение экологического ядра в лесном массиве Сосновый бор (выделено темно-зеленым)

ет более 50 % всей лесной площади участка. Участки рекреационно-производных типов леса представлены древостоями с преобладанием лиственных пород: березы, липы и клена платанолистного.

Картина распределения состояния древостоев в пространстве на основе значений соответствующего индекса позволяет выделить зону максимальной жизнеспособности древесной растительности на природной территории (рис. 1). В нее входит остров на Старичном озере, растительность которого ввиду своей изоляции представлена наименее нарушенными сообществами. Наиболее нарушены периферийные территории лесного массива, непосредственно примыкающие к жилым районам и автомобильным дорогам.

Наибольшие значения индекса структурного разнообразия получены для центральной части лесного массива (показатель индекса более 1.7). Здесь располагаются наиболее

ценные ценозы, которые образуют ядро биоразнообразия лесного массива (рис. 2).

При помощи наложения контуров со значениями индекса жизнеспособности древостоя более 6,8 и индекса структурного разнообразия более 1,78 получена пространственная модель территории с выделением экологического ядра (рис. 3). Выделение экологического ядра территории позволяет произвести планирование территории с учетом рекреационного использования. Для устойчивого развития территории необходимо произвести регулирование рекреационной нагрузки путем создания рекреационной инфраструктуры в буферной зоне проектируемой ООПТ.

Библиографический список

1. Андрианов, В.Ю. Англо-русский толковый словарь по геоинформатике / В.Ю. Андрианов. – М.: Дата+, 2001. – 122 с.

2. Беднова, О.В. Мониторинг биоразнообразия лесных и урбоэкосистем / О.В. Беднова, под ред. В.С. Шалаева, Е.Г. Мозолевской. // Мониторинг состояния лесных и городских экосистем: – М.: МГУЛ, 2004. – С. 39–51.
3. Беднова, О.В. Структурное разнообразие лесных биогеоценозов как параметр лесоэкологического мониторинга городских охраняемых природных территорий / О.В. Беднова // Вестник МГУЛ – Лесной вестник. – 2009. – С. 182–191.
4. Берлянт, А.М. Теория геоизображений / А.М. Берлянт. – М.: ГЕОС, 2006. – 262 с.
5. Дега, Н.С. Динамика основных компонентов ландшафта Карачаево-Черкесии в условиях меняющегося климата и хозяйственной деятельности: автореф. дисс. ... канд. геогр. наук / Н.С. Дега – Ростов-на-Дону, 2010. – 165 с.
6. Лихачев, А.А. Методические подходы к разработке экологической сети на основе лесных экосистем г. Королева / А.А. Лихачев // Образование и наука для устойчивого развития. Материалы конференции. – Ч. 1. – М., 2010. – С. 14–15.
7. Лихачев, А.А. Экологическое зонирование территории городского лесного массива с использованием ГИС (на примере г. Королева) / А.А. Лихачев // Вестник МГУЛ – Лесной вестник. – 2011.
8. Матерон, Ж. Основы прикладной геостатистики / Ж. Матерон. – М.: Мир, 1968. – 408 с.
9. Мозолевская, Е.Г. Информационное обеспечение урбомониторинга / под ред. В.С. Шалаева, Е.Г. Мозолевской // Мониторинг состояния лесных и городских экосистем. – М.: МГУЛ, 2004. – С. 108–123.
10. Рысин, Л.П. Влияние рекреационного лесопользования на отдельные компоненты биогеоценозов сосновых и березовых лесов / Л.П. Рысин, Г.П. Рысина // Природные аспекты рекреационного использования леса. – М.: Наука, 1987.

ПОДЕРЕВНАЯ МОДЕЛЬ ДИНАМИКИ МНОГОВИДОВОГО РАЗНОВОЗРАСТНОГО НАСАЖДЕНИЯ (РІХТА)

С.В. ЛЕБЕДЕВ, *соискатель каф. информационных технологий в лесном секторе МГУЛ*,
С.И. ЧУМАЧЕНКО, *проф. каф. информационных технологий в лесном секторе МГУЛ*,
д-р биол. наук

lebedev@mgul.ac.ru

К настоящему времени разработано большое количество моделей динамики насаждений, основанных на различных гипотезах. Применяя оригинальные подходы для построения своих моделей, авторы учитывают различное количество всевозможных параметров, а также используют разную степень детализации при описании и моделировании процессов развития как отдельных деревьев, так и насаждения в целом.

Одними из первых моделей были так называемые GАР-модели [7], которые для прогнозирования развития насаждения использовали ограниченную территорию (GАР), на которой произрастает группа разновозрастных деревьев разных видов, и рассматривали их как неделимую единицу моделирования со своими характеристиками. Моделирование осуществляли посредством взаимодействия внутри ГЭПа, не принимая во внимание процессы, происходящие между GАР-ами. Такие модели позволяют обрабатывать или моделировать развитие насажде-

ния на достаточно больших площадях путем аппроксимации результатов моделирования одного GАРа на подобные лесные участки с минимальными временными затратами, но также обладают недостатками, которые не позволяют достаточно детально проследить влияние соседних GАР, в первую очередь посредством затенения и наличия семян тех или иных видов.

По детализации описания характеристик индивидуумов и применяемым подходам развития дерева данные модели можно условно разделить на 3 группы: физиологические, структурные и индивидуально ориентированные модели.

Физиологические модели [10, 12] основаны на имитации физиологических особенностей индивидуума. Данные модели оперируют такими величинами, как масса сухого вещества, синтезированная на этапе фотосинтеза и затраченная на дыхание и рост как дерева в целом, так и отдельных его частей (ветви, хвоя или листва, ствол, корни).

Структурные модели ориентированы на моделирование структуры индивидуума [8, 9]. В данных моделях учитывается пространственное положение ветвей и положение хвои или листы.

Существуют модели, объединившие характеристики этих двух групп, которые получили название функционально-структурных моделей. Основным недостатком данных моделей, не учитывая временных затрат, необходимых для моделирования периода развития, является их ориентированность на какой-либо единственный вид, а следовательно, отсутствие возможности смоделировать развитие многовидового насаждения.

Индивидуально ориентированные модели, используя более упрощенное представление индивидуума, позволяют оперировать различными видами. Большинство подеревных моделей, не учитывая физиологические и структурные модели, для описания формы кроны дерева используют тела вращения. В ряде моделей используются различные сочетания этих тел. Основным недостатком большинства моделей данного класса является неизменность симметричности кроны, т.е. в периоде онтогенеза независимо от сомкнутости насаждения форма кроны дерева остается симметричной, изменяются только габитусные параметры, что совершенно не соответствует натурным наблюдениям.

В предлагаемой модели также используются сочетания тел вращения (рис. 1) с тем исключением, что симметричной кроной дерево обладает только на момент инициализации. Дальнейшее развитие кроны зависит от множества факторов, в том числе от пространственного положения дерева в насаждении, которое способствуют формированию асимметричной кроны.

Для реализации механизмов асимметричного развития кроны дерева в модели был использован такой параметр, как «направление». Направление в модели – это область небесной полусферы, имеющая четко определенное положение и размер. В модели используется 17 направлений (рис. 2): одно вертикальное и 16 горизонтальных направлений, аналогичных сторонам света.

Основным ресурсом, учитываемым в модели, является фотосинтетически активная солнечная радиация (ФАР) [1], и именно доступность данного ресурса определяет поведение и развитие моделируемого объекта. В модели учитывается прямая радиация, имитирующая движение солнца по небосводу, и рассеянная радиация (светимость самого небосвода). Количество прямых и рассеянных лучей можно задать при инициализации модели.

Каждый луч, используемый в модели, характеризуется 4 параметрами: азимут, высота стояния, интенсивность излучения, время действия. Таким образом, используя только первые два параметра луча, модель точно определяет, какому направлению он принадлежит и, другими словами относительно моделируемого объекта, с какого направления и какое количество энергии пришло в данную точку моделируемого пространства. Вертикальное направление в модели имеет нулевой индекс, направление на север – первый, далее направления нумеруются по порядку по часовой стрелке.

Минимальное количество направлений в модели определено равным шестнадцати, но может быть изменено пользователем только в сторону увеличения. Аналогичный подход с использованием направлений применен в модели [11], в которой пришедшую ФАР вычисляют с четырех направлений (север, юг, восток, запад); форма кроны является эллипсоидальной.

На всем протяжении онтогенеза растения можно выделить несколько совокупностей анатомо-морфологических и физиологических признаков, характерных для определенного этапа развития растения (Уранов) [5]. Каждый из таких этапов называют возрастным состоянием или характерным биологическим возрастом [6]. С.И. Чумаченко в своей модели использовал подход дискретизации онтогенеза растения через возрастные состояния [4]. При построении данной модели был использован аналогичный подход. Для каждого возрастного состояния были определены характерные формы крон (рис. 1) и различные вспомогательные параметры.

Представление индивидуума в модели

В модели применяется два различных способа представления индивидуума. Первый и основной способ – это наборы радиусов (рис. 3), описывающие соответствующие «срезы» (рис. 4) дерева, получаемые в результате условного деления дерева секущими плоскостями (рис. 5).

Второй, или вспомогательный способ – это аппроксимация моделируемого объема при помощи кубической ячейки. Данный способ используется только для выполнения моделирования светового режима (рис. 6).

Количество плоскостей, которыми будет поделено дерево, зависит от высоты объекта и размера ребра ячейки, используемого при моделировании светового режима насаждения. Размер ребра ячейки (далее размер ячейки) определяет расстояние между секущими плоскостями (рис. 5). Данный параметр задает пользователь при первоначальной инициализации модели.

Количество радиусов (рис. 4) на каждом уровне («срезе») кратно количеству направлений с тем условием, что линейное расстояние до следующего радиуса относительно максимального радиуса на уровне не должно превышать размера ячейки, моделирующей пространство.

Под радиусом в данной модели понимается отрезок, состоящий из разных частей минимум одной, максимум трех частей: ствол, ветви, хвоя (листва). Каждая часть характеризуется собственным размером.

Особенности реализации алгоритма расчета светового режима [3] приводят к необходимости использования второго способа представления моделируемого пространства, а само моделирование светового режима приводит к возникновению ситуации, когда ячейка, принадлежащая дереву и занимаемая фотоэлементами после выполнения моделирования, освобождается от фотоэлементов и остается занятой элементами типа ветви (рис. 6). Такое исчезновение части фотоэлементов в ячейках должно быть отражено и в структуре радиусов. Для этого в модели был разработан алгоритм перевода ячеек в радиусы дере-

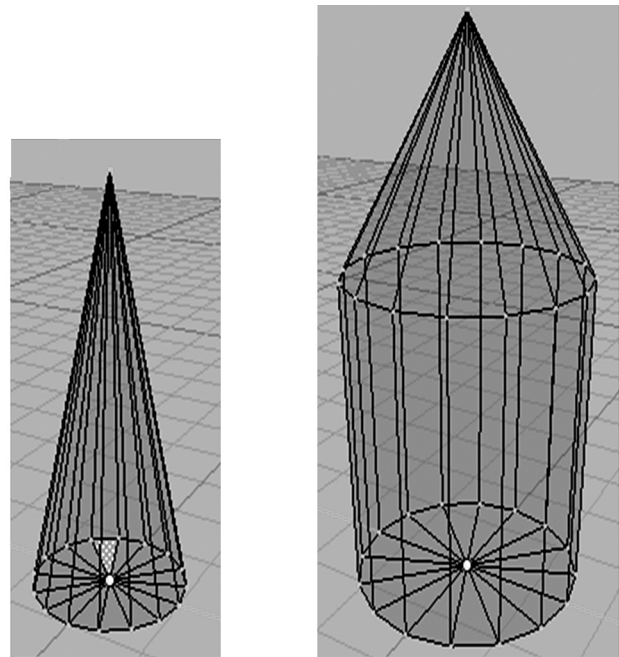


Рис. 1. Формы кроны для различных возрастных состояний. а) форма кроны для i -го возрастного состояния; б) форма кроны для $i+1$ возрастного состояния

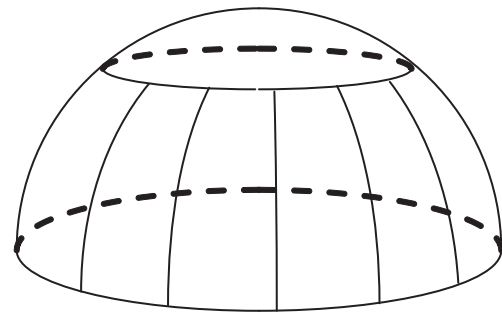


Рис. 2. Направления

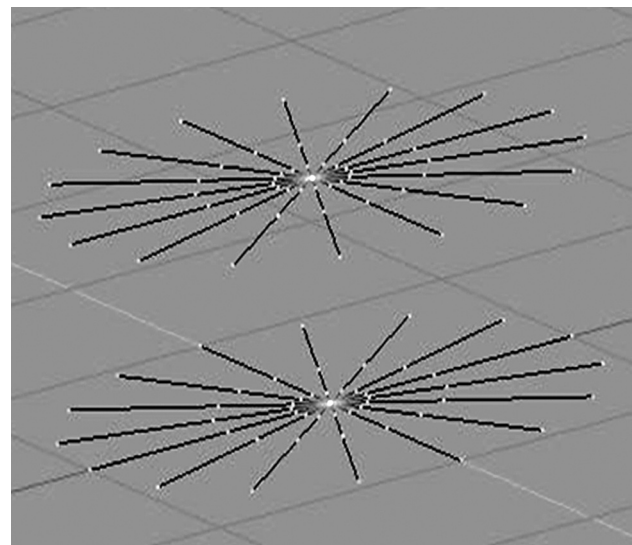


Рис. 3. Радиусы на двух уровнях

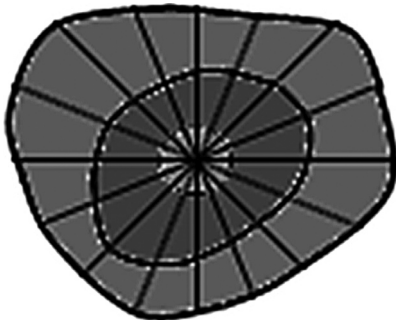


Рис. 4. «Срез» дерева на некотором уровне

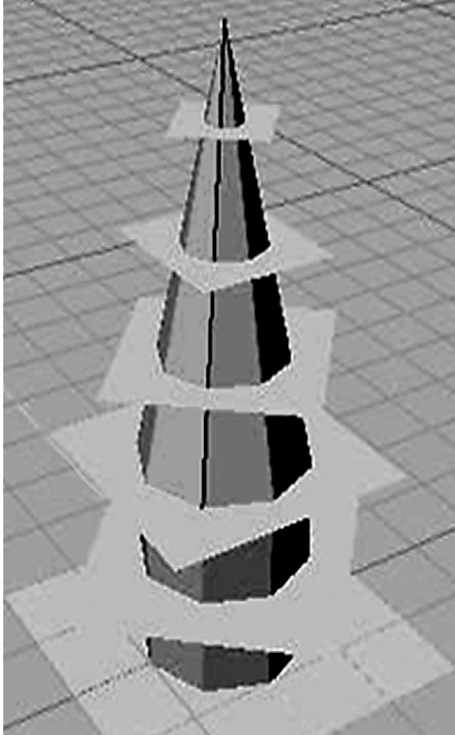


Рис. 5. Пример объекта, поделенного секущими плоскостями

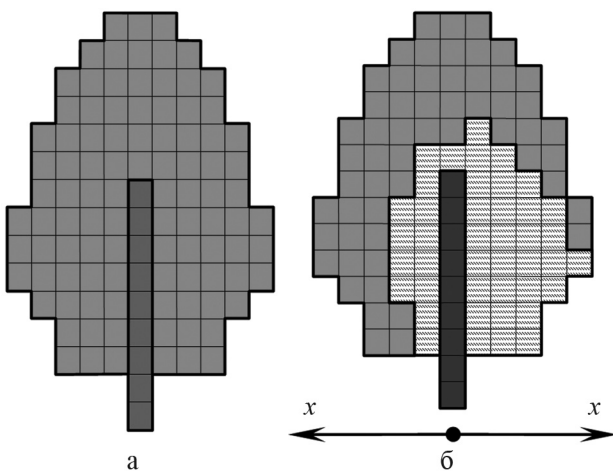


Рис. 6. Пример представления индивидуума набором ячеек: а) до выполнения моделирования светового режима; б) после моделирования светового режима

ва. Основной особенностью этого алгоритма является наиболее точное определение новой структуры каждого радиуса и исключение ситуаций ложного усечения или удлинения радиуса дерева.

Основным параметром, определяющим темп роста дерева в модели, является количество доступной для роста энергии (GrEn). Данный параметр является количественной оценкой полученной деревом энергии, уменьшенной на величину затрат энергии, необходимых дереву на дыхание.

Определение темпов изменения параметров дерева (высота, диаметр ствола, возрастное состояние) происходит с использованием количества доступной энергии для роста, типа лесорастительных условий и текущего возрастного состояния дерева (рис. 7).

На этапе расчета общего количества полученной энергии, наряду с вычислением полученной деревом энергии, происходит определение количества энергии, пришедшей в каждую ячейку с определенного направления, а также производится расчет угнетения (затенения) направления на каждом уровне. Вычисление угнетения (затенения) дерева на своем высотном уровне является важным этапом работы модели в целом, т.к. полученные на данном этапе результаты будут использованы на этапе «перераспределения» энергии, что, в свою очередь, непосредственно влияет на ассиметричное развитие кроны дерева.

Определение угнетения направлений на высотных уровнях состоит из нескольких шагов. На первом шаге среди всех ячеек дерева определяются периферийные ячейки для каждого направления на уровне. Периферийная – это самая дальняя от ствола ячейка, принадлежащая определенному направлению (рис. 8).

На втором шаге среди всех найденных периферийных ячеек, принадлежащих определенному направлению, находится ячейка, получившая максимальное количество энергии с соответствующего направления $E_{\max}[n]$, где n – количество направлений.

На третьем, заключительном шаге, происходит вычисление значения угнетения

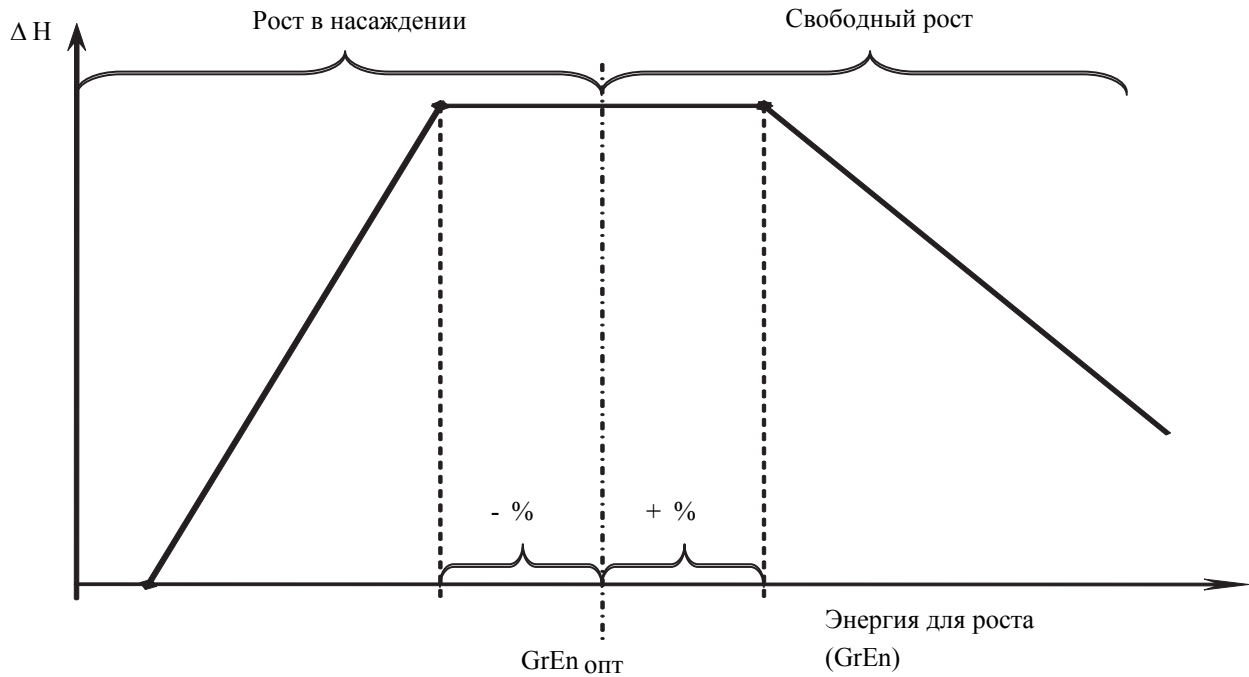


Рис. 7. Определение темпов роста в высоту под определенным ТУМ

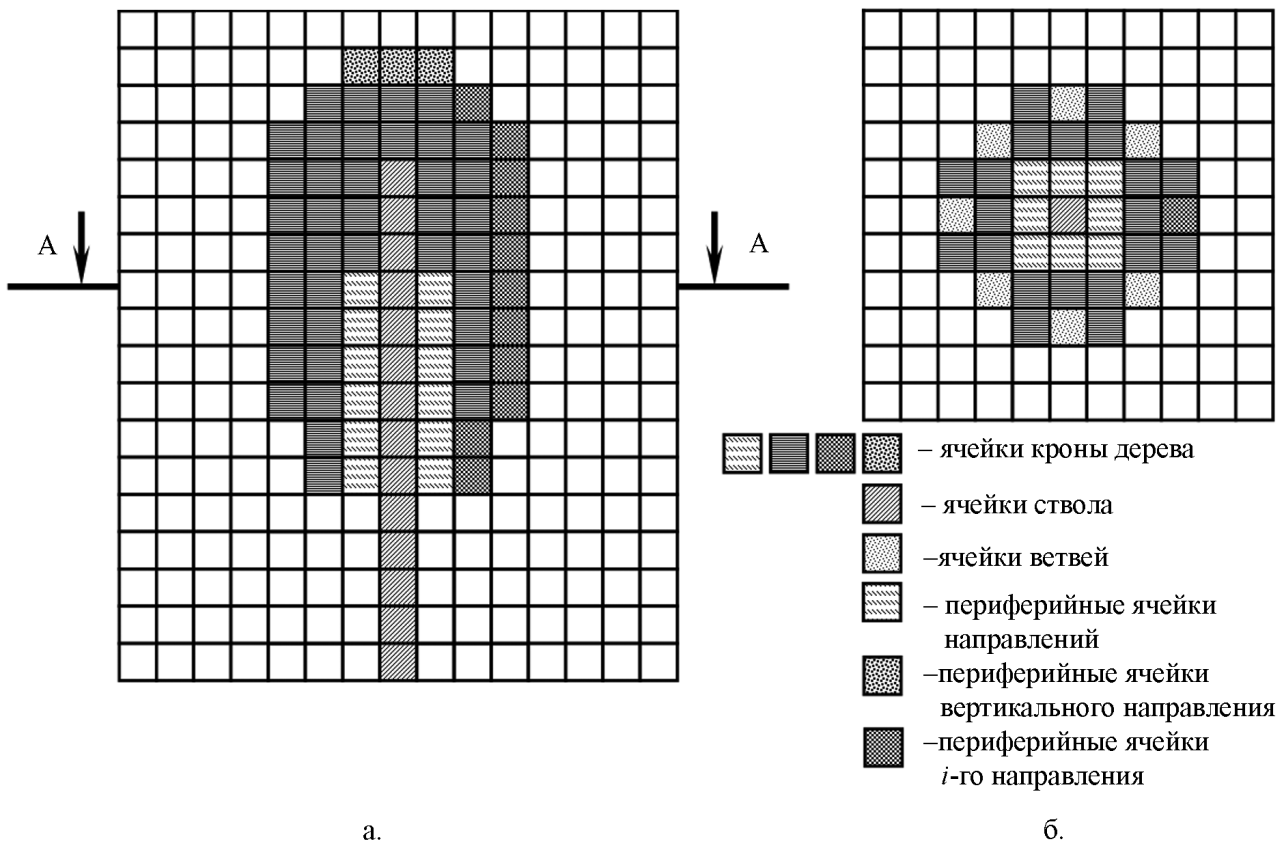


Рис. 8. Положение ячеек, аппроксимирующее дерево. а) Сечение сайта по i направлению через центр ствола дерева б) Разрез А-А

направления n на уровне k : $U_{n,k} = E_{n,k} / E_{\max}[n]$, где $E_{n,k}$ – количество энергии, полученное периферийной ячейкой n -ого направления на

уровне k . Другими словами, угнетение направления на уровне является относительной величиной, показывающей, во сколько раз

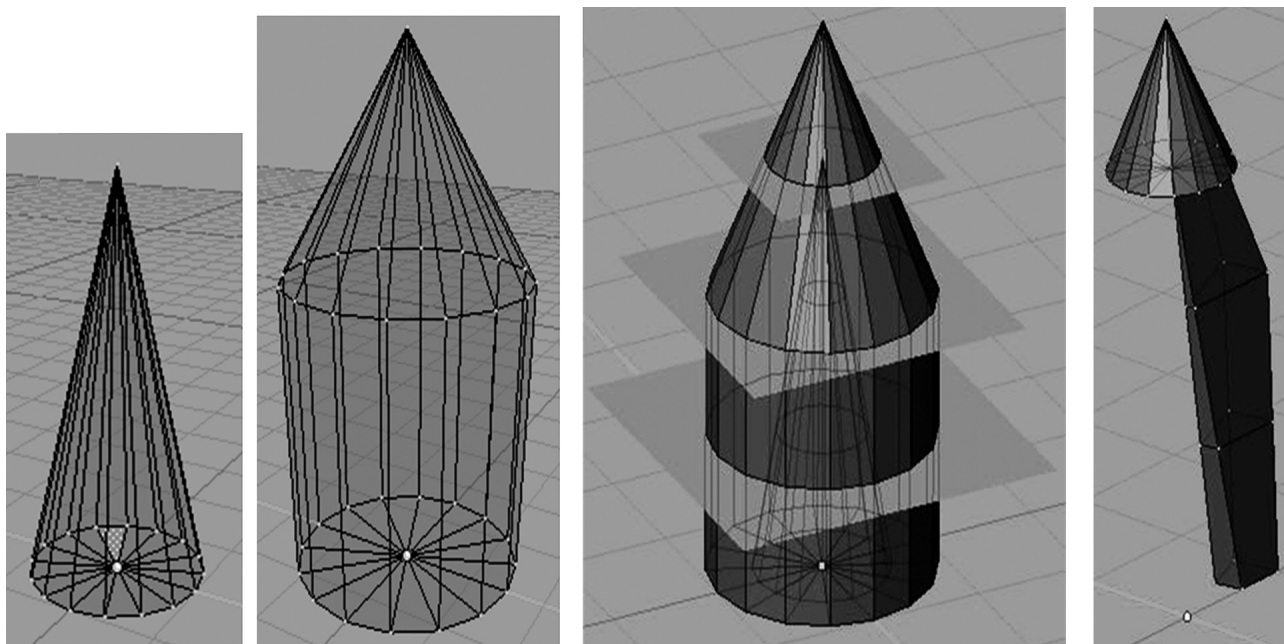


Рис. 9. Определение теоретических объемов прироста кроны по уровням и направлениям.
 а. Форма кроны для i -го (текущего) возрастного состояния; б. Форма кроны для $i+1$ (будущего) возрастного состояния; в. Представление объема прироста и секущие плоскости; г. Объемы прироста в вертикальном и n -том направлении

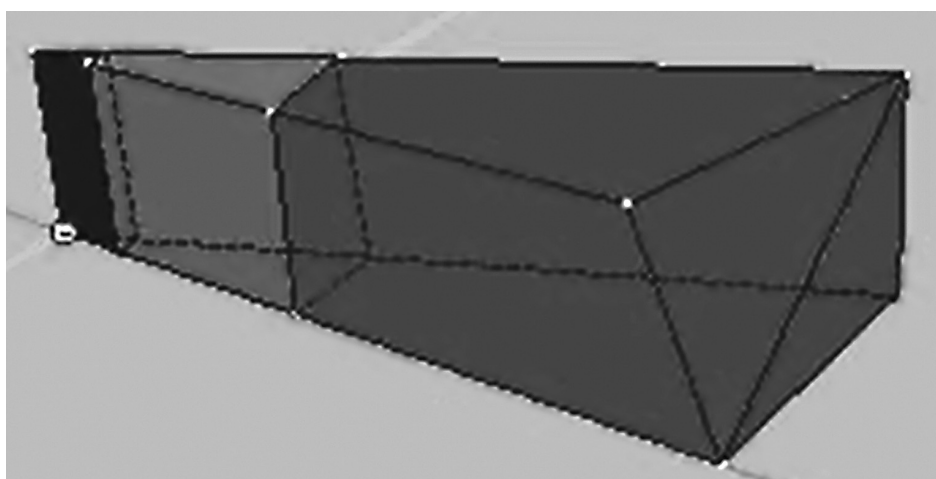


Рис. 10. Пример построения плоскостей

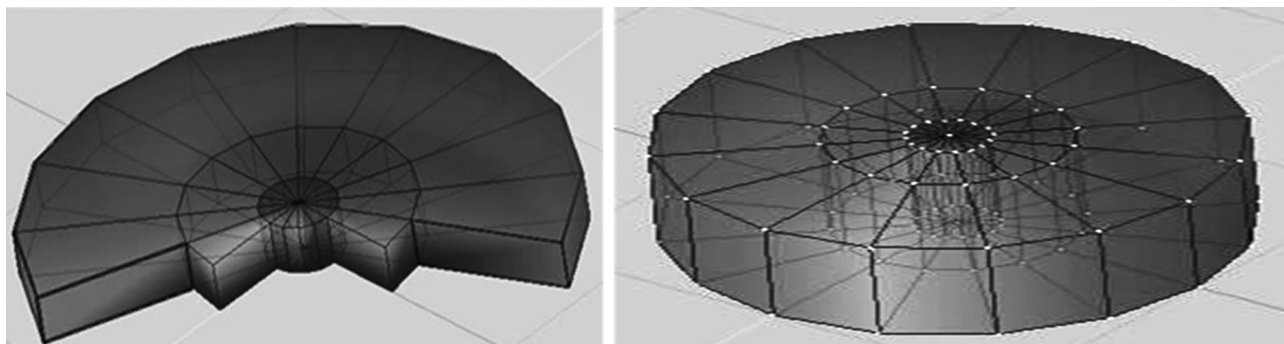


Рис. 11. Плоскости, построенные с использованием радиусов двух соседних уровней. Левый – вид, показывающий наличие внутренних плоскостей. Правый – общий вид построенных плоскостей

полученное количество энергии меньше максимального количества энергии, пришедшего к дереву с этого же направления. Применение такого подхода к определению угнетения позволяет моделировать как симметричное, так ассиметричное развитие кроны дерева под пологом насаждения.

Определение потенциально возможных приростов по радиусам кроны

Модель рассчитывает сначала потенциально возможный прирост, т.к. реальный прирост определяется на этапе конкуренции за пространство, а не только количеством полученной энергии.

Этап определения потенциальных приростов состоит из нескольких шагов:

1. Определение теоретических объемов прироста кроны по всем уровням и направлениям при переходе из текущего возрастного состояния в будущее возрастное состояние (рис. 9).

2. Перераспределение энергии. Шаг перераспределения энергии является шагом, «стимулирующим» развитие дерева в наименее угнетенных направлениях. Обработка начинается с самого нижнего уровня, и после того, как на данном уровне будут обработаны все направления, алгоритм приступает к обработке следующего уровня, тем самым передвигаясь с основания кроны дерева к его вершине.

3. Вычисление линейного значения прироста производится по выделенному на рост количеству энергии. Рассчитав количество энергии, выделенное на рост направления, определяем объем прироста, соответствующего выделенной энергии, минимальное значение объема прироста между объемами, рассчитанными на первом и втором шагах, а также вычисляем линейные значения приростов радиусов. Применение такого подхода позволяет остаться в соответствии с видовой формой кроны, характерной для дерева, а также смоделировать ассиметричное развитие кроны, вызванное затенением (угнетением) соседа, а не только конкуренцией за пространство, являющейся результатом смыкания крон. После расчета возможных

приростов модель переходит к выполнению блока, отвечающего за рост и конкуренцию за пространство.

Алгоритм роста дерева как механизм конкуренции за пространство

Рост дерева приводит к изменению габитусных параметров, и как следствие, к изменению занимаемого деревом пространства. При росте на свободе пространство как ресурс не является лимитирующим развитие, и, следовательно, дерево может реализовать весь свой потенциал к росту, рассчитанный на предыдущем этапе. Но если рост дерева связан с его развитием в сомкнутом насаждении, то становится понятно, что окружающее дерево пространство занято другими деревьями, и рост дерева в том или ином направлении может быть остановлен соседним деревом в точке, которую можно назвать точкой конкуренции в пространстве. Таким образом, реализация алгоритма роста сводится к поиску всех точек конкуренций в пространстве и определении «победителей» и «побежденных».

Перед тем как непосредственно приступить к описанию алгоритма, отмечу, что дерево представлено набором радиусов для каждого высотного уровня, а каждый радиус состоит из соответствующих частей (рис. 4), характеризующих ту или иную часть дерева (ствол, ветви, фотоэлементы).

Т.к. радиус состоит из частей, а нам известны такие параметры, как координаты центра ствола, порядковый номер радиуса (угол поворота радиуса относительно направления на север), длина каждой части, то модель вычисляет пространственные координаты каждой точки, соответствующие началу и концу части радиуса (рис. 3).

Далее по этим точкам модель строит плоскости. На рис. 10 показано, что при построении плоскостей модель использует только точки частей ближайших радиусов на текущем и соседнем уровне. Каждая построенная плоскость имеет свои характеристики, которые позволяют в дальнейшем определить, сможет ли она остановить рост радиуса соседнего дерева. Пример построенных плос-

костей по радиусам двух уровней показан на рис. 11.

После того как все плоскости будут построены, модель переходит к следующему шагу алгоритма роста. На этом шаге определяется вектор роста радиуса прирастаемого дерева, и для него ищут возможные пресечения с рассчитанными на предыдущем шаге плоскостями. Стоит отметить, что ищут пересечения с плоскостями соседних деревьев. После того как пересечение было найдено, определяется возможность усечения прирастаемого радиуса соответствующей плоскостью. И если усечение происходит, т.е. рост радиуса останавливается, вычисляется новая длина радиуса.

Определение победителя в конкуренции за точку пространства происходит в зависимости от одного из параметров конкурирующих деревьев, называемого параметром теневыносливости. Победителем является более теневыносливый соперник. Данный параметр является характеристикой вида дерева, зависящей от возрастного состояния дерева.

После выполнения блока роста мы знаем длины радиусов дерева с учетом конкуренции за пространство. Можно сказать, что на выполнении данного блока завершается цикл обработки вегетационного периода, и следующим шагом моделирования, при условии, что пользователь задал несколько шагов моделирования, является вычисление светового режима уже нового, подросшего насаждения.

Предлагаемая модель позволяет симулировать динамику развития как отдельно стоящего дерева, так и насаждения в целом. Модель можно использовать для предоставления прогноза развития парков и аллей как с момента их закладки, так и после проведения реконструкций. В модели присутствует механизм визуализации данных, который позволяет пользователю увидеть трехмерную сцену моделируемого объекта. Наличие механизмов развития асимметричной кроны дерева выделяет данную модель из общего

числа аналогичных и позволяет предоставить пользователю более корректные и приближенные к натурным данным результаты моделирования.

Библиографический список

1. Алексеев, В.А. Световой режим леса / В.А. Алексеев. – Л.: Наука, 1975. – 228 с.
2. Животовский, Л.А. Онтогенетические состояния, эффективная плотность и классификация популяций растений / Л.А. Животовский // Экология, 2001. – № 1. – С. 3–7.
3. Лебедев, С.В. Динамическая модель разновозрастного многовидового лесного ценоза: моделирование светового режима под пологом / С.В. Лебедев, С.И. Чумаченко // Экология, мониторинг и рациональное природопользование/ науч. тр. – Вып. 318. М.: МГУЛ, 2002. – С. 111–118.
4. Носова, Л.М. Моделирование структуры фитомассы древостоев лесных экосистем / Л.М. Носова, А.В. Французов, С.И. Чумаченко // Проблемы мониторинга и моделирования динамики лесных экосистем. – М., 1995. – С. 244–251.
5. Уранов, А.А. Классификация и основные черты развития популяции многолетних растений / А.А. Уранов, О.В. Смирнова // Бюлл. МОИП. Отд. биол., 1969. – Т.74. – Вып.1. – С. 119–134.
6. Чистякова, А.А. Диагнозы и ключи возрастных состояний лесных растений. Деревья и кустарники / А.А. Чистякова, Л.Б. Заугольнова, И.В. Полтинкина, под ред. О.В. Смирновой. – Ч.1. – М.: Прометей, 1989. – 102 с.
7. Botkin D.B., Janack J.F., Wallis J.R. Some ecological consequence of a computer model of forest growth // J.ecol., 1972. vol. 60. N5. – p. 849–872.
8. Kellomäki S., Strandman H. A model for the structural growth of young Scots pine crowns based on light interception by shoots. Ecological Modelling. 80/2-3 (1995), p.237–250.
9. Perttunen J. The LIGNUM functional-structural tree model. Systems Analysis Laboratory Research Reports, A102, 2008.
10. Sievanen R., Nikinmaa E., Nygren P., Ozier-Lafontaine H., Perttunen J., Hakula H. Components of functional-structural tree models // Annals of Forest Science 57 (2000). p. 399–412.
11. Umeki K., Tada K., Lin E.M., Honjo T. Long-term crown expansion of Quercus crispula in Hokkaido, northern Japan: observation and modeling, The Fifth International Workshop on Functional-Structural Plant Models, 2007, p. 44.1–44.4.
12. Wang Y.P., Jarvis P.G. Description and validation of an array model – MAESTRO // Agricultural and Forest Meteorology vol. 51. 1990. p. 257–280.

МЕТОД ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ С ГИПЕРСПЕКТРОМЕТРОВ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОРОДЫ РАСТИТЕЛЬНОСТИ ПРИ ДИСТАНЦИОННОМ МОНИТОРИНГЕ

Ю.С. ГАЛКИН, проф. каф. физики МГУЛ, д-р техн. наук,
В.С. ШАЛАЕВ, проф. МГУЛ, д-р техн. наук,
Ю.П. БАТЫРЕВ, доц. каф. физики МГУЛ, канд. техн. наук,
В.Н. ПОТАПОВ, асп. каф. физики МГУЛ,
Ч.Д. ЭСЕНАЛИЕВ, асп. каф. физики МГУЛ

galkin@mgul.ac.ru

Достижения в области технологий аэро-космического мониторинга леса в первую очередь обязаны достижениям космической техники и космического приборостроения. Для мониторинга лесов широко используются спутниковые данные низкого, среднего и высокого разрешения [1]. Лесные службы используют снимки с зарубежных космических аппаратов (КА): TERRA, Landsat (ETM), SPOT, IRS, ERS(SAR), ENVISAT(ASAR) и снимки с российских КА: «Ресурс-01», «Метеор-3М», «Монитор-Э». Все более широко используются данные детального разрешения зарубежных КА: IKONOS, Quick-Bird, ALOS; российские потребители начали работы с данными КА «Ресурс-ДК». Помимо оптических

данных для районов, покрытых облачностью большую часть года, используются радиолокационные данные. Поставкой космических снимков для отечественного рынка занимаются как государственные (ФГУП НИЦ КМЗ, Госцентр «Природа»), так и коммерческие организации (ИТЦ Сканэкс, Совзонд и др.).

Большой вклад в создание методов обработки космических снимков лесов внесли организации Рослесхоза (ВНИИЛМ, «Авиалесохрана», «Центрлеспроект», «Севзаплеспроект», «Запсиблеспроект»), академические институты (ИКИ РАН, ИРЭ РАН, ЦЭПЛ РАН, ИЛ СО РАН), научные центры (ЦПАМ «АЭРОКОСМОС»), вузы (МГУЛ, СПбЛТА, МарГТУ).

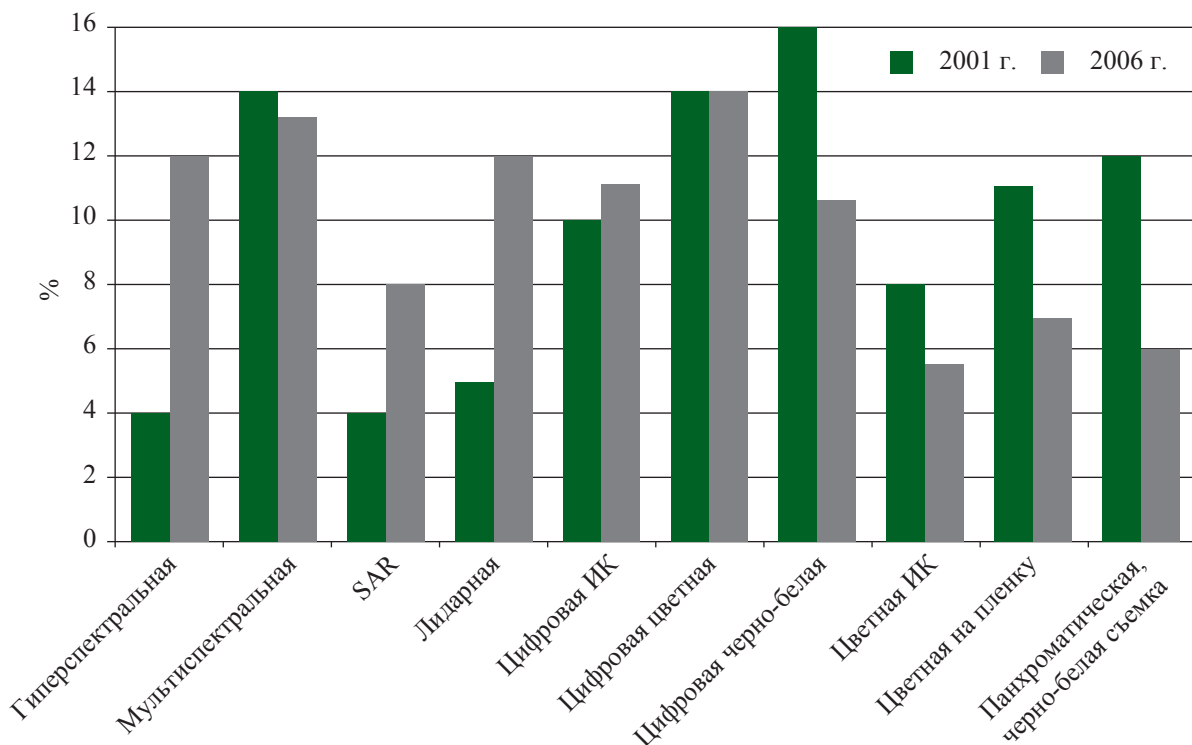


Рис. 1. Оценка спроса на различные типы данных

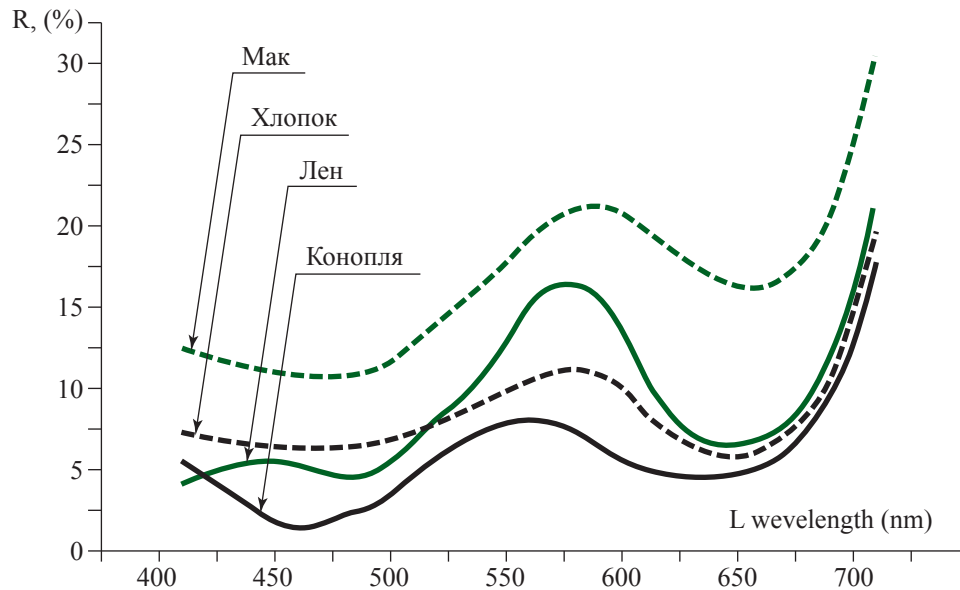


Рис. 2. Спектры травянисто-кустарниковой растительности

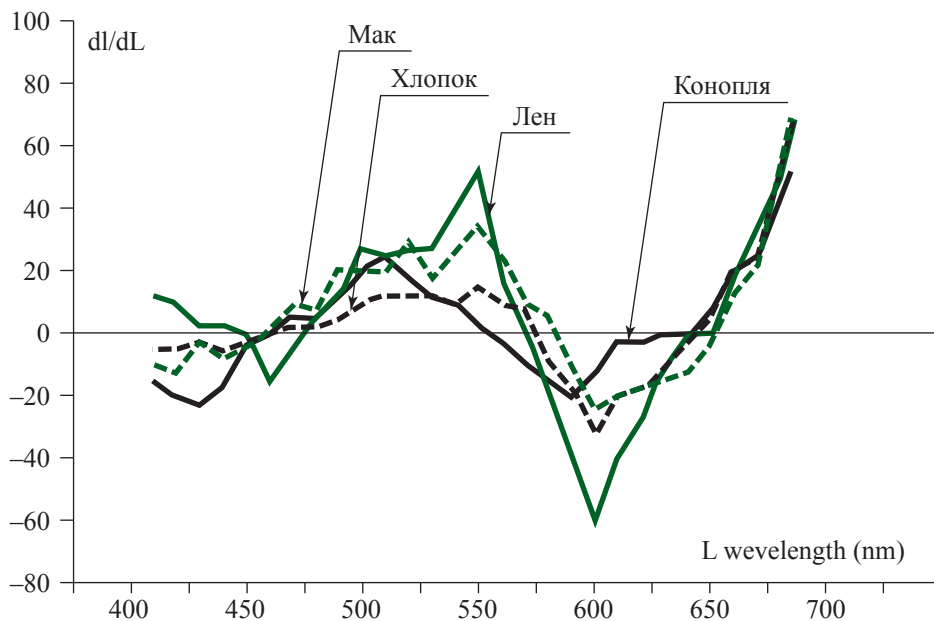


Рис. 3. Результат работы разрабатываемого алгоритма

Однако в настоящее время отчетливо проявился ряд факторов, сдерживающих развитие и внедрение технологий аэрокосмического мониторинга леса. Уровень методических разработок и практического применения данных дистанционного зондирования в лесном хозяйстве остается недостаточным. Отсутствует координация научно-исследовательских и методических работ на отраслевом, межотраслевом и международном уровнях.

Производственные организации, выполняющие лесоинвентаризационные рабо-

ты, слабо используют информацию аэрокосмических снимков.

Кроме того, данных, полученных со снимков, состоящих из малого числа спектральных каналов (3–30 в зависимости от спутника), зачастую недостаточно для дешифрирования с производственной точностью.

По данным отечественных и зарубежных исследований [2], с каждым годом в мире все большим спросом пользуются гиперспектральные снимки с количеством каналов от 80 и выше. Это отчетливо видно на рис. 1.

Поэтому считается перспективным использовать именно такие снимки и актуальным – совершенствование технологии их обработки.

На сегодняшний день в мире и России существуют приборы для гиперспектральной съемки, информация о которых частично известна. Среди них:

1. Гиперспектрометр Hyperion. Входит в состав-спутника Earth-Orbiter 1 (EO1), был выведен на орбиту в 2000 г. Содержит 220 спектральных каналов в диапазоне 0,4–2,4 мкм с шириной 10 нм и размером пикселя гиперкуба на поверхности Земли 30 м на 30 м.

2. Канадский гиперспектрометр itres CASI – 1500, используемый ЗАО «НИПИ ИнжГео». Имеет 288 спектральных каналов, спектральный диапазон 380–1050 нм, регистрируемые интервалы спектра/строки 2,4 нм.

3. Прибор MODIS (Moderate-resolution Imaging Spectroradiometer, спектрорадиометр среднего разрешения). Создан NASA/США, имеет 36 спектральных каналов в диапазоне 0,405–14,385 мкм с размером элемента изображения на Земной поверхности 250 м, 500 м или 1000 м в зависимости от канала. Его, правда, нельзя в полной мере отнести к приборам под названием гиперспектрометр ввиду небольшого количества каналов (36, планируется до 100).

4. Малый космический аппарат ДЗЗ «Астрогон» с гиперспектрометром высокого пространственного разрешения, разработанный НТЦ «Реагент» [3].

Основные характеристики КА «Астрогон»:

- количество спектрально-поляризационных каналов измерения > 1000;

- гиперспектральный режим съемки осуществляется в каждом из поддиапазонов по программе, заданной с Земли или сформированной на борту. При этом в спектральных зонах измерения проводятся в двух поляризациях;

- многоспектральный режим съемки осуществляется в фоновом (к гиперспектральному) режиме без поляризации входного излучения. Разрешение фонового вдвое ниже по сравнению с гиперспектральным каналом;

5. По заказу Газпрома в конце 90-х годов был создан гиперспектрометр для авиационного мониторинга состояния газо- и нефтепроводов на Крайнем Севере.

А также известны некоторые другие, не приспособленные для использования в летательных аппаратах.

Однако все перечисленные гиперспектрометры имеют существенные недостатки. Так, снимки «Астрогон» имеют слишком низкое разрешение и для решения большинства задач лесного хозяйства не подходят. MODIS, как уже было упомянуто, имеет слишком мало каналов. Гиперспектрометр Газпрома подходит в основном для узкоспециализированных задач (поиск нефти, газа), кроме того не имеет открытого доступа.

Поэтому несколько организаций задались целью разработать и сконструировать гиперспектрометры, которые решали бы широкий спектр задач, в том числе задач лесного хозяйства. Некоторые из них продвинулись в этом вопросе до создания прототипных моделей, которые уже прошли экспериментальную проверку и показали результаты, пригодные для решения задач лесного хозяйства.

Ученые и инженеры МФТИ НПО «Лэптон» разработали и экспериментально проверили прибор с характеристиками, позволяющими решать задачи с высокой точностью. Рабочий спектральный диапазон прибора равен 400–980 нм, число спектральных каналов – 150 [4].

Ученые и инженеры ИКИ РАН совместно с НТЦ «Реагент» разработали и экспериментально проверили прибор со следующими характеристиками: число спектральных каналов 106, спектральный диапазон 450–900 нм [3].

В настоящее время методика обработки гиперспектральных снимков ничем не отличается от методики обработки обычных снимков, что не позволяет полностью раскрыть потенциал таких снимков и извлечь максимум информации.

Поэтому был разработан алгоритм, позволяющий увеличить дешифровочную способность гиперспектральных снимков, в частности решить очень важную проблему уменьшения зависимости результатов от вне-

Относительные диапазоны дешифровочных признаков

Растение	Отражение %	NDVI	T(+)-T(-)	A(+)+A(-)	A(+)-A(-)
Мак	20	0,84	11	35	3
Хлопок	23	0,52	27	38	-14
Лен	24	0,65	10	89	-7
Конопля	35	0,49	25	48	8
Среднее	25	0,62	18	52	8
Относительный диапазон признака	65 %	56 %	88 %	104 %	275 %

шних факторов при съемке (недостаток освещения, угол съемки, задымленность и другие шумовые характеристики). Алгоритм работает следующим способом.

1. Из исходного гиперспектрального изображения создают и записывают матрицу интенсивностей всех спектральных каналов для определяемого пикселя.

2. Сдвигают матрицу по оси частот (по номерам каналов) и записывают ее.

3. Матрицы вычитают (из второй первую) и записывают разностную матрицу.

4. Указанные действия повторяют для всех пикселей изображения.

В результате представленного алгоритма обработки будет получена трехмерная матрица по координатам пикселей и длинам волн (или номеров каналов). Каждому пикселю будет соответствовать некоторая кривая, распределение нулей и экстремумов которой однозначно характеризует класс кластеризации.

Для проверки этого алгоритма была построена соответствующая модель. Моделирование и оценка результатов действия алгоритма иллюстрируется графиками на рисунках 2 и 3.

На рис. 2 приведен образец исходных спектров объектов, которые необходимо классифицировать. Над спектрами проведены операции, требуемые разрабатываемым алгоритмом с шагом по спектру 10 нанометров.

На рис. 3 приведены значения разностей последовательных каналов (третья координата матрицы), которые образуют набор информативных признаков, относящихся к каждому исходному спектру. Такими признаками являются положительная и отрицательная амплитуды (A(+)) и A(-) соответственно, расстояния между нулями положительной и

отрицательной полуволн (T(+)) и T(-) соответственно) и комбинации (например, суммы и разности соответствующих параметров).

Сравнительные характеристики по диапазону дешифровочных признаков существующих и предложенного алгоритма приведены в таблице. Диапазон изменений дешифровочных признаков приведен в отношении к среднему значению используемого параметра, характеризующего возможный уровень шумовой погрешности параметра.

Таким образом, из таблицы следует, что новые дешифровочные признаки более чувствительны к типам растительности, чем традиционные, и позволяют создать многомерное поле признаков (причем в автоматизированном режиме), что повышает надежность дешифрирования.

Можно сделать вывод, что эксперименты показали перспективность использования гиперспектральных снимков для дешифрирования видов растительности.

Библиографический список

1. Сухих, В.И. Аэрокосмические методы в лесном хозяйстве и ландшафтном строительстве: учебник / В.И. Сухих. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2005. – 392 с.
2. Галкин, Ю.С. Современное состояние и тенденции развития техники и технологий дистанционного зондирования земли / Ю.С. Галкин, В.С. Шалаев, А.Н. Кравченко // Вестник МГУЛ – Лесной вестник. – 2008. – № 1. – С. 106–112.
3. Непобедимый, С.П. Гиперспектральное дистанционное зондирование земли / С.П. Непобедимый, И.Д. Родионов, Д.В. Воронцов и др. // Доклады Академии наук. – 2004. – Т. 397. – № 1. – С. 45–48.
4. Кондранин, Т.В. Технология оценки состояния объектов природно-техногенной сферы по данным аэрокосмического мониторинга / Т.В. Кондранин, В.В. Козодеров, О.Ю. Казанцев и др. // Институт космических исследований РАН.

МЕТОД АМПЛИТУДНОЙ СЕЛЕКЦИИ СПЕКТРАЛЬНЫХ МАКСИМУМОВ ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ ПОРОДНОГО СОСТАВА ЛЕСОВ

Ю.С. ГАЛКИН, проф. каф. физики МГУЛ, д-р техн. наук,
 В.С. ШАЛАЕВ, проф. МГУЛ, д-р техн. наук,
 Ю.П. БАТЫРЕВ, доц. каф. физики МГУЛ, канд. техн. наук,
 В.Н. ПОТАПОВ, асп. каф. физики МГУЛ,
 Ч.Д. ЭСЕНАЛИЕВ, асп. каф. физики МГУЛ

galkin@mgul.ac.ru

Государственная инвентаризация лесов является важнейшим элементом лесоучетных работ в Российской Федерации. Данные такого учета используются при организации и ведении работ на лесных участках, при переводе земель лесного фонда в земли других категорий, при регистрации прав на лесные

участки. Во всех указанных случаях потребители информации требуют предоставления объективных и самых последних данных об объектах лесного фонда, тогда как лесостроительство в лесах РФ ранее проводилось с интервалом 10–20 лет. В сложившейся ситуации достаточно эффективным способом обновле-

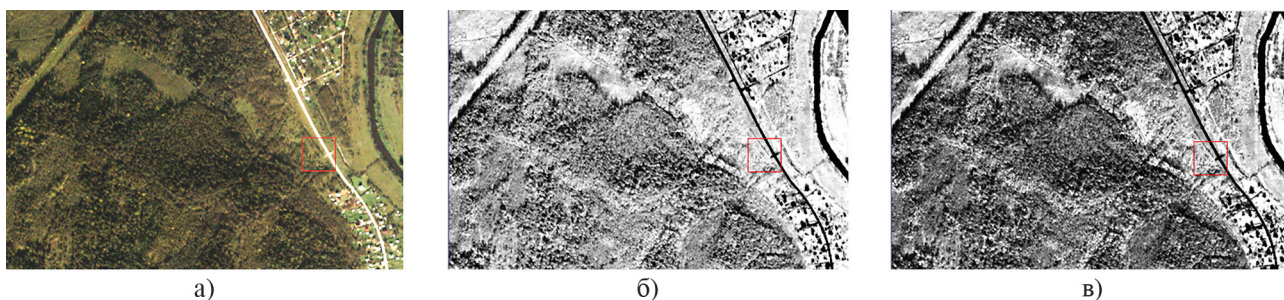


Рис. 1. а) Исходный снимок в реальных цветах (QuickBird), б) *Normalized Difference Vegetation Index* $NDVI=(NIR-R)/(NIR+R)$, в) *Simple Ratio Index*

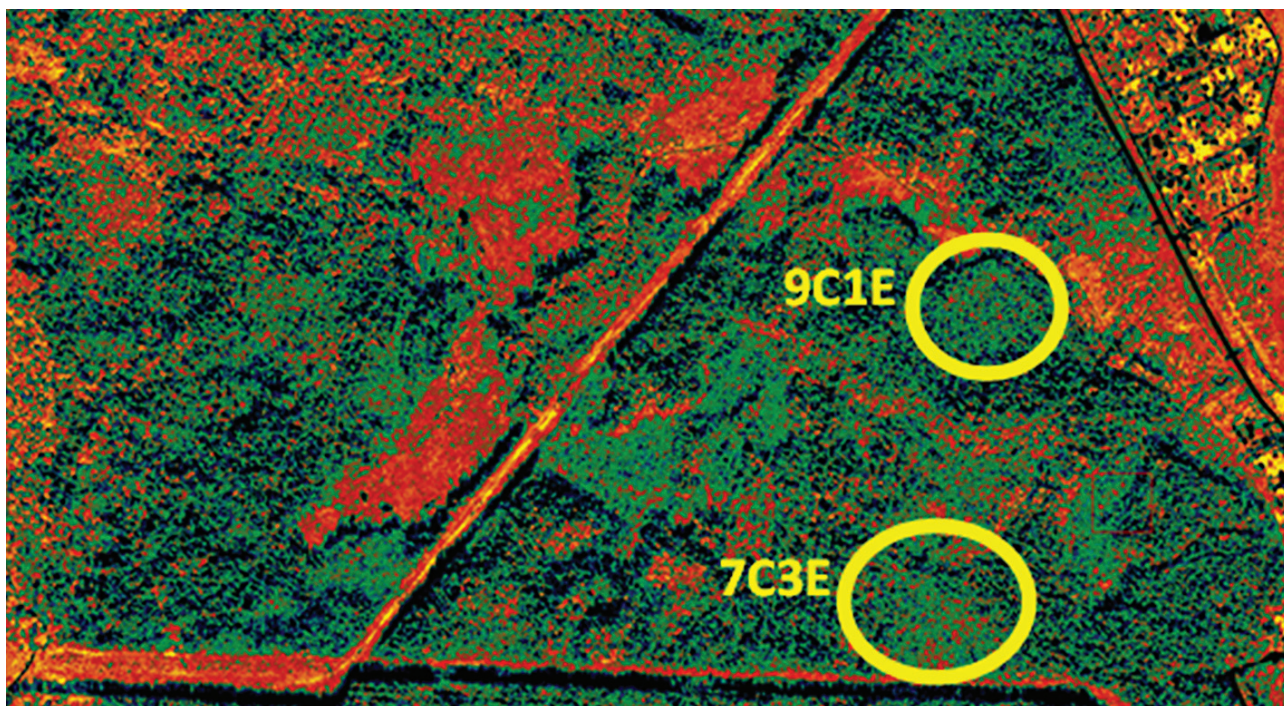
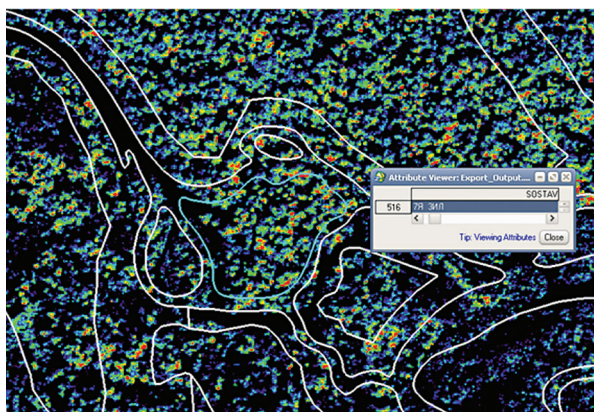


Рис. 2. Обработанный спутниковый снимок с выделами: 90 % сосны, 10 % ели и 70 % сосны, 30 % ели



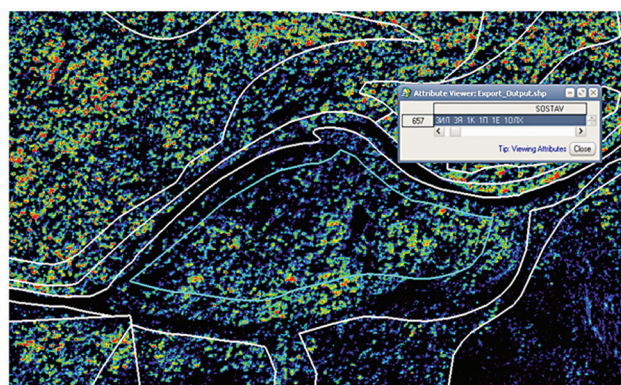
Рис. 3. Обработанный мультиспектральный снимок с наложением наземных данных



а)



б)



в)

Рис. 4. Результаты обработки спутникового снимка GeoEye: а) зеленым цветом раскрашен ясень (70 %), синим – остальные (7Я ЗИЛ); б) зеленым цветом – ясень, синим – остальные (7Я ЗИЛ); в) зеленым цветом – ясень (30 %), синим – остальные (ЗИЛ ЗЯ 1К 1П 1Е 1ОЛХ)

ния данных о состоянии лесов является космическая съемка.

Экономический эффект применения космоснимков в управлении лесным хозяйством обеспечивается за счет исключения полевых рекогносцировочных объездов территории, сокращения объемов полевых работ и числа обследуемых объектов, а также за счет ускорения картографических работ. Использование космических снимков высокого разрешения позволяет снизить затраты денежных средств более чем в 1,5–2 раза по сравнению с аналогичными работами, проводимыми исключительно наземными методами.

Решаемые задачи для лесного хозяйства посредством космической съемки:

- картографирование лесного фонда;
- оперативный мониторинг появления новых вырубок и гарей;
- выявление негативных процессов: влияние вредителей и болезней, процессы иссушения и переувлажнения лесов;
- подразделение лесов на категории по возрасту, степени спелости, биологической продуктивности;
- определение породного состава лесов.

Для решения последней задачи в мировой практике применяются различные методики для программного выявления породного состава из космических снимков, в основном это классификации с обучением, такие как способ параллелепипеда, способ минимального расстояния, способ максимального правдоподобия, расстояние Махаланобиса и т.д. Протестировав и сравнив данные способы в лабораторных условиях, мы пришли к тому, что «расстояние Махаланобиса» точнее определяет породный состав по сравнению с другими способами. Однако полученные результаты имеют малую информативность и большую погрешность относительно существующих наземных данных.

Отличительным признаком растительности и ее состояния является спектральная отражательная способность, основанная на больших различиях в отражении излучения разных длин волн. Именно отражательная способность позволяет использовать кос-

мические снимки для идентификации типов растительности и их состояния.

Расчет большей части вегетационных индексов базируется на двух наиболее стабильных (не зависящих от прочих факторов) участках кривой спектральной отражательной способности растений. На красную зону спектра (0,62–0,75 мкм) приходится максимум поглощения солнечной радиации хлорофиллом, а на ближнюю инфракрасную зону (0,75–1,3 мкм) – максимальное отражение энергии клеточной структурой листа. То есть высокая фотосинтетическая активность (связанная, как правило, с большой фитомассой растительности) ведет к более низким значениям коэффициентов отражения в красной зоне спектра и большим значениям в ближней инфракрасной. Как хорошо известно, отношение этих показателей друг к другу позволяет четко отделять растительность от прочих природных объектов, популярный и часто используемый вегетационный индекс – NDVI (Normalized Difference Vegetation index), который для растительности принимает положительные значения, и чем больше зеленая фитомасса, тем он выше. На значения индекса влияет также видовой состав растительности, ее сомкнутость, состояние, экспозиция и угол наклона поверхности, цвет почвы под разреженной растительностью. Главным преимуществом вегетационных индексов является легкость их получения и широкий диапазон решаемых с их помощью задач. Так, NDVI часто используется как один из инструментов при проведении более сложных типов анализа, результатом которых могут являться карты продуктивности лесов и сельскохозяйственных земель, карты ландшафтов и природных зон, почвенные, аридные, фитогидрологические, фенологические и другие эколого-климатические карты.

Наш подход по выявлению породного состава основывается на разделении пикселей мультиспектрального снимка на растительные и на нерастительные с использованием индексов вегетации NDVI, Simple Ratio Index и применением математических преобразований для спектральных каналов.

Как видно на рисунке, полученном после применения индекса NDVI (рис. 1 б), серым цветом выделена растительность, черным – невегетирующая поверхность (река, дороги, крыши домов и тени деревьев). Снимок, полученный путем другого способа индексации (рис. 1 в).

Далее из полученного панхроматического снимка, путем акцентирования внимания на определенных участках спектра, были получены пиксели, принадлежащие отдельной единице дерева определенной породы. Для этого раскрасили каждую градацию серого определенным цветом: зеленым раскрашены области с сосновыми насаждениями (хорошо совпадают с паспортом леса), красным – трава, береза, ель, саженцы, желтым – трава, поля (рис. 2).

На рис. 3 представлен результат работы – снимок с четко выраженным отделением одной породы от всех остальных. Обозначения: зеленым цветом выделена ель; фиолетовым – остальная растительность; белым – дороги, поля; черным – река, дома; наземные данные – выделы наложены на снимок и очерчены белым контуром. Границы выделов не везде совпадают с границами настоящего лесного покрова, т.к. наземные данные имеют 10- летнюю давность.

Результаты обработки мультиспектрального снимка GeoEye представлены на рис. 4.

Методика позволяет с наименьшей погрешностью отсечь несоответствующие пиксели при выделении определенной породы. Получение детальной информации о расположении и породе каждого дерева на космическом изображении высокого разрешения позволит облегчить инвентаризацию лесных массивов.

Для решения задачи по определению породного состава леса необходимы спутниковые снимки высокого разрешения, что позволит с наибольшей точностью разделить по породам лесной массив. Минимальные погрешности разделения по породам будут со снимков с пространственным разрешением менее 5 м.

Библиографический список

1. Сухих, В.И. Аэрокосмические методы в лесном хозяйстве и ландшафтном строительстве: учебник / В.И. Сухих. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2005. – 392 с.
2. Сухих, В.И. Оценка информативности космических фотоснимков высокого разрешения для инвентаризации лесов / В.И. Сухих, В.М. Жирин, Т.А. Зиелелис и др. // Исследование Земли из космоса. – 1996. – № 2.
3. Галкин, Ю.С. Определение по космическим снимкам биометрических и продукционных характеристик растительности / Ю.С. Галкин, В.С. Шалаев, Ю.П. Батырев и др. // Вестник МГУЛ – Лесной вестник. – 2009. – № 6. – С. 20–24.
4. <http://www.sovzond.ru>
5. <http://www.scanex.ru>

ПОПЫТКА ПРИМЕНЕНИЯ СИСТЕМНОГО ПОДХОДА К ОБЪЯСНЕНИЮ ОБРАЗОВАНИЯ ГУМУСОВЫХ ВЕЩЕСТВ В ПОЧВАХ И ВОЗНИКНОВЕНИЮ В ПОЧВЕННЫХ ГОРИЗОНТАХ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ ГЕЛЕЙ

Г.Н. ФЕДОТОВ, *ст. научн. сотр. Института экологического почвоведения МГУ
им. М.В. Ломоносова, д-р биол. наук,*
Ю.П. БАТЫРЕВ, *ст. научн. сотр. ИСИЛ МГУЛ, канд. техн. наук*

gennadiy.fedotov@gmail.com

В настоящее время в почвоведении начинают уделять большое внимание изучению наноструктурной организации почв и влиянию изменения наноструктурной организации на их свойства [1–9].

Подобный подход базируется на ряде экспериментально установленных положений.

– Почвенные гели покрывают и связывают почвенные частицы между собой [10–12].

– Основой почвенных гелей являются гумусовые вещества почв – гумусовая матрица [4, 13, 14].

– Почвенные гели можно рассматривать, в первом приближении, как гумусовый студень, армированный минеральными частицами [13, 15].

– При взаимодействии с водой армированный гумусовый студень набухает до равновесного состояния в течение нескольких дней. При высыхании происходит его усадка. В результате в почвах после попадания в них воды она частично находится в свободном состоянии, а частично входит в состав гелей. Причем количество свободной воды во времени уменьшается, а входящей в состав гелей – растет. При этом изменяются и свойства почв [16, 17].

– Гумусовые вещества (ГВ) имеют несколько уровней организации и представляют собой супермолекулы [37, 38] размером несколько нанометров, собранные во фрактальные кластеры размером от нескольких десятков до нескольких сотен нанометров, которые, объединяясь между собой и с минеральными частицами, образуют почвенные гели [18].

– Супраполимерная гумусовая матрица, являющаяся основой почвенных гелей,

обладает наноструктурной организацией, возникающей при выделении из нее более плотных органических гидрофобных областей, образующихся при гидрофобизации супермолекул ГВ за счет блокирования полярных групп [3, 7, 19].

– Свойства почв определяются наноструктурной организацией супраполимерной гумусовой матрицы почвенных гелей [5, 6, 8, 9].

Попытаемся рассмотреть с позиций системного подхода, опираясь на современные представления о строении ГВ [37, 38], один из важнейших вопросов почвоведения – возникновение в почвах гумусовых веществ. Отметим, что неоднократно предпринимались попытки получения ответа на этот вопрос. Однако, во-первых, исходили из макромолекулярной (полимерной) природы ГВ, а во-вторых, исследователи пытались ответить на вопрос о том, как образуются ГВ [20–22], практически не рассматривая вопрос о том, почему они образуются.

Для начала перечислим общеизвестные экспериментальные результаты, на основе которых можно рассмотреть процесс гумусообразования и выдвинуть предположение о его механизме.

Во-первых, до недавнего времени считалось, что ГВ представляют собой макромолекулярные соединения. В последнее десятилетие показано, что они образуются из низкомолекулярных продуктов разложения опада за счет нековалентных связей, т.е. представляют собой супрамолекулярные соединения [37, 38] (К опаду следует относить растительные остатки, остатки животных и насекомых и их выделения, отмерших про-

стейших и микроорганизмы и продукты их жизнедеятельности).

Во-вторых, с целью получения продуктов питания из опада, почвенные микроорганизмы выделяют ферменты [23, 24], разлагающие до низкомолекулярных веществ биологические макромолекулы [25].

В-третьих, показано, что в растворах частицы ГВ размером несколько нанометров входят в состав фрактальных кластеров размером от нескольких десятков до нескольких сотен нанометров [39–41].

В-четвертых, установлено, что коллоидная составляющая почв организована фрактально [26, 27], а основой почвенных гелей являются фрактальные кластеры из супермолекул ГВ размером от нескольких десятков до нескольких сотен нанометров, состоящие из частиц размером несколько нанометров [18].

Итак, микроорганизмы выделяют различные экзогенные ферменты, которые осуществляют деструкцию и изменение различных (прежде всего биополимерных молекул), поступающих с опадом в почву. В области, примыкающей к частице опада (например к частице растительного остатка), в благоприятных для работы ферментов и жизнедеятельности выделяющих их микроорганизмов условиях создается высокая концентрация различных низкомолекулярных веществ, образующихся при деструкции биополимерных молекул из частицы этого растительного остатка. Происходит накопление низкомолекулярных продуктов реакции, что ведет:

- к замедлению процессов разложения биополимерных молекул;
- возможному их перемещению по профилю почвы и выходу за пределы почвенного слоя, благоприятного для развития микроорганизмов.

Для продолжения реакции деструкции, с точки зрения кинетики, продукты реакции должны уйти из зоны реакции, но с точки зрения почвенной биоты, для которой эти низкомолекулярные вещества являются продуктами питания, они не должны уходить. В противном случае их уход путем миграции вниз по профилю почвы в зоны, неблагоприятные для развития биоты, приведет к уменьшению эф-

фективности работы всей системы и нарушению принципа целеполагания Лотки – функционирования экологических систем А.Лотка сформулировал его в виде экстремального принципа: «Эволюция экосистем идет в сторону увеличения суммарного потока энергии через систему, причем в стационарном состоянии достигается его максимально возможное значение» [28]. Позднее К. Уатт [29] выразил это положение следующим образом: «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».

Фактически в системе возникает классическое с точки зрения алгоритма решения изобретательских задач [30] противоречие: низкомолекулярные вещества должны находиться в области, благоприятной для развития микрофлоры, и они не должны там находиться, так как замедляют процесс образования низкомолекулярных веществ из опада.

Природа изящно решает эту задачу. Низкомолекулярные вещества входят в состав супермолекул ГВ [37, 38], в которых они связаны слабыми связями [31], а, значит, при определенных условиях могут быть легко извлечены микроорганизмами и использованы для питания.

Таким образом, с одной стороны, продукты реакции удаляются из зоны реакции, а с другой стороны, они остаются в системе и доступны для микроорганизмов.

Возникает вопрос о причине, которая запускает процесс образования супермолекул ГВ из молекул низкомолекулярных веществ. С одной стороны, нельзя полностью исключить самопроизвольность запуска данного процесса при росте до определенного предела концентраций низкомолекулярных веществ, что наблюдается при образовании мицелл из амфифильных молекул ПАВ. Однако супермолекулы ГВ являются складом питательных веществ для почвенной биоты, а биологические объекты в большинстве случаев в процессе эволюции выработали методы управления важными для своего существования процес-

сами. Следовательно, вполне реальным становится предположение о синтезе микроорганизмами и выделении во внешнюю среду веществ, которые стимулируют процесс образования супермолекул ГВ из низкомолекулярных продуктов разложения опада.

Действительно микроорганизмы затрачивают энергию на производство ферментов, чтобы добыть для своего питания низкомолекулярные вещества из опада. С эволюционных позиций с точки зрения энергосбережения вполне разумным выглядит предположение о том, что микроорганизмы должны позаботиться о сохранности произведенных продуктов питания.

Рассмотрим причину и механизм следующего уровня организации ГВ в почвах – фрактальной организации супермолекул ГВ. Можно предположить, что сами по себе супермолекулы ГВ, образованные слабыми связями, не являются достаточно стабильным и надежным хранилищем питательных веществ. Поэтому природа разработала дополнительный механизм их стабилизации. Хорошо известно, что супермолекулы ГВ практически не существуют в виде единичных супермолекул. Уже при концентрации ГВ в растворе 1 мг/л начинается их объединение [32, 42].

Для понимания величины движущей силы процесса и влияния этого объединения на рост прочности закрепления низкомолекулярных веществ имеет смысл провести аналогию с образованием осадков малорастворимых веществ. Оценка с точки зрения произведения растворимости (ПР) показывает, что движущая сила процесса объединения супермолекул ГВ огромна, так как их ПР близко к PP_{ZnS} и намного меньше PP_{AgBr} . Результат достаточно неожиданный, так как поверхностное натяжение кристаллических фаз, определяющее избыточную поверхностную энергию в подобных системах и являющаяся движущей силой процесса, должно намного превосходить поверхностное натяжение супермолекул ГВ.

Рассмотрим процесс объединения (коагуляции) мелких частиц подробнее. Как мы отмечали, он связан с высокой поверхностью

мелких частиц и наличием в системе избыточной поверхностной энергии. Однако при объединении частиц, которые заряжены и окружены ионной атмосферой, происходит термодинамически невыгодное перекрывание ионных атмосфер, уменьшающее движущую силу процесса коагуляции. Поэтому в системах с высокой ионной силой, когда размер ионных атмосфер мал, образуются более плотные осадки, а промывка осадков дистиллированной водой ведет к их пептизации из-за превышения энергии отталкивания ионных атмосфер коллоидных частиц над выигрышем энергии от их объединения [33, 34]. Для супермолекул ГВ природа устранила это препятствие. Поверхность супермолекул ГВ мозаична и состоит из гидрофильных и гидрофобных участков [35]. Поэтому кластеры из супермолекул ГВ возникают при взаимодействии частиц супермолекул ГВ между собой через гидрофобные участки. Диффузные атмосферы при объединении частиц подобным образом не перекрываются, и это значительно увеличивает движущую силу процесса объединения. В таких системах оптимальной является структура, следующая принципу «минимакса» – максимального заполнения пространства при минимальном объеме материала [36]. Именно при подобном заполнении пространства вероятность перекрытия ионных атмосфер различных супермолекул кластера будет минимальна, и именно подобное заполнение пространства характерно для фрактальных образований.

Образование фрактальных кластеров решает задачу повышения прочности связи молекул низкомолекулярных веществ в супермолекулах ГВ, так как их вхождение в состав фрактальных кластеров приводит к дополнительной стабилизации супермолекул ГВ.

Анализ, проведенный с эволюционных позиций и принципа Уатта-Лотки, позволяет объяснить многоуровневую организацию ГВ в почвах. Можно ожидать, что эти принципы, лежащие в основе возникновения систем со строением и функционированием, позволяющим свести к минимуму потери энергосодержащих для биоты материалов (при данных внешних условиях), дадут воз-

возможность объяснить различие наноструктурной организации почвенных гелей зональных почв, определенной при помощи растрового электронного микроскопа. Было изучено более сотни образцов почв и почвенных гелей из разных почвенных горизонтов.

Общим для всех изученных образцов почвенных гелей является наличие в них наноструктурной организации (рис. 1–7), возникающей за счет выделения более плотной органической фазы [7, 19]. При этом наблюдалось огромное количество вариантов по характеру и степени расслоения. По-видимому, в зависимости от состава опада, видов микроорганизмов в почвах и выделяемых ими ферментах, а также условий процессов преобразования опада возникают различные по составу, структуре и свойствам наборы супермолекул ГВ и кластеры из них. Образовавшиеся кластеры из супермолекул ГВ начинают мигрировать по профилю почвы, взаимодействуя с минералами, адсорбируясь на их поверхности. В зависимости от своих свойств и внешних условий кластеры из супермолекул ГВ мигрируют по почве и создают характерный для каждой почвы набор горизонтов – почвенный профиль.

Рассмотрим зрелые почвы, возникающие в условиях промывного режима. Нисходящий ток воды обеспечивает удаление кластеров из супермолекул ГВ из подстилки, гумусоаккумулятивного и элювиального горизонтов. В первых двух идет образование кластеров из супермолекул ГВ. Их удаление с точки зрения микрофлоры невыгодно. Поэтому удаляться должны преимущественно кластеры, содержащие наименее ценные для микроорганизмов низкомолекулярные органические соединения и отходы их жизнедеятельности. Следовательно, должен существовать механизм удержания нужных микроорганизмам кластеров супермолекул ГВ.

При прохождении кластеров супермолекул ГВ через элювиальный горизонт в нем как в хроматографической колонке должны накапливаться наименее подвижные кластеры супермолекул ГВ, наименее гидрофильные и наиболее уплотненные. Причем с повышением скорости движения воды (переход

от глинистых почв к песчаным) это различие должно проявляться отчетливее.

Подобные же кластеры супермолекул ГВ должны накапливаться в верхней части иллювиального горизонта, так как снос кластеров супермолекул ГВ из элювиального горизонта все равно будет происходить. В остальных частях иллювиального горизонта должны накапливаться более подвижные кластеры супермолекул ГВ. При этом необходимо учесть судьбу катионов и минеральных частиц, перемещенных из элювиального горизонта в иллювиальный.

Следовательно, после образования почвы – перехода ее в стационарное состояние при функционировании устанавливается стационарный поток органического вещества через почву, при малой изменчивости неорганических компонентов в иллювиальном горизонте. В этом горизонте на кластеры супермолекул ГВ оказывают влияние накопленные там катионы.

Подобный подход хорошо объясняет полученные нами экспериментальные результаты для соответствующих зональных почв.

В качестве примера приведены микрофотографии для дерново-подзолистой и серой лесной почв (рис. 1–4).

На образцах гелей из дерново-подзолистой почвы при большом увеличении (40000) хорошо видно, что незначительное количество выделений плотной органической фазы (горизонт А) сменяется резким возрастанием их количества (горизонты Е и ЕВ) и последующим уменьшением (горизонт В). Изображения, полученные при меньших увеличениях (3000), также свидетельствуют об этом. В горизонте А практически отсутствуют выделения гидрофобной фазы. В горизонте Е гелевые пленки содержат большое количество минеральных частиц, с которыми они поднялись на поверхность воды, что является следствием высокой пористости, возникающей при выделении гидрофобной фазы, а в горизонте ЕВ расслоение отчетливо видно и при малых увеличениях.

В серой лесной почве и при больших (40000), и при малых (2000) увеличениях хорошо видно, что расслоение сильнее всего

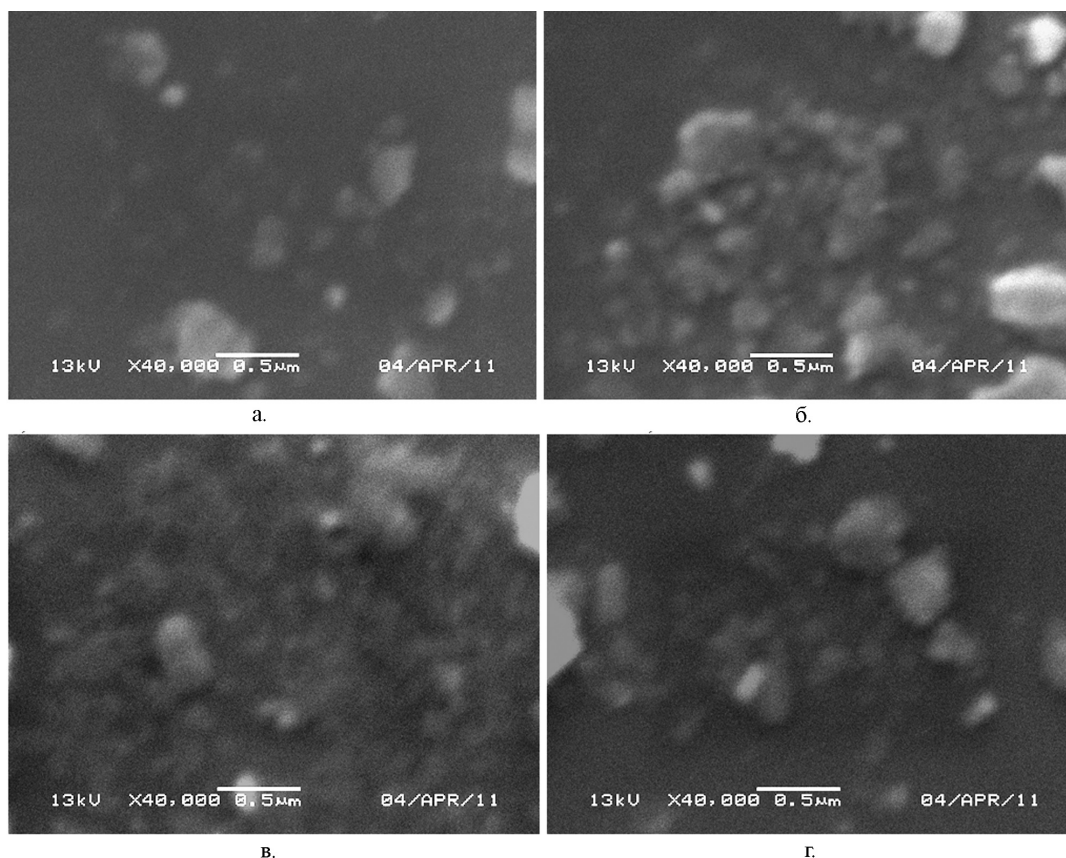


Рис. 1. Структурная организация почвенных гелей в различных горизонтах дерново-подзолистой почвы при увеличении 40000: а – горизонт А; б – горизонт Е; в – горизонт ЕВ; г – горизонт В

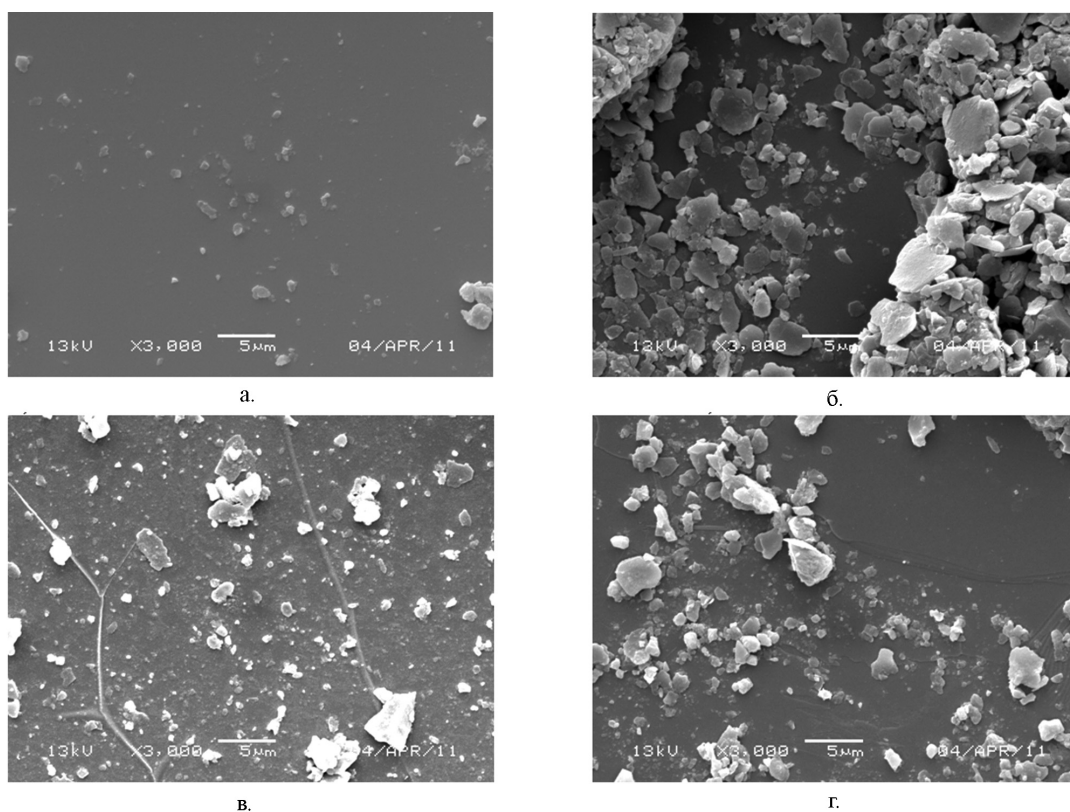


Рис. 2. Структурная организация почвенных гелей в различных горизонтах дерново-подзолистой почвы при увеличении 3000: а – горизонт А; б – горизонт Е; в – горизонт ЕВ; г – горизонт В

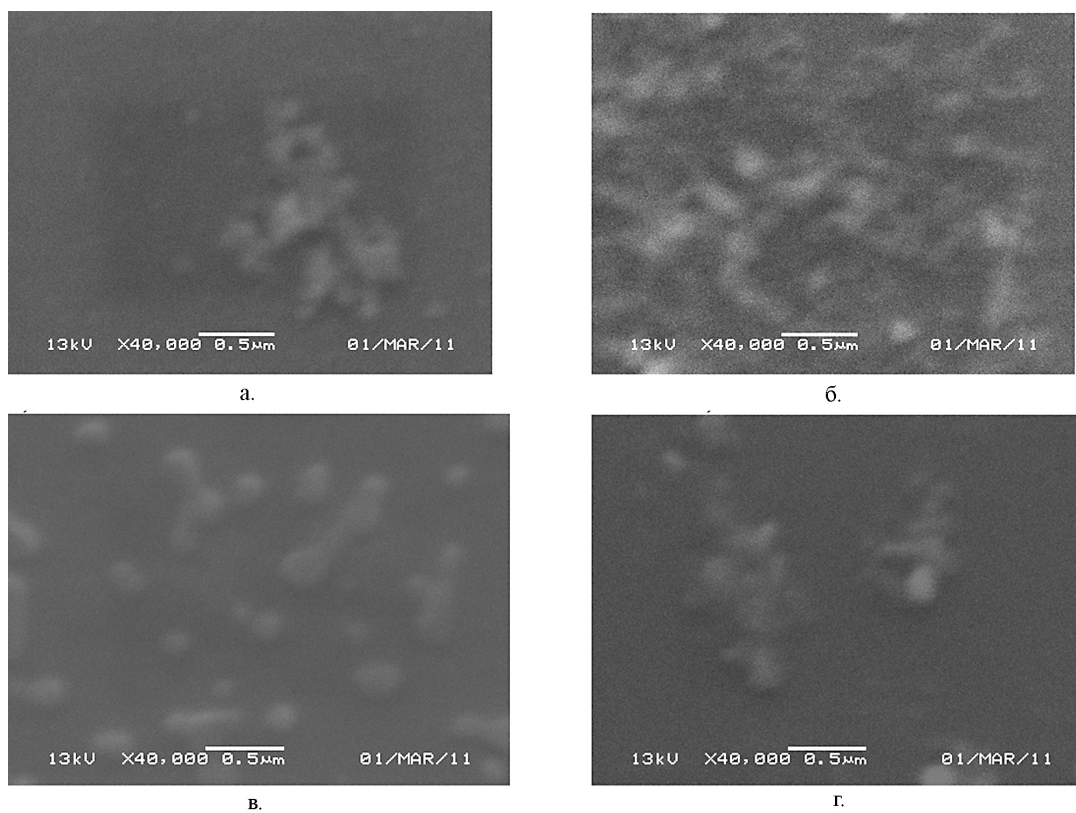


Рис. 3. Структурная организация почвенных гелей в различных горизонтах серой лесной почвы при увеличении 40000: а – горизонт А; б – горизонт АЕ; в – горизонт ЕВ; г. горизонт В

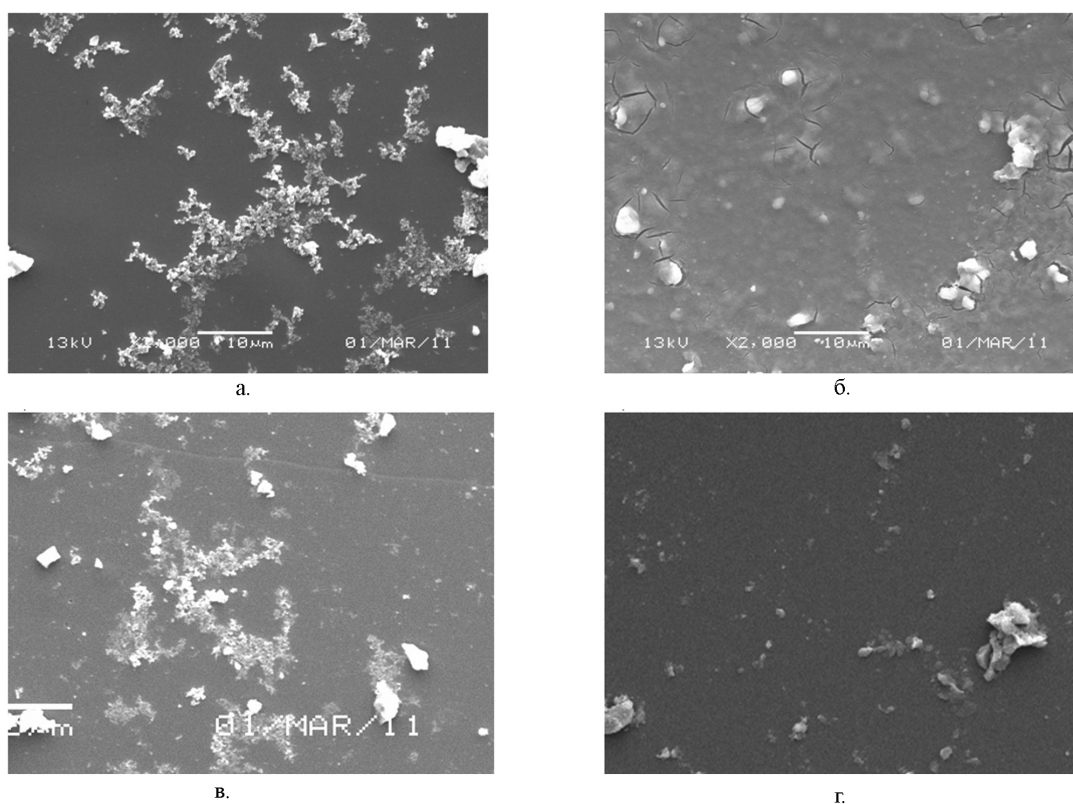


Рис. 4. Структурная организация почвенных гелей в различных горизонтах серой лесной почвы при увеличении 2000: а – горизонт А; б – горизонт АЕ; в – горизонт ЕВ; г – горизонт В

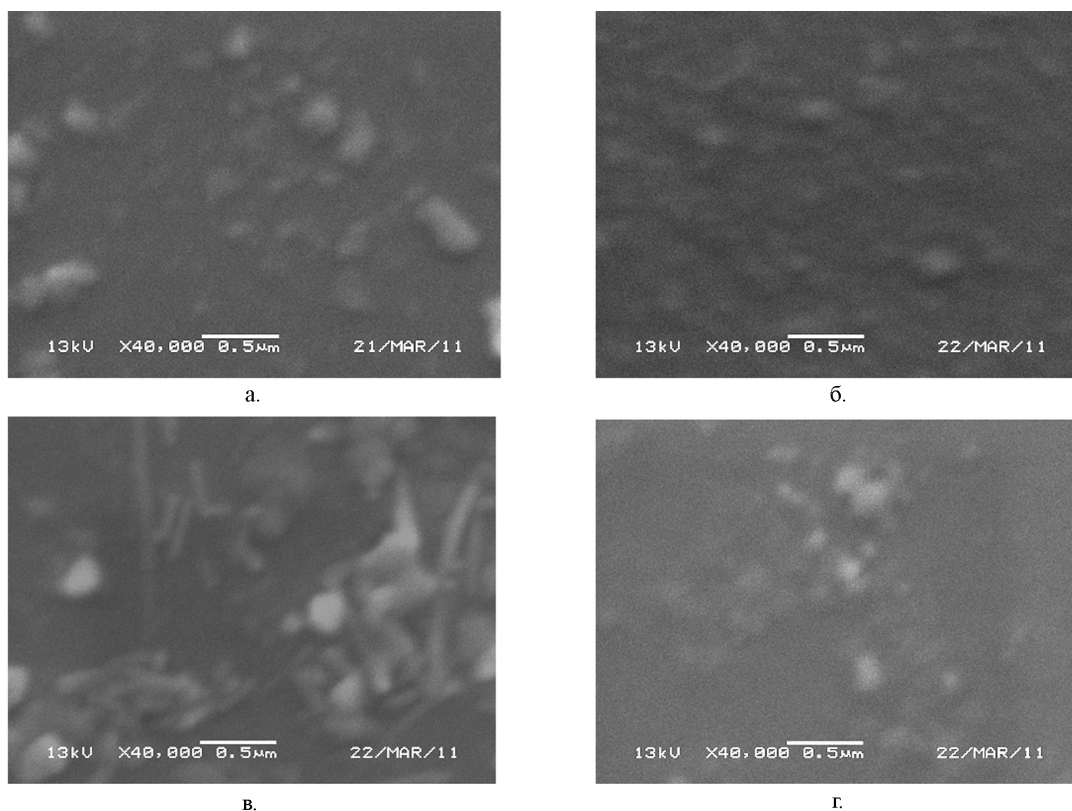


Рис. 5. Структурная организация почвенных гелей в различных горизонтах оподзоленного чернозема при увеличении 40000: а – горизонт А – верхняя часть; б – горизонт А – нижняя часть; в – горизонт АВ; г – горизонт В_t

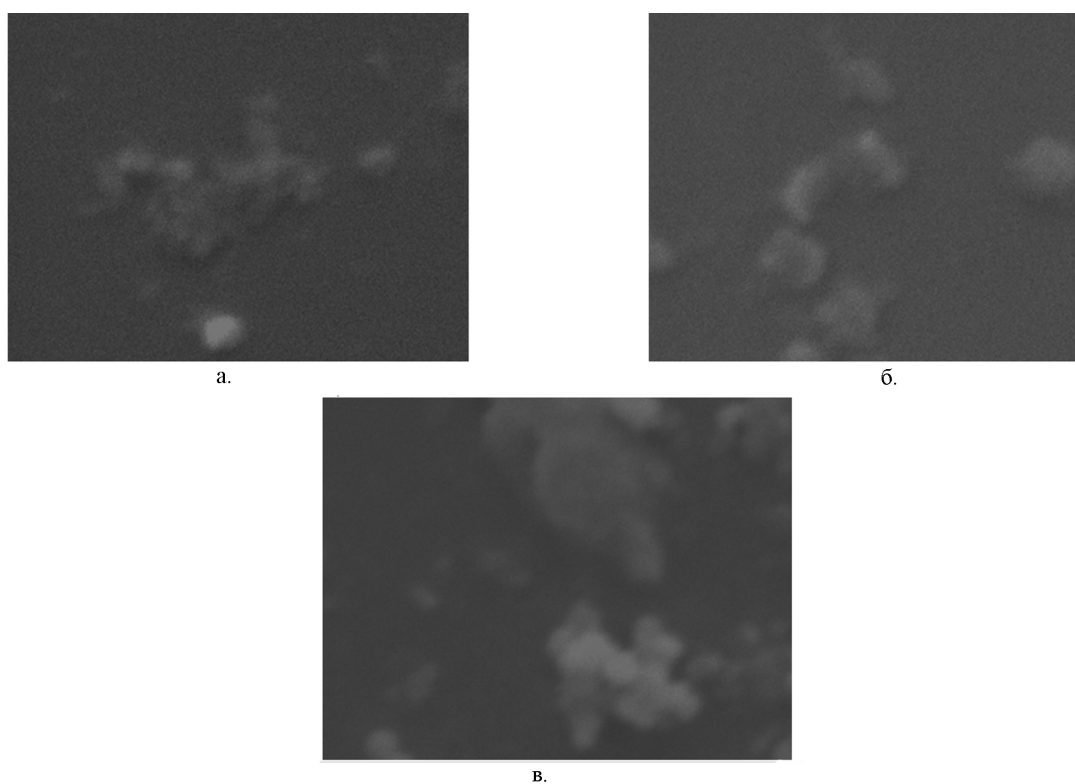


Рис. 6. Структурная организация почвенных гелей в различных горизонтах обыкновенного чернозема при увеличении 40000: а – горизонт А; б – горизонт В_{Ca} – верхняя часть; в – горизонт В_{Ca} – нижняя часть

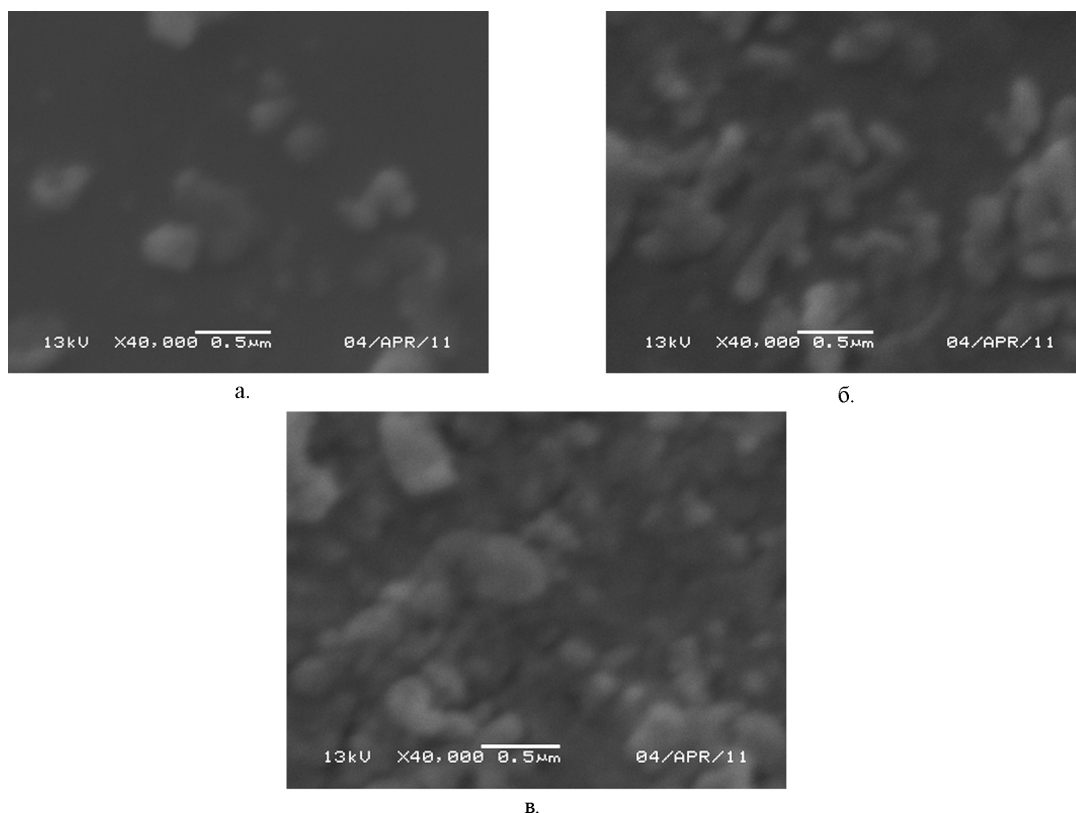


Рис. 7. Структурная организация почвенных гелей в различных горизонтах южного чернозема при увеличении 40000: а – горизонт А; б – горизонт АВ; в – горизонт В

проявляется именно в элювиальном и меньше всего – в иллювиальном горизонте.

В черноземах принципы образования гелей отличаются от принципов их образования в почвах, в которых господствует промывной режим, а почвы возникают на некарбонатных породах. Скорость движения воды в подобных почвах снижается, во-первых, из-за меньшего количества осадков в этих климатических зонах и, во-вторых, из-за образования этих почв на более мелкодисперсных породах. Наличие карбонатов обеспечивает уменьшение подвижности органических веществ и их более длительное нахождение в зоне реакции. Все это приводит к возникновению более сложных, крупных и гидрофобных супермолекул ГВ, и образованию из них более плотных и разветвленных кластеров меньшего размера.

В оподзоленном черноземе еще в определенной мере действуют промывные механизмы, и в результате над иллювиальным горизонтом задерживаются более плотные и менее гидрофильные кластеры из супер-

молекул ГВ (рис. 5). Именно они обладают большей пористостью и всплывают в воде, несмотря на большое содержание в них минеральных частиц. Обращает на себя внимание образование в этом горизонте палочкообразных кластеров, которые отсутствуют в иллювиальном горизонте. Подобное может быть связано с их нестабильностью при изменении условий или перемещением через низлежащий горизонт без задержки.

Скопление аналогичных палочкообразных кластеров было обнаружено в иллювиальном горизонте выщелоченного чернозема, а в вышележащем горизонте видны только единичные экземпляры. Можно предположить, что, образуясь в элювиальном горизонте, они накапливаются в иллювиальном горизонте, если скорость движения воды через горизонт достаточно мала. Однако, так как данных пока слишком мало, эти предположения очень приблизительны. В то же время один вывод можно сделать уверенно: кластеры супермолекул ГВ не являются стабильными элементами, которые перемещаются по почвенному профилю

без каких-либо изменений. Попадая в горизонты с другими условиями, они преобразуются в соответствии с этими условиями. Следовательно, изменение условий может приводить к изменению, как минимум, структуры кластеров из супермолекул ГВ, а вероятнее всего, и супермолекул ГВ.

Начиная с обыкновенного чернозема, тезис о закреплении наиболее гидрофобных и расслоенных гелей в иллювиальном горизонте перестает соответствовать действительности (рис. 6), для южного чернозема уже более характерным становится наличие более расслоенных гелей в нижних горизонтах (рис. 7). Подобное можно объяснить перемещением воды в этих почвах сначала сверху вниз, а затем в обратном направлении, и движением вместе с водой более подвижных кластеров супермолекул ГВ. Однако подобные предположения нуждаются в дополнительной проверке.

Выводы

1. Использование системного подхода позволяет выдвинуть предположение о причине возникновения гумусовых веществ и фрактальных кластеров из супермолекул ГВ.

2. Изучение почвенных гелей, выделенных из различных горизонтов зональных почв, свидетельствует о существовании в них наноструктурной организации, возникающей за счет выделения более плотной гидрофобной части из органической матрицы.

3. В почвах, образовавшихся в условиях промывного режима, наиболее гидрофобные и расслоенные гели закрепляются в иллювиальном горизонте.

4. В почвах, образовавшихся в условиях более сухого климата, закономерности образования и закрепления наиболее гидрофобных и расслоенных гелей изменяются.

Библиографический список

1. Федотов, Г.Н. Особенности наноструктурной организации почв / Г.Н. Федотов, В.И. Путляев, Т.Ф. Рудометкина, Д.М. Иткис // Доклады Академии наук РФ. – 2008. – Т. 422. – № 6. – С. 767–770.
2. Федотов, Г.Н. О наноструктурной организации почв / Г.Н. Федотов, О.Н. Быстрова, Е.А. Мартынкина // Доклады Академии наук РФ. – 2009. – Т. 425. – № 4. – С. 492–496.

3. 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 РФ. – 2009. – Т. 429. – № 3. – С. 336–338.
4. Добровольский, Г.В. Существует ли в почвах наноструктурная организация? / Г.В. Добровольский, Г.Н. Федотов // В мире науки. – 2009. – № 5. – С. 62–65.
5. Федотов, Г.Н. Возможные пути влияния наноструктурной организации почв на их свойства / Г.Н. Федотов, Т.Ф. Рудометкина, А.С. Евграфова // Экологические системы и приборы. – 2010. – № 3. – С. 39–44.
6. Федотов, Г.Н. Микрофазное расслоение почвенных гелей и свойства почв / Г.Н. Федотов, В.С. Шалаев // Вестник МГУЛ – Лесной вестник. – 2010. – № 6. – С. 57–63.
7. Федотов, Г.Н. Микрофазное расслоение супраполимерной гумусовой матрицы как процесс, формирующий наноструктурную организацию почвенных гелей / Г.Н. Федотов, Г.В. Добровольский, С.А. Шоба // Доклады Академии наук. – 2011. – Т. 437. – № 6. – С. 846–848.
8. 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.
9. Федотов, Г.Н. Влияние наноструктурной организации почвенных гелей на фракционный состав гумусовых веществ в почве / Г.Н. Федотов, Т.Ф. Рудометкина // Доклады Академии наук. – 2011. – Т. 439. – № 1. – С. 64–67.
10. Ганжара, Н.Ф. Почвоведение / Н.Ф. Ганжара. – М.: Агроконсалт, 2001. – 392 с.
11. Почвоведение. Учеб. для ун-тов. Ч. 1. Почва и почвообразование / под ред. В.А. Ковды. – М.: Высш. шк., 1988. – 400 с.
12. Тюлин, А.Ф. Органо-минеральные коллоиды в почве, их генезис и значение для корневого питания высших растений / А.Ф. Тюлин. – М.: АН СССР, 1958. – 52 с.
13. Федотов, Г.Н. Гелевые структуры в почвах / Г.Н. Федотов: дисс.... докт. биол. наук. – М.: МГУ, 2006. – 356 с.
14. Федотов, Г.Н. Гумус как основа коллоидной составляющей почв / Г.Н. Федотов, Г.В. Добровольский // Доклады Академии наук РФ. – 2007. – Т. 415. – № 6. – С. 767–771.
15. Федотов, Г.Н. Коллоидно-химическая модель для описания некоторых почвенных процессов / Г.Н. Федотов, Г.В. Добровольский // Почвоведение. – 2006. – № 5. – С. 535–545.
16. Федотов, Г.Н. Коллоидные структуры и их влияние на некоторые физические свойства почв / Г.Н. Федотов, Г.В. Добровольский, В.И. Путляев, А.В. Гаршев и др. // Почвоведение. – 2006. – № 7. – С. 824–835.

17. Федотов, Г.Н. Структура и свойства почвенного органо-минерального геля / Г.Н. Федотов, Е.И. Пахомов, А.И. Поздняков, А.И. Куклин и др. // Почвоведение. – 2007. – № 9. – С. 1071–1077.
18. Федотов, Г.Н. Уровни организации гумусовых веществ в почвах / Г.Н. Федотов, В.С. Шалаев, Т.Ф. Рудометкина, И.С. Росете // Вестник МГУЛ – Лесной вестник. – 2010. – № 7. – С. 70–77.
19. Федотов, Г.Н. Возникновение наноструктурной организации в почвенных гелях / Роль почв в биосфере / Г.Н. Федотов: тр. Института экологического почвоведения МГУ им. М.В. Ломоносова. – Выпуск 11. – М., 2011. – С. 79–92.
20. Орлов, Д.С. Гумусовые кислоты почв и общая теория гумификации / Д.С. Орлов. – М.: МГУ, 1990. – 325 с.
21. Тейт Р. Органическое вещество почвы / Р. Тейт. – М.: Мир, 1991. – 400 с.
22. Туев, Н.А. Микробиологические процессы гумусообразования. ВАСХНИЛ / Н.А. Туев. – М.: Агропромиздат, 1989. – 239 с.
23. Имобилизованные ферменты: под ред. И.В. Березина, В.К. Антонова, К. Мартиника. – М.: МГУ, 1976. – Т.2. – 359с.
24. Тривен М. Имобилизованные ферменты / М. Тривен. – М.: Мир, 1983. – 213с.
25. Хазиев, Ф.Х. Ферментативная активность почв. Методическое пособие / Ф.Х. Хазиев. – М.: Наука, 1976. – 180 с.
26. Федотов, Г.Н. Фрактальные коллоидные структуры в почвах различной зональности / Г.Н. Федотов, Ю.Д. Третьяков, В.К. Иванов, А.И. Куклин и др. // Доклады Академии наук РФ. – 2005. – Т. 405. – № 3. – С. 351–354.
27. Федотов, Г.Н. Фрактальные структуры коллоидных образований в почвах / Г.Н. Федотов, Ю.Д. Третьяков, В.К. Иванов, В.И. Путляев // Доклады Академии наук РФ. – 2005. – Т. 404. – № 5. – С. 638–641.
28. Печуркин, Н.С. Энергия и жизнь / Н.С. Печуркин. – Новосибирск: Наука. Сиб.отд-ние, 1988. – 190 с.
29. Уатт К. Экология и управление природными ресурсами: количественный подход / К. Уатт. – М.: Мир, 1971. – 463 с.
30. Альтшуллер, Г.С. Творчество как точная наука / Г.С. Альтшуллер. – М.: Советское радио, 1979. – 176 с.
31. Супрамолекулярная химия: Концепции и перспективы / Ж.-М. Лен: пер. с англ. – Новосибирск: Наука. Сиб. предприятие РАН, 1998. – 334 с.
32. Евдокимов, И.П. Природные нанообъекты в нефтегазовых средах / И.П. Евдокимов, А.П. Лосев. – М.: РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина, 2008. – 104 с.
33. Фридрихсберг, Д.А. Курс коллоидной химии / Д.А. Фридрихсберг. – Л.: Химия, 1984. – 368 с.
34. Шукин, Е.Д. Коллоидная химия / Е.Д. Шукин, А.В. Перцов, Е.А. Амелина. – М.: МГУ, 1982. – 348 с.
35. Милановский, Е.Ю. Гумусовые вещества почв как природные гидрофобно-гидрофильные соединения / Е.Ю. Милановский. – М.: ГЕОС, 2009. – 186 с.
36. Исаев, В.В. Синергетика для биологов: вводный курс / В.В. Исаев. – М.: Наука, 2005. – 158 с.
37. Piccolo A. «The Supramolecular Structure of Humic Substances». Soil Science, 2001, 166(11). Pp. 810–832.
38. Sutton R, Sposito G. «Molecular structure in soil humic substances: The new view». Environmental Science and Technology. 2005. 39. pp. 9009–9015.
39. Österberg R., Mortensen K. «Fractal dimension of humic acids. A small angle neutron scattering study». European Biophysics Journal 1992. 21(3). Pp. 163–167.
40. Senesi N., Rizzi F.R., Dellino P., Acquafredda P. Fractal humic acids in aqueous suspensions at various concentrations, ionic strengths, and pH values. Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects. Volume 127, Issues 1-3, (2 July 1997), Pp. 57–68.
41. Senesi N., Rizzi F.R., Dellino P., Acquafredda P. Fractal dimension of humic acids in aqueous suspension as a function of pH and time. Soil Science Society of America journal 1996, vol. 60, n° 6, pp. 1613–1678.
42. Fasurova N., Cechlovska H., Kucerik J. A comparative study of South Moravian lignite and standard IHSS humic acids' optical and colloidal properties. Petroleum and Coal. 2006. 48(2): 24–32.

МЕХАНИЗМ ВОЗНИКНОВЕНИЯ НАНОСТРУКТУРНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ В ПОЧВЕННЫХ ГЕЛЯХ

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

gennadiy.fedotov@gmail.com

Исследование при помощи электронной микроскопии модифицированных различными добавками искусственных гумусо-

вых систем [1] и нативных почвенных гелей [2] свидетельствует, что для них характерно наличие наноструктурной организации.

Было выдвинуто предположение, что подобные структуры возникают в гумусовых системах за счет микрофазного расслоения [3], подобного тому, которое возникает в диблоксополимерах и полиэлектролитных гелях [4–8]. Данное объяснение было бы вполне естественным, если бы гумусовые вещества (ГВ) представляли собой амфифильные макромолекулы, как было общепринято еще 10 лет назад [9, 13].

В этих системах сегменты полимерных цепей имеют разные свойства, а поскольку макросегрегация из-за наличия ковалентных связей между фрагментами цепей невозможна, то происходит самоорганизация – сегменты, обладающие одинаковыми свойствами, объединяются и выделяются в виде наночастиц новой фазы [4–8]. В полиэлектролитных гелях при определенных условиях выделяются наночастицы гидрофобной фазы [6–8].

Однако в последнее десятилетие за рубежом появились и стали общепринятыми новые, принципиально иные подходы к строению ГВ [14–16]. Там отвергаются существующие традиционные представления о том, что ГВ имеют полимерную природу. На основе экспериментальных данных, полученных с использованием большого числа современных методов, показано, что ГВ – ассоциаты относительно низкомолекулярных компонентов, возникающих при деградации и разложении биологического материала, динамически объединенных и стабилизированных, в основном слабыми связями. Именно это является главным в структуре ГВ. Они представляют собой супрамолекулярные структуры [10], построенные по принципу «гость–хозяин», стабилизированные в основном слабыми, а не ковалентными связями. Гидрофобные, Ван-дер-Ваальсовы, π – π , СН– π и водородные связи ответственны за большой размер молекул ГВ.

Супрамолекулярность ГВ не позволяет объяснить возникновения наноструктурной организации в почвенных гелях и искусственных гумусовых системах по механизму, характерному для макромолекулярных систем, так как частицы супермолекул

ГВ должны обладать строго определенной структурной организацией (архитектурой), и конформационные превращения в них, подобные превращениям полимерных молекул, осуществляться не могут [10]. Следовательно, возникновение наноструктурной организации путем микрофазного расслоения при конформационной перестройке сегментов макромолекул с объединением в нанобъеме гидрофобных участков в них происходить не может.

С целью уточнения механизма процесса возникновения наноструктурной организации в почвенных гелях было проведено изучение почвенных гелей, выделенных из большого числа различных почв.

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 выделения из почвенных образцов гелей [11, 17] воздушно-сухие почвенные агрегаты размером 3–5 мм помещали в чашки Петри на фильтровальную бумагу, увлажняли ее, капиллярно насыщая агрегаты водой. Через 2–3 минуты после увлажнения агрегатов очень медленно и аккуратно, направляя струю воды из пипетки на стенку чашки Петри, поднимали в ней уровень воды выше высоты агрегатов. Это приводило к отделению

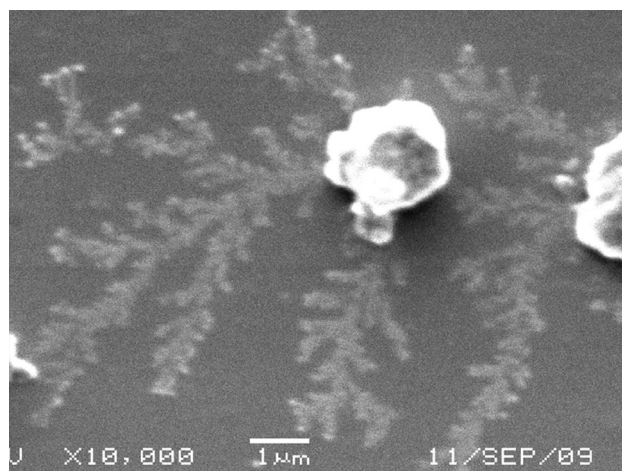
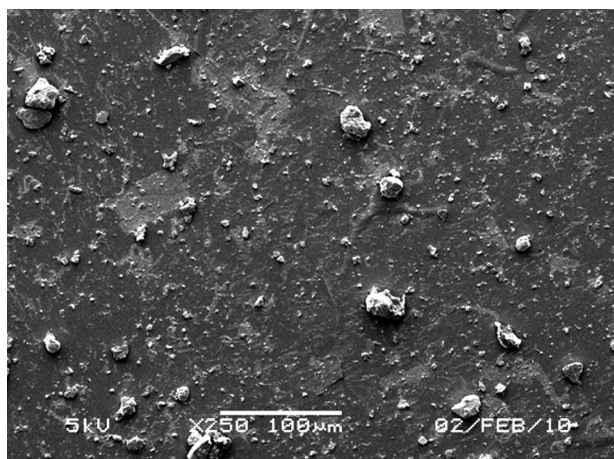
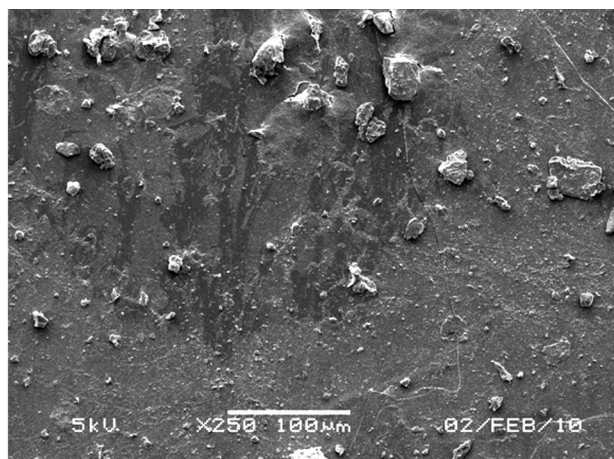


Рис. 1. Электронно-микроскопическое изображение гелевой пленки, выделенной из чернозема

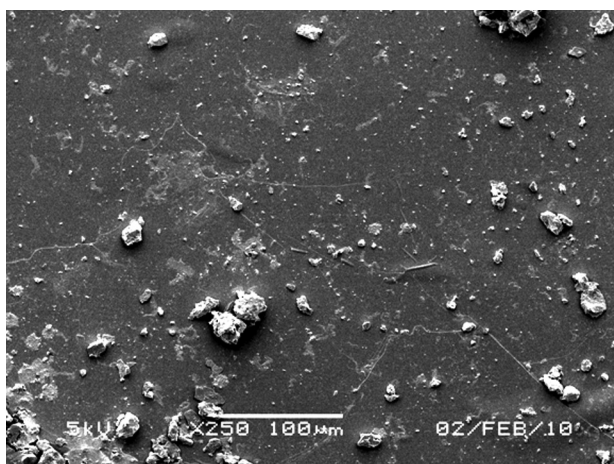


а.

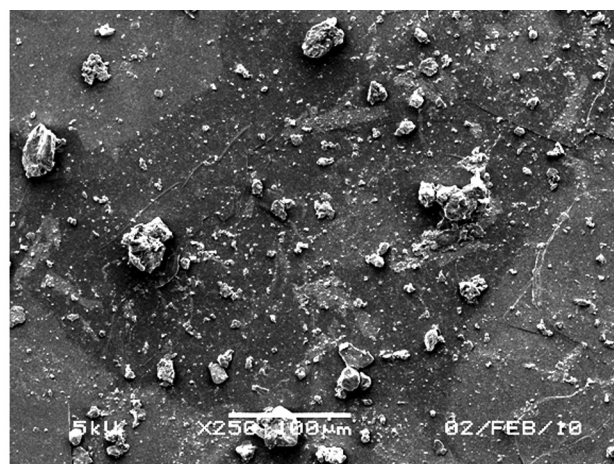


б.

Рис. 2. Фотографии почвенных гелей при различном содержании в дерново-подзолистой почве иона цинка, полученные с помощью электронного микроскопа (а – 0,65 мг/г; б – 10,5 мг/г; увеличение $\times 250$)



а.



б.

Рис. 3. Электронно-микроскопические фотографии почвенных гелей при различном содержании в дерново-подзолистой почве иона меди (а – 0,047 мг/г; б – 1,5 мг/г; увеличение $\times 250$)

от агрегатов и подъему на поверхность воды практически невидимых гелевых пленок. Пленки помещали на атомно гладкую поверхность свежерасщепленной слюды путем приведения в контакт поверхности слюды с водной поверхностью, на которой находилась пленка, и высушивали при 40 °С.

Микроскопические исследования 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).

Для проверки правильности понимания происходящих процессов в нативных почвенных гелях в дерново-подзолистую поч-

ву вводили модификаторы – катионы меди и цинка распылением необходимых объемов растворов сульфатов этих элементов в почвы при перемешивании. После введения модификаторов образцы почв сушили и выделяли гели описанным выше способом.

Полученные при электронно-микроскопическом изучении почв результаты свидетельствуют.

Во-первых, для гелей всех зональных почв и почвенных горизонтов характерно наличие наноструктурной организации.

Во-вторых, в почвенных гелях часто наблюдается выделение более плотной гидрофобной фазы в виде дендритов (рис. 1), аналогичных тем, которые наблюдались в искусственных гумусовых системах – торфя-

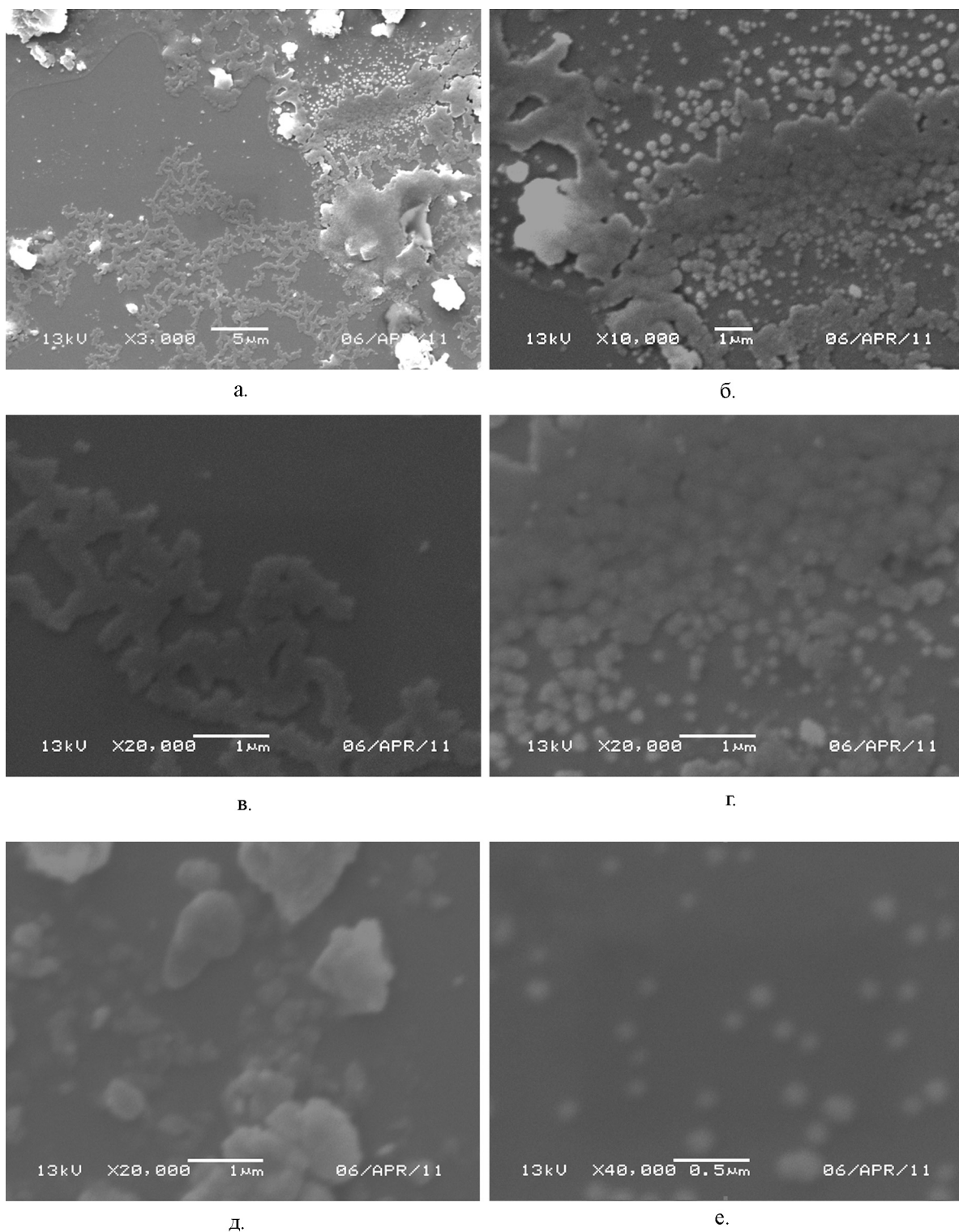


Рис. 4. Электронно-микроскопические фотографии почвенных гелей из бурой полупустынной почвы при различных увеличениях

ных клеях [1]. Это подтверждает наше предположение о том, что наноструктурная организация в почвенных гелях возникает не по механизму микрофазного расслоения, так как при микрофазном расслоении в полимерных

системах никогда не наблюдали образования фракталов.

В-третьих, во многих случаях введение модификатора в почвы приводит к возникновению в почвенных гелях более плот-

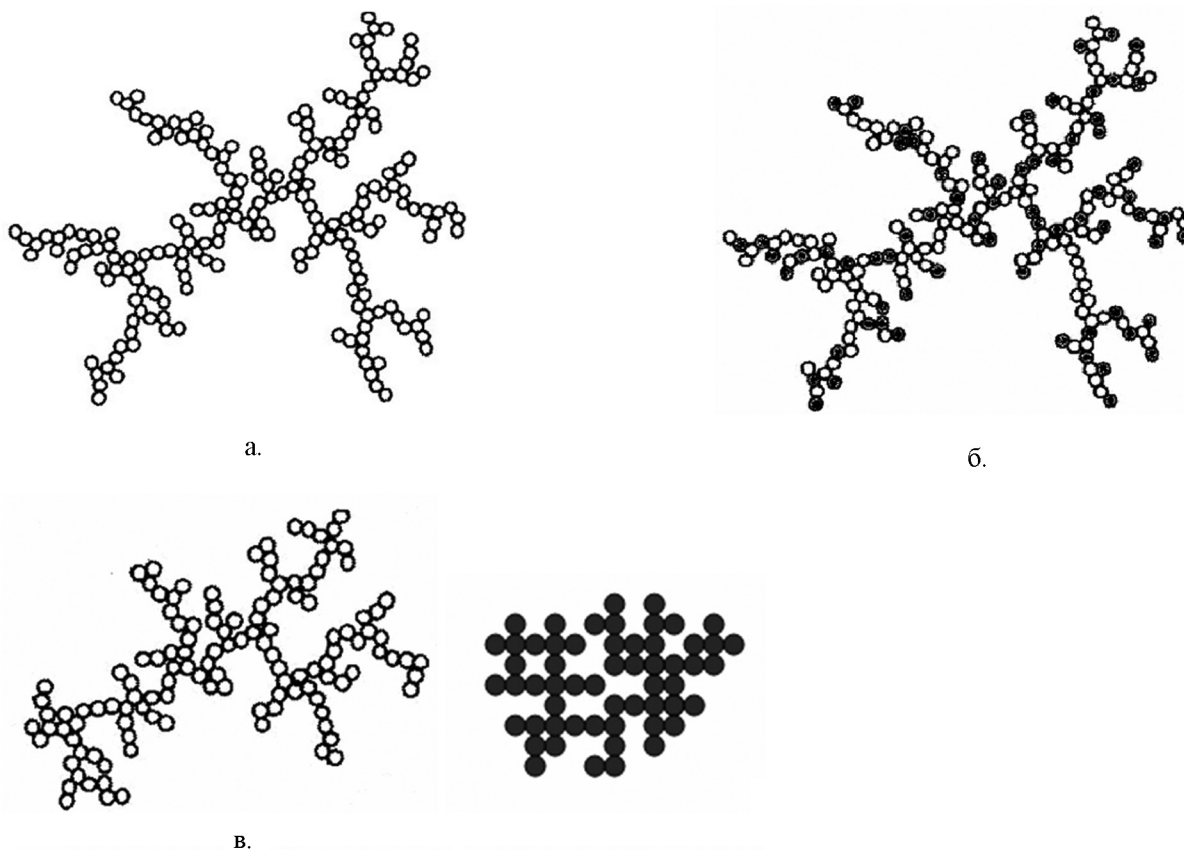


Рис. 5. Схема фрактального ассоциата, созданного по модели Витена–Сандерса, до взаимодействия с модификаторами, увеличивающими гидрофобность супермолекул ГВ (а), и после взаимодействия с модификаторами до реорганизации (микрофазного расслоения) с выделением более гидрофобной фазы (б) и после реорганизации (в) (Черным цветом выделены супрамолекулы ГВ с повышенной гидрофобностью)

ных областей микронных размеров (рис. 2, 3), площадь которых при увеличении концентрации модификаторов возрастает до десятков и сотен микрон. Микрофазного расслоения такого типа тоже не наблюдали в полимерных системах.

Практически все виды наноструктур, наблюдаемых в гелях различных почв, были обнаружены в гелях бурой полупустынной почвы (рис. 4). На полученных снимках мы видим сложные дендритные структуры (рис. 4, а–в), образующиеся из относительно небольших плотных гидрофобных частиц (рис. 4, а, б, е), и образующиеся при объединении подобных же плотных гидрофобных частиц достаточно протяженных областей новой фазы (рис. 4, а, б, г, д, е).

Фрактальная организация кластеров супермолекул ГВ [12], общие представления о процессе образования гидрофобной фазы в

полимерных и супраполимерных системах, а также полученные при изучении почвенных гелей результаты позволяют предложить механизм возникновения наноструктурной организации в почвенных гелях.

При взаимодействии с многозарядными катионами происходит структурная перестройка супермолекул ГВ, входящих в состав фрактальных ассоциатов, с уменьшением гидрофильности части супермолекул кластера, провзаимодействовавших с ионами или молекулами модификатора. Схема поясняет механизм процесса (рис. 5). Изменение свойств поверхности этих супермолекул ГВ после их взаимодействия с модификаторами приводит к изменению прочности связей между супермолекулами ГВ (рис. 5, б). Системы, состоящие из супермолекул, подобно системам, состоящим из макромолекул, бедны энтропией. Поэтому изменение свойств поверхности

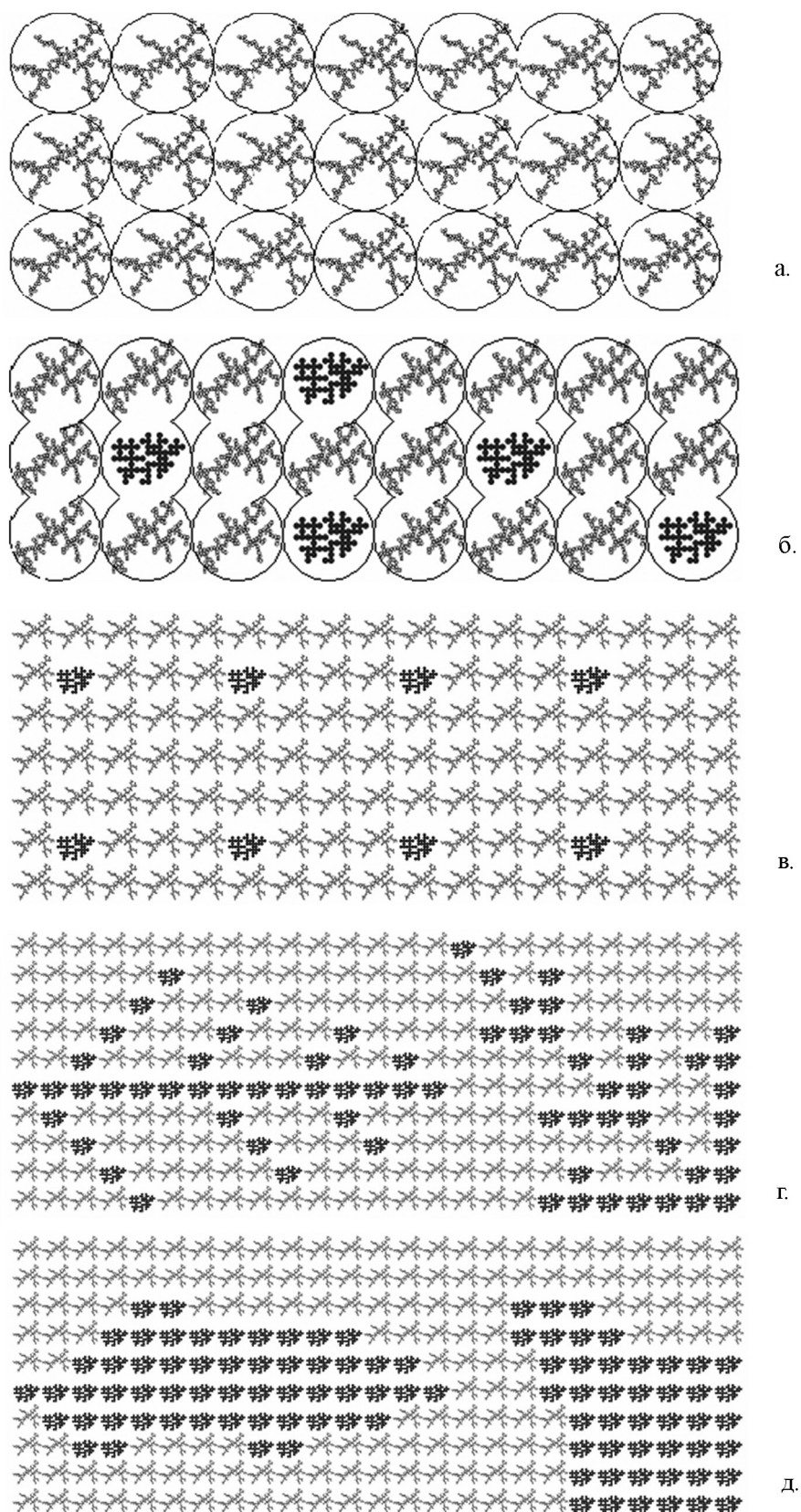


Рис. 6. Схема изменения почвенных гелей при реорганизации фрактальных ассоциатов до взаимодействия с модификаторами, увеличивающими гидрофобность супермолекул ГВ (а), и после взаимодействия с модификаторами (б). Выделение гидрофобной фазы при увеличении концентрации модификаторов в виде частиц (в), фракталов (г) и микрообластей (д)

отдельных супермолекул ГВ приводит к перестройке кластеров (рис. 5, в). Связи неизменных супермолекул ГВ с измененными супермолекулами ГВ заменяются на связи измененных супермолекул ГВ между собой, то есть происходит сегрегация супермолекул ГВ в почвенных гелях на наноровне.

На этом этапе при малой концентрации модификатора, по-видимому, возникают отдельные кластеры более плотной гидрофобной фазы из супермолекул ГВ, проваимодействовавших с модификатором, в матрице из гидрофильных кластеров ГВ (рис. 6, а–в). При росте концентрации модификатора количество гидрофобных кластеров увеличивается, они начинают взаимодействовать между собой, формируя различные, в том числе фрактальные образования из гидрофобных кластеров (рис. 6, г). Дальнейший рост концентрации модификатора в системе приводит к возникновению все более крупных образований из более гидрофобной фазы (рис. 6, д). При очень высокой концентрации модификатора большая часть супермолекул ГВ реорганизуется, а количество гидрофильной фазы уменьшается вплоть до полного исчезновения последней.

Таким образом, при микрофазном расслоении в полимерных системах происходит перестройка сегментов с образованием новой фазы, а в почвенных гелях реорганизация кластеров супермолекул с выделением более плотной гидрофобной фазы измененных супермолекул ГВ.

Предлагаемый механизм основан на принципах поведения систем, подобных гумусовым системам, и дает возможность объяснить все полученные нами на большом числе объектов экспериментальные результаты. Это позволяет принять его за основу, но, вне всяких сомнений, при дальнейшем проведении исследований он будет уточняться.

Библиографический список

1. 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 РФ. – 2009. – Т. 429. – № 3. – С. 336–338.
2. Федотов, Г.Н. Возникновение наноструктурной организации в почвенных гелях / Г.Н. Федотов // Роль почв в биосфере: тр. Института экологического почвоведения МГУ им. М.В. Ломоносова. – Выпуск 11. – М., 2011. – С. 79–92.
3. Федотов, Г.Н. Микрофазное расслоение супрамолекулярной гумусовой матрицы как процесс, формирующий наноструктурную организацию почвенных гелей / Г.Н. Федотов, Г.В. Добровольский, С.А. Шоба // Доклады Академии наук. – 2011. – Т. 437. – № 6. – С. 846–848.
4. Халатур, П.Г. Самоорганизация полимеров / П.Г. Халатур // Соросовский образовательный журнал. – 2001. – Т. 7. – № 4. – С. 36–43.
5. Рамбиди, Н.Г., Физические и химические основы нанотехнологий / Н.Г. Рамбиди, А.В. Березкин. – М.: Физматлит, 2008. – 456 с.
6. Хохлов, А.Р. Восприимчивые гели / А.Р. Хохлов // Соросовский образовательный журнал. – 1998. – № 11. – С. 138–142.
7. Хохлов, А.Р. Инженерия АВ-сополимеров / А.Р. Хохлов // Соросовский образовательный журнал. – 2000. – Т. 6. – № 10. – С. 108–115.
8. 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.
9. Кононова, М.М. Органическое вещество почв / М.М. Кононова. – М: Изд. АН СССР, 1963. – 314 с.
10. Супрамолекулярная химия: Концепции и перспективы / Ж.-М. Лен; Пер. с англ. – Новосибирск: Наука. Сиб. предприятие РАН, 1998. – 334 с.
11. Федотов, Г.Н. Уточнение представлений о строении почвенных гелей / Г.Н. Федотов, Ю.Д. Третьяков, В.И. Путляев, Е.И. Пахомов // Доклады АН РФ. – 2006. – Т. 411. – № 2. – С. 203–205.
12. Федотов, Г.Н. Уровни организации гумусовых веществ в почвах / Г.Н. Федотов, В.С. Шалаев, Т.Ф. Рудометкина, И.С. Росете // Вестник МГУЛ – Лесной вестник. – 2010. – № 7. – С. 70–77.
13. Stevenson F.J. Humus Chemistry. Genesis, Composition, Reactions, 2nd Ed. Wiley, New York. 1994. 443 p.
14. Piccolo A. «The Supramolecular Structure of Humic Substances». Soil Science. 2001. 166 (11). pp. 810–832.
15. 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.
16. Sutton R, Sposito G. «Molecular structure in soil humic substances: The new view». Environmental Science and Technology. 2005. 39. pp. 9009–9015.
17. Grossman R.B., Lynn W.C. Gel-Like Films that May Form at the Air-Water Interface in Soils. Soil Sci. Amer. Proc., 1967. vol. 31, pp. 259–262.

ОСОБЕННОСТИ КОМПЛЕКСА МИНИРУЮЩИХ НАСЕКОМЫХ В г. МОСКВЕ

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

belovy-da-i-nk@narod.ru

Наиболее успешно в городских насаждениях действуют представители скрыто живущих филофагов. Одной из таких групп являются минирующие насекомые, или минеры.

Биологические исследования, связанные с насекомыми-минерами, представляют собой сравнительно молодое направление современной энтомологии.

Минеры – насекомые, живущие внутри частей или органов растений и проделывающие в них ходы, или «мины». Название данного типа повреждения растений связано со старинным значением слова мина – «подкоп», «скрытый ход».

Ранее термин «мина» в энтомологической литературе, как отечественной, так и зарубежной, применялся довольно широко – это название относили и к ходам короедов, и стеблегрызущих насекомых.

Сейчас термин имеет более узкое значение. Он закреплен за ходами и полостями в хлорофиллоносных тканях, в подавляющем большинстве в листьях растений, реже хвоях, стеблях, молодых побегах [9].

Минирование растительной ткани, содержащей хлорофилл, как способ питания насекомых-филофагов возникал в течение эволюции неоднократно и обнаружен у представителей отрядов Lepidoptera, Hymenoptera, Diptera и Coleoptera.

В целом комплекс минирующих насекомых в насаждениях Москвы значителен и разнообразен, он представлен 121 видом, из которых только один – *Coleophora sibiricella* Falkovitsh, развивается на хвойном растении (*Larix* spp.)

Встречаемость

Среди видов минеров, встречающихся в городских насаждениях Москвы, 39,7 % видов являются обычными, 27,3 % – редкими, 21,5 % встречаются единично, и только 11,5 % видов минеров способны давать вспышки массового размножения или иметь

перманентно высокую численность в городских насаждениях.

Редкими видами в условиях Москвы являются: из Coleoptera – *Trachys minuta* Linnaeus, *Zeugophora subspinosus* Fabricius, *Orchestes alni* Linnaeus и *Or. subfasciatus* Gyllenhal, из Hymenoptera – *Fenusa ulmi* Sundevall и *Heterarthrus aceris* Kaltenbach, из Diptera – 5 видов сем. Agromyzidae и из Lepidoptera – 10 видов сем. Stigmellidae, 9 видов сем. Gracillariidae, *Coleophora ahenella* Heinemann и *C. milvipennis* Linnaeus, а также *Bucculatrix bechsteinella* Bechstein & Scharfenberg.

Единично встречаются: *Orchestes rusci* Herbst (Coleoptera), *Heterarthrus nemoratus* Fallün (Hymenoptera), 12 видов сем. Stigmellidae, по 5 видов сем. Gracillariidae и Coleophoridae, *Coptotriche angusticollis* Duponchel и *Phyllocnistis sorhagenella* Lãders (Lepidoptera). В большинстве случаев низкий уровень численности данных видов связан с малой долей их кормовых растений в ассортименте насаждений Москвы.

Массовыми видами являются: *Isochnus sequens* Stierlin (Coleoptera) и следующие представители отряда Lepidoptera – *Stigmella aucupariae* Frey, *St. betulicola* Stainton, *St. malella* Stainton (Stigmellidae), *Cameraria ohridella* Deschka, Dimic, *Gracilaria syringella* Fabricius, *Phyllonorycter issikii* Kumata, *Ph. populifoliella* Treitschke, *Ph. sagittella* Bjerkaner, *Micrurapteryx gradatella* Herrich-Schaffer (Gracillariidae), *Coleophora binderella* Kollar, *C. fuscedinella* Linnaeus, *C. sibiricella* Falkovitsh и *Tischeria ekebladella* Bjerkaner. 4 вида в данной группе являются факультативными минерами, что указывает на то, что подобный образ жизни может являться ключом к успешному размножению в условиях города.

Группы минеров

Различают облигатных («постоянных») и факультативных минеров [11]. К пер-

вой группе относят насекомых, полное личиночное развитие которых проходит внутри хлорофиллоносных тканей растения. Их личинки не меняют лист, в котором развиваются. Ко второй – насекомых, развивающихся в минах лишь на протяжении нескольких, но не всех личиночных возрастов. Во всех случаях первые личиночные возраста минеров обязательно проходят внутри растительных тканей.

Постоянными минерами в условиях насаждений Москвы являются 101 вид насекомых (83,5 %).

Повреждаемая часть листа

В насаждениях Москвы подавляющая часть минирующих насекомых повреждает только листовую пластинку – 96,7 % от общего количества видов в комплексе. Только у трех видов мина располагается и в черешке, и в листовой пластинке (*Ectoedemia turbidella* Zeller, *Stigmella argyropeza* Zeller, *Heliozela betulae* Stainton) и у одного вида (*Stigmella oxyacanthella* Stainton) мина может начинаться в черешке, либо, наоборот, заходить в него с листовой пластинки.

Характер питания

По характеру питания среди минеров в насаждениях Москвы преобладают узкие (56,2 % от общего количества видов в комплексе) и широкие (25,6 %) олигофаги, повреждающие близкородственные виды древесных растений в пределах одного, либо нескольких родов, что обычно зафиксировано в самом названии данных видов «тополевая», «кленовая», «ивовая» моль и т. п. [5, 9].

Полифагия среди минеров характерна для основных представителей семейств Coleophoridae, Incurvariidae и Lyonetiidae [7, 8, 10].

В насаждениях Москвы полифагами являются 14 видов минирующих насекомых (11,8 %): *Trachys minuta* Linnaeus* (Coleoptera), *Coleophora ahenella* Heinemann, *C. anitipennella* Hübner, *C. fuscadinella* Linnaeus, *C. limosipennella* Duponchel, *C. lutipennella* Zeller, *C. paripennella* Zeller, *Coptotriche angusticollis* Duponchel**, *Incurvaria pectinea*

Haworth, *Leucoptera malifoliella* Costa***, *Lyonetia clerkella* Linnaeus**, *Phyllonorycter issikii* Kumata*** (Lepidoptera), *Fenusella hortulana* Klug (Hymenoptera), *Agromyza idaeina* Hardy** (Diptera) /* – вид стабильно развивается в трех поколениях; ** – вид развивается в двух поколениях; *** – вид дает два поколения и третье неполное/.

Меньше всего в насаждениях Москвы среди минирующих насекомых монофагов – 6,5 % от общего количества видов в комплексе: *Orchestes alni* Linnaeus (Coleoptera), *Eriocrania semipurpurella* Stephens, *E. sparmanella* Zeller, *Heliozela betulae* Stainton, *Stigmella argyropeza* Zeller (Lepidoptera), *Fenusella pusilla* Lefebvre, *Heterarthrus nemoratus* Fallén (Hymenoptera), *Agromyza alni-betulae* Hendel (Diptera).

У большинства видов минеров в мине развивается только одна личинка. При слиянии мин личинка младшего возраста, как правило, погибает, что связано с особенностями морфологии, в частности строения ног.

Однако в насаждениях Москвы встречаются виды, у которых личинки живут группами в одной мине: *Zeugophora subspinosa* Fabricius (до 50 личинок в мине), *Isochnus sequensi* Stierlin (до 18) (Coleoptera), *Gracilaria syringella* Fabricius (до 25) (Lepidoptera) и *Profenus pugmaea* Klug (до 50 личинок в мине) (Hymenoptera). Кроме того, у *Cameraria ohridella* Deschka, Dimic (Lepidoptera), при массовом развитии возможно слияние мин и развитие двух личинок в одной мине, при условии, что мины на момент слияния имеют достаточные размеры.

Окукливание

Вне мины окукливание производят 66,1 % видов минеров, входящих в комплекс минирующих насекомых г. Москвы. В мине окукливается 29,8 % от общего количества видов в комплексе, при этом у *Chromatomyia lonicerae* Robineau-Desvoidy (Diptera) особи первого поколения окукливаются вне мины, особи второго – в минах.

Личинки пяти видов (4,1 %) в зависимости от условий развития могут окукливаться и вне, и внутри мины: *Isochnus sequensi* Stierlin (Coleoptera), *Acrocereops brangniardella*

Fabricius (Lepidoptera), *Aulagromyza heringii* Hendel, *Aul. tridentata* Loew, *Phytomyza agromyzina* Meigen (Diptera).

Зимовка

Важным моментом в жизненном цикле насекомого является зимовка. 60,3 % представителей комплекса минирующих насекомых в насаждениях Москвы зимуют на фазе куколки, 18,2 % – на фазе личинки (с дальнейшим продолжением питания или непосредственным окукливанием сразу после удачной зимовки) и 21,5 % – зимуют на фазе имаго.

Эти данные в дальнейшем будут подвергнуты незначительной корректировке, так как для нескольких видов данные по особенностям биологии на территории Москвы требуют определенной проверки.

Однако даже при зимовке на одной фазе развития у разных видов даже одного семейства она может происходить по-разному. На фазе имаго минеры зимуют в трещинах коры на стволах деревьев, но часть видов в условиях города может зимовать в помещениях. На фазе личинки минеры могут уйти на зимовку в поверхностные слои почвы и окуклиться только следующей весной (*Zeugophora subspinosa* Fabricius), перезимовать в чехлике открыто на ветвях растения-хозяина (р. *Coleophora*) или, крайне редко, зимовать в мине в опавшем листе (*Tischeria ekeblandella* Bjerckander). На фазе куколки минеры также могут зимовать в почве (р. *Stigmella*), в минах в опавших листьях (р. *Phyllonorycter*) или в трещинах коры на стволах деревьев (*Leucoptera malifoliella* Costa).

Количество поколений

Известно, что природно-климатические особенности определяют количество поколений молей-минеров, скорость развития и их жизненные циклы. Так, имеются данные, что в условиях Кавказа *Stigmella malella* Stt. развивается в 3–4 поколениях, в условиях южной полосы в 3-х, а средней – в 2-х поколениях [3].

В насаждениях Москвы выделяются две основных группы видов: бивольтинные (55,4 % от общего количества видов в комплексе), среди которых три вида – *Cameraria*

ohridella Deschka, Dimic, *Phyllonorycter issikii* Kumata и *Leucoptera malifoliella* Costa имеют третью неполную генерацию и унивольтинные (43,0 %), среди которых один вид может давать вторую неполную генерацию (*Phyllonorycter populifoliella* Treitschke) и еще один, в зависимости от условий может за вегетацию развиваться в одном или двух поколениях (*Ectoedemia occultella* Linnaeus).

Только два вида (1,6 % от общего количества видов в комплексе) являются истинными поливольтинными видами (*Trachys minuta* Linnaeus, *Stigmella aeneella* Heinemann).

Минирующие насекомые входят в состав трех фенологических групп. К *весенне-летней группе*, повреждающей листья в конце мая – начале июня относятся минеры из сем. Nepticulidae и Gracilariidae, а также короткоусая и волосатая минирующие первичные моли (*Eriocrania sparmanella* Zeller) и *E. semipurpurella* Stephens). К *летней группе* относятся березовый минирующий долгоносик (*Orchestes rusci* Herbst), березовая моль-пестрянка (*Parornix betulae* Stainton), липовая моль-крошка (*Nepticula tilia* Frey), липовый и вязовый минирующие пилильщики (*Parnatenella* Klug, *Fenusa ulmi* Sundevall).

Особую группу составляют виды, активно действующие в течение всего сезона. К ним относятся насекомые, дающие два и более поколения за вегетационный сезон или с чрезвычайно растянутым периодом развития. Так, уже с начала вегетационного сезона встречаются повреждения листьев липовой моль-пестрянкой (*Phyllonorycter issiki* Kumata), а пик ее встречаемости на липе приходится на вторую половину сезона, что объясняется наличием у нее именно двойной генерации.

Приуроченность к типу насаждения

Распределение видов минирующих насекомых по городским насаждениям (табл. 1) имеет особенности, отличающие эту экологическую группу насекомых от всего комплекса членистоногих фитофагов.

В каждом экологическом типе городских насаждений Москвы (кроме 3) выявлены виды минирующих насекомых, характерные только для данного типа насаждения.

Распределение видов минирующих насекомых по городским насаждениям и индекс общности Жаккарда

Типы насаждений	1	2	3	4	5
1	75 / 9	66 (22)	43	42	29
2	2,163265	106 / 5	43	74 (5)	39
3	1,744186	0,721154	75 / –	31	43 (1)
4	1,387755	0,794118	1,227273	81 / 3	42
5	0,733333	0,427184	0,594595	0,556962	44 / 1

Обозначения: 1 – лесопарки, лесные дачи, территории ботанических садов с элементами лесных насаждений; 2 – парки, дендрарии, озелененные территории спортивных, оздоровительных и культурно-исторических комплексов; 3 – внутриворонные насаждения и озелененные территории специального назначения; 4 – бульвары, скверы, озелененные пешеходные зоны и другие сложные уличные посадки; 5 – простые уличные посадки. По диагонали указано количество выявленных видов в сообществе, через дробь приведено количество видов, встречающихся только в данном сообществе. Над диагональю – количество общих для данных типов насаждений видов насекомых-минеров, в скобках – количество видов, характерных только для данной пары сообществ и не встречается в насаждениях иного (третьего) типа, ниже диагонали – индекс общности Жаккарда для комплексов минеров в данных парах насаждений

В лесопарках это *Ectoedemia albifasciella* Heinemann, *Stigmella aurella* Fabricius, *St. microtheriella* Stainton, *Phyllonorycter coryli* Nicelli, *Coleophora ahenella* Heinemann, *C. limosipennella* Duponchel, *C. lutipennella* Zeller, *C. paripennella* Zeller (Lepidoptera), *Agromyza albitarsis* Meigen (Diptera); в парках – *Stigmella samiatella* Zeller, *Phyllonorycter quercifoliella* Zeller, *Phyllocnistis sorhagenella* Liders, *Lyonetia prunifoliella* Linnaeus, *Coleophora anitipennella* Hübner (Lepidoptera); на бульварах и скверах – *Stigmella mespilicola* Frey, *Stigmella oxyacanthella* Stainton, *Phyllonorycter sp.* (Lepidoptera); в простых уличных посадках – *Coleophora sp.* Det. S. Vu Sinev (Lepidoptera), то есть виды, относящиеся в массе к чешуекрылым насекомым, в то время как представители жесткокрылых, перепончатокрылых и двукрылых (последние кроме 1 вида) не имеют в составе видов, ограниченных рамками одного типа городских насаждений.

При этом нельзя утверждать, что отсутствие этих видов в других типах насаждений связано с отсутствием в них растения-хозяина: ни один из указанных видов не является монофагом, это разного рода олигофаги и несколько видов полифагов (представители р. *Coleophora*). Следовательно, именно экологические особенности насаждений привели перечисленные виды к вынужденной изоляции в городских условиях.

Также данные, представленные в табл. 1, позволяют утверждать, что значения индексов общности Жаккарда представляют ряды, отражающие снижение количества общих для сообществ видов растительноядных членистоногих. Особенности, изменяющими обычную структуру рядов, является доминирование (по количеству входящих видов) комплекса минеров, сложившегося во втором экологическом типе городских насаждений и не столь резкое обеднение комплексов, кроме последнего типа насаждений, находящихся на территориях, подвергшихся процессам урбанизации в наибольшей степени.

Таким образом, минеры встречаются не только там, где условия среды наиболее близки к естественным, они встречаются во всех типах городских насаждений, в том числе и уличных. Там, где имеется наибольшее разнообразие видов древесных растений, выражены многоярусность полого, разнообразие микроклиматических условий и в наименьшей степени загрязнена окружающая среда, комплекс минеров представлен наиболее полно.

В то же время богатство и разнообразие видового состава комплекса минеров в городе обусловлено скрытым образом жизни, который дает им преимущество в условиях загрязненной городской среды перед группами открыто живущих членистоногих дендрофагов.

**Краткая характеристика очагов некоторых минирующих насекомых
в насаждениях г. Москвы в 1979–2007 гг.**

Типы очагов	Категории размерностей очагов суммарно по городу	Категории повреждаемых насаждений	Годы	Виды насекомых
Крупномасштабные	Несколько тысяч га	Лесопарки и парки, скверы, бульвары и улицы, дворы	1979–1999	Моль-пестрянка тополевая нижнесторонняя
	Около 7000 га	Лесопарки и парки, скверы и бульвары	1990–1996	Лиственничная чехликовая моль
	Несколько тысяч га	Лесопарки и парки	1987–2001	Липовая моль пестрянка
Крупные линейные	Несколько десятков погонных км	Улицы, магистрали и железные дороги	1987–2001	Моль-пестрянка тополевая нижнесторонняя
Локальные	Несколько сотен га	Скверы, бульвары, улицы, дворы и вдоль магистралей и железных дорог	1987–2007	
	Несколько сотен га	Парки, скверы и бульвары	1987–2007	Липовая моль пестрянка
	Несколько сотен га	Скверы, бульвары, улицы, дворы	1987–2000	лиственничная чехликовая моль
	Несколько десятков га	Скверы, бульвары, улицы, дворы	1979–1984	Сиреневая моль-пестрянка
	Несколько десятков га	Парки, скверы и бульвары	1981–1988; 1990–1992; 1995–2007	Моль хвостonosная акациевая
Сверхлокальные	Около 200 га	Дворы и улицы	1981–2007	Моль-пестрянка тополевая нижнесторонняя
	Около 100 га	Дворы	1981–2007	Липовая моль пестрянка
	Несколько десятков га	Улицы	1981–2007	Моль хвостonosная акациевая
		Скверы, бульвары, улицы и дворы	1997–2007	Вязовый (ильмовый) минирующий пилильщик
		Парки, бульвары и скверы, дворы	1997–1998	Липовый минирующий пилильщик
		Скверы, дворы	1996–2006	Кленовый минирующий пилильщик

Очаги массового размножения

Минирующие насекомые в городских условиях могут образовывать очаги трех типов: крупномасштабные – охватывающие в отдельные годы почти все насаждения с их кормовым видом растения в пределах города, локальные и сверхлокальные – повреждаются в сильной степени лишь отдельные деревья или их группы. Очаги могут иметь как скоротечный, так и хронический характер, что определяется биологическими особенностями этих филлофагов [6].

Как свидетельствуют приведенные в табл. 2 данные, четкое разделение представителей комплекса минеров по наличию образуемых очагов часто невозможно. Например, такие виды, как моль-пестрянка тополевая

нижнесторонняя, моль хвостonosная акациевая, лиственничная чехликовая моль и другие виды образуют все три типа очагов.

Крупномасштабные очаги наиболее значимых видов насекомых-минеров в Москве чаще приурочены к парковым и лесопарковым насаждениям, а локальные и сверхлокальные очаги – к посадкам древесных растений в скверах, бульварах, во дворах, реже – на улицах и магистралях.

На участках насаждений вдоль линий железнодорожного полотна и автомобильных дорог с интенсивным транспортным потоком часто образуются очаги линейного типа. Это связано со способностью многих минеров к миграциям путем пассивного переноса ветром. Так, например, сильный воздушный поток, образующийся при движении транс-

порта, переносит бабочек моли-пестрянки тополевой нижнесторонней на расстояния несколько сотен метров.

Прерывистость посадок тополя создает прерывистость и в распространении моли, что способствует образованию ее локальных очагов, но обычно не препятствует обмену особями между очагами.

Влияние на состояние растения

При низкой численности вида (или комплекса видов) либо его относительной физиологической безвредности минирование листьев явно не сказывается на состоянии растений [2].

Однако в отдельные годы воздействие минерирующих насекомых может быть значимо. При высокой численности минеров поврежденные листья покрываются пятнами, теряют естественный цвет и форму. Для территории нашей страны характерны такие резкие подъемы численности минерирующих насекомых. Так, при массовом размножении *Stigmella malella* Stainton в первом поколении на 1 лист приходится 1 мина, во втором и третьем поколениях число их увеличивается соответственно в 18 и 30–60 раз [3].

В условиях города отдельные виды (например тополевая моль-пестрянка нижнесторонняя) способны вызвать преждевременное сплошное опадение листвы [1, 5].

Изымая часть фотосинтезирующей поверхности, минеры, как и все членистоногие филлофаги, воздействуют на продукционные процессы отдельных растений и насаждений в целом, снижая их уровень по сравнению с нормальным. При одинаковых размерах изъятия фотосинтезирующей поверхности уменьшение прироста растения зависит от времени нанесения повреждений, их степени и повторяемости, возраста и резистентности, погодных условий и условий местопроизрастания. Падение прироста, как правило, пропорциональное потерям листвы, частичное или полное усыхание, увеличение чувствительности к болезням (инвазии патогенных организмов) и вторичным вредителям как последствия уничтожения их ассимиляционного аппарата подробно рассматривались многими исследователями [4, 12].

Описанные выше особенности биологии представителей комплекса минерирующих насекомых делают их высоко приспособленными для развития на урбанизированных территориях и потенциально опасными для их растений-хозяев.

Библиографический список

1. Белова, Н.К. Биологические особенности тополевой моли в условиях Подмосковья / Н.К. Белова // Вопросы лесовыращивания и рационального лесопользования. – М.: МЛТИ, 1981. – Вып. 137. – С. 129–134.
2. Белова, Н.К. Биологические особенности малоизученных насекомых-минеров в городских насаждениях / Н.К. Белова, Д.А. Белов // XII съезд Русского энтомологического общества (Санкт-Петербург, 19–24 августа 2002 г.). Тезисы докладов. – СПб.: 2002. – С. 32–33.
3. Васильев, В.П. Вредители плодовых культур / В.П. Васильев, И.З. Лившиц. – М.: Колос, 1984. – 399 с.
4. Воронцов, А.И. Роль листогрызущих насекомых в лесном биогеоценозе / А.И. Воронцов, Е.Н. Иерусалимов, Е.Г. Мозолевская // Журнал общей биологии. – 1967. – Т. 28. – № 2. – С. 172–187.
5. Довнар-Запольский, Д.П. Минерирующие насекомые на растениях Киргизии и сопредельных территорий // Д.П. Довнар-Запольский. – Фрунзе: Илим, 1969. – 148 с.
6. Ермолаев, И.В. Биоценологические механизмы функционирования хронических очагов листовичной чехликовой моли *Coleophora sibiricella* Flkv. (Lepidoptera, Coleophoridae) / И.В. Ермолаев // Автореф. дис... канд. биол. наук / Красноярск: РАН СО. Ин-т леса им. В.Н.Сукачева, 1999. – 18 с.
7. Загуляев, А.К. Сем. Incurvariidae / А.К. Загуляев // Насекомые и клещи – вредители сельскохозяйственных культур. – Т. III: Чешуекрылые. – СПб.: Наука, 1994. – С.26–33.
8. Кузнецов, В.И. Сем. Nepticulidae / В.И. Кузнецов, Р.К. Пуплясис // Насекомые и клещи – вредители сельскохозяйственных культур. – Т. III: Чешуекрылые. – СПб.: Наука, 1994. – С. 12–23.
9. Пужайкин, И.В. Минерирующие насекомые-агримизиды на бобовых / И.В. Пужайкин // Тезисы докладов 44-ой научной конференции профессорско-преподавательского состава, сотрудников и аспирантов самарской ГСХА. – Самара: Самарская ГСХА, 1997. – С. 182–183.
10. Фалькович, М.И. Сем. Coleophoridae / М.И. Фалькович // Насекомые и клещи – вредители сельскохозяйственных культур. – Т. III: Чешуекрылые. – Ч.2. – СПб.: Наука, 1999. – С. 93–110.
11. Hering, E.M. Biology of the Leaf Miners / E.M. Hering. – The Hague: Junk, 1951. – 520 p.
12. Kuno, E. A new method of sequential sampling to obtain the population estimates with a fixed level of precision. / E. Kuno // Res. Popul. Ecol. – 1969. – V. XI. – № 2. – P. 127–137.

ЧЕРНЫЙ РАК ПЛОДОВЫХ КУЛЬТУР

Э.С. СОКОЛОВА, с. н. с. доц. каф. экологии и защиты леса МГУЛ, канд. с.-х. наук,
В.А. РЯБИНКОВ, ФГУ «Российский центр защиты леса»

caf-ecology@mgul.ac.ru

Черный рак это одна из самых опасных болезней как в промышленных садах, так и в личных подсобных хозяйствах. Она приводит к снижению урожая, а в особо «запущенных» случаях к отмиранию ветвей или гибели деревьев. Поражаются как семечковые плодовые культуры (яблоня, груша, айва, боярышник), так и некоторые косточковые (персик, черешня, абрикос), а также ряд лесных пород и декоративных растений, но чаще яблоня и груша. Возбудителем болезни является один из так называемых патогенных грибов, гриб *Sphaeropsis malorum*. Гриб развивается на листьях, цветках, плодах, на штамбах, ветвях и скелетных сучьях деревьев разного возраста.

Весной болезнь поражает цветы. При этом их лепестки буреют и сморщиваются, а тычинки и пестик, на которых образуется спороношение гриба, чернеют. На отдельных веточках могут заболеть все цветы. В начале июня на листьях образуются мелкие красно-коричневые пятна разной формы – пятнистость. По мере развития пятна увеличиваются, достигая 4–6 мм в диаметре. При этом они становятся коричневыми, с четко выраженными концентрическими зонами, серым центром и красно-фиолетовой каймой по краю. Летом, но не всегда, на пятнах развивается спороношение гриба в виде мелких черных точечных бугорков. Пораженные листья буреют, засыхают и преждевременно опадают. В годы, благоприятные для развития болезни, массовый листопад может происходить за 1,5–2 месяца до созревания плодов.

Плоды поражаются незадолго до их сбора или во время хранения. Болезнь проявляется в виде черной гнили. Вначале на плодах образуется небольшое бурое пятно, которое по мере развития охватывает частично или полностью поверхность плода. Позже на пораженных плодах образуется спороноше-

ние возбудителя, имеющее вид мелких черных бугорков, расположенных концентрическими кругами. В дальнейшем плоды чернеют, сморщиваются и твердеют, превращаясь в мумии. Поверхность таких мумифицированных плодов отличается шероховатостью из-за многочисленных мелких, черных бугорков – спороношений гриба.

Наиболее опасной формой проявления болезни является поражение ствола, ветвей и скелетных сучьев. Инфекция проникает в ткани дерева через участки коры, поврежденные морозно-солнечным ожогом, морозобойные раны и трещины, другие повреждения. Вначале появляются как бы маслянистые, обесцвеченные отмершие участки коры – некрозы, которые позже приобретают вид неглубоких вмятин буровато-фиолетового цвета. Позже по краю некрозов образуются трещины, обозначая границу со здоровой частью ствола или ветви (рис. 1, 2). Пораженная кора чернеет, становится как бы обугленной и покрывается продольными и поперечными трещинами (рис. 3). На стволах и толстых ветвях некрозы преобразуются в раковые раны (рис. 4).

В толще пораженной коры развивается спороношение возбудителя, имеющее вид многочисленных, черных, округлых бугорков, сплошь покрывающих поверхность отмершей коры и придающих ей характерный вид «гусиной кожи» (рис. 5). Отмершая кора опадает, обнажая почерневшую древесину (рис. 6). Споры возбудителя распространяются посредством дождя и ветра с апреля по октябрь и заражают деревья. Инфекция сохраняется в зимний период в виде спороношений и мицелия гриба в пораженных листьях, плодах, коре.

Развитие болезни происходит с различной скоростью в зависимости от степени ослабления дерева и погодных условий. Раны полностью окольцовывают стволы и толстые



Рис. 1. Начальная стадия поражения коры в развилке ветвей



Рис. 2. Начальная стадия поражения коры в развилке ветвей (приближенно)



Рис. 3. Скелетная ветвь с почерневшей корой



Рис. 4. Стволик рябины, пораженный черным раком



Рис. 5. Участок пораженной коры, покрытый бугорками спороношений (гусяная кожа)



Рис. 6. Пораженная ветвь с опавшей корой



Рис. 7. Пораженная ветвь со спороношением грибов р. *Cytospora*

ветви за 3–5 лет, в результате чего происходит гибель дерева.

Черный рак поражает ослабленные деревья разного возраста, но преимущественно старые, с нарушенной биологической устойчивостью. Ослабление плодовых деревьев вызывается различными естественными (поражение болезнями, повреждение вредителями, погодные условия и т. д.) и антропогенными (техногенное загрязнение окружающей среды, нарушение правил агротехники и др.) факторами. Но наибольшее значение в ослаблении плодовых деревьев имеет недостаток влаги в почве, причинами которого могут быть засухи и неправильное содержание междурядий.

Частым спутником черного рака при поражении стволов и ветвей является цитоспороз, вызываемый грибами рода *Cytospora*. Проявление цитоспороза на начальных стадиях схоже с черным раком. Впоследствии различия признаков этих заболеваний становятся очень четкими. При цитоспорозе отсутствует почернение коры и древесины, спороношения

имеют вид мелких конических бугорков со светлыми вершинками и не создают эффекта «гусиной кожи» (рис. 7). Характерным признаком грибов этого рода являются хорошо различимые в лупу оранжево-красные, красные или красноватые капли, тяжи и спиральки выходящих на поверхность коры спор. Возбудители цитоспороза часто поселяются на уже отмерших ветвях, но могут поражать еще живые ветви, ускоряя процесс усыхания.

Защита плодовых культур от черного рака включает комплекс мероприятий, направленных на снижение вреда от болезни:

- надзор за появлением и распространением черного рака в разных категориях насаждений плодовых деревьев;
- поддержание высокого уровня агротехники, обеспечивающего оптимальные условия для роста и развития плодовых культур и способствующего повышению их устойчивости к болезни;
- использование при создании новых посадок устойчивых к черному раку сортов плодовых культур;

- своевременная обрезка больных и усохших ветвей с последующим их уничтожением;
- удаление из посадок усыхающих и усохших деревьев с последующим их уничтожением;
- уничтожение источников инфекции, которыми являются опавшие листья, плоды, ветви;
- при уходе за посадками профилактика повреждений коры стволов и ветвей, которые служат «воротами инфекции»;
- ежегодная побелка штамбов и оснований скелетных сучьев с целью защиты от морозобоя и морозно-солнечного ожога;
- лечение ран в ранневесенний период с последующей обработкой и дезинфекцией медным купоросом 100 г на 10 л воды, а также обработка до цветения и после него рас-

твором медного купороса в той же концентрации с расходом рабочей жидкости 10–20 л на 100 кв.м.

Для правильной диагностики заболевания и выбора эффективных методов защиты желательна консультация специалистов.

Библиографический список

1. Станчева, Й. Атлас болезней сельскохозяйственных культур. Болезни лесных и декоративных культур / Й. Станчева. – 2005. – 248 с.
2. Пышина, З.С. Черный рак / З.С. Пышина // Защита растений. – М.: Колос. – № 11. – 1978. – С. 52.
3. Смольякова, В.М. Болезни плодовых пород юга России / В.М. Смольякова. – Краснодар: Весть, 2000. – 192 с.
4. Хохряков, М.К. Определитель болезней растений / М.К. Хохряков, Т.Л. Доброзракова, К.М. Степанов и др. – СПб: Лань, 2003. – 592 с.
5. Цупкова, Н.А. Черный рак / Н.А. Цупкова // Защита растений. – М.: Колос. – № 5. – 1976. – С. 63.

ДИНАМИКА ПОПУЛЯЦИЙ СОСНОВЫХ ЛУБОЕДОВ В ЛЕСАХ МОСКОВСКОЙ ОБЛАСТИ, ПОСТРАДАВШИХ ОТ РАЗРУШИТЕЛЬНЫХ ПОГОДНЫХ ЯВЛЕНИЙ

А.И. ЯКОВЕНКО, асп. каф. экологии и защиты леса МГУЛ

caf-ecology@mgul.ac.ru

За последние несколько лет леса Московской области неоднократно подвергались воздействию разрушительных погодных явлений. В 2008 и 2009 гг. это мощные шквальные ветра в конце лета, приведшие к массовым ветровалам. Летом 2010 г. весь регион охватила аномальная жара, послужившая причиной сильнейшей засухи и торфяных пожаров. Зимой 2011 г. насаждения подверглись аномальному погодному явлению – ледяному дождю, повлекшему массовые снеголомы в сосняках, когда вершины деревьев обламывались под тяжестью обледеневшей кроны с налипшим снегом, ломая соседние деревья. В большинстве случаев никаких санитарно-оздоровительных мероприятий в расстроенных насаждениях не проводилось, что еще более усугубляло лесопатологическую ситуацию, приводя к нежелательному накоплению мертвого леса. Все это не могло не сказаться на активности стволовых вредителей, среди

которых наибольшую опасность для сосновых насаждений представляют большой и малый сосновые лубоеды (*Tomicus piniperda* L. и *Tomicus minor* Hart.), способные образовывать очаги массового размножения, в частности ослабленных насаждениях.

В связи с этим в течение нескольких лет нами проводился лесопатологический мониторинг в различных расстроенных насаждениях Щелковского учебно-опытного лесхоза, из числа которых были выбраны два типичных сосняка, где предоставляется возможность наиболее полно отследить динамику развития популяций сосновых лубоедов. В целом в задачи исследований входила оценка динамики состояния расстроенных участков насаждений, изучение динамики популяций сосновых лубоедов, их популяционный анализ, а также выявление очагов массового размножения основных видов стволовых вредителей.

Общая лесопатологическая характеристика расстроенных участков насаждений

Насаждение		1. Свердловское лесничество, квартал 94, выдел 1		2. Свердловское лесничество, квартал 97, выдел 4		
Краткая таксационная характеристика		<i>ТУМ С₂; тип леса сосняк сложный; бонитет I; возраст 63–64 года; полнота 0.8; D_{ср.} 24 см; H_{ср.} 23 м; состав 8С2Е+Б, ед.Ос; подрост Е, Д, Б. S 11,0 га.</i> <i>норм. отпад 11 стволов/га</i>		<i>ТУМ В₄; тип леса сосняк-долгомошник; бонитет II; возраст 50–51 год; полнота 0.7; D_{ср.} 15 см; H_{ср.} 15 м; состав 8С2Б; подрост С, Е, Б. S 0,7 га.</i> <i>норм. отпад 29 стволов/га</i>		
Год		2010	2011	2010	2011	
Площадь расстроенного участка, га		0,68	0,77	0,09	0,30	
Пораженность и повреждение деревьев, % (шт./га)	поражено гнилевыми болезнями	15 (85)	13 (82)	9 (78)	4 (33)	
	Повреждение стволовыми вредителями	заселено	19 (109)	20 (127)	15 (133)	33 (287)
отработано		10 (56)	23 (145)	19 (167)	14 (120)	
Характеристика древесного отпада	средний диаметр, см	свежего	22	19	13	14
		старого	20	20	12	12
	размер, ствол/га	текущий	13	126	56	377
		средний годовой за прошлые годы	31	24	61	25
Средняя категория состояния	по 5 категориям	1,8	2,5	2,0	3,3	
	по 6 категориям	2,9	3,3	3,1	3,7	
Индекс состояния		6,7	5,9	5,1	3,8	
Класс биологической устойчивости		II	II	II	III	

Примечание: жирным шрифтом выделены повышенные значения показателей; *жирным курсивом* отмечены показатели, резко превышающие норму

Общая лесопатологическая характеристика расстроенных участков насаждений по данным двухлетних наблюдений представлена в табл. 1.

По данным табл. 1 отчетливо прослеживается отрицательная динамика как санитарного, так и лесопатологического состояния обоих насаждений. Площадь расстроенных участков увеличивается. Возрастает заселенность деревьев стволовыми вредителями. В насаждении **1** также повышена пораженность гнилевыми болезнями. Величина свежего древесного отпада, находившаяся в 2010 г. в верхних пределах естественной нормы, в 2011 г. уже превышена более чем в 10 раз, причем отпад составляют преимущественно деревья средних ступеней толщины.

Состояние деревьев на расстроенных участках ухудшается. Если сопоставить изменение средней категории состояния на-

саждений по 6 категориям (учитывающей все деревья) и по 5 категориям (не включающей старый отпад), можно заметить, во-первых, сокращение за год разрыва между этими показателями, а во-вторых, более интенсивное падение средней категории состояния по 5 категориям. Следовательно, ухудшение состояния насаждений происходит, прежде всего, посредством ослабления и отмирания жизнеспособных деревьев, а не за счет накопления старого отпада.

Таким образом, оба насаждения дестабилизируются. Индекс состояния (интегральный показатель устойчивости насаждений и сохранности лесной среды, изменяющийся в пределах от 0,0 до 10,0 [1]) также значительно падает за год для обоих насаждений. В целом по совокупности показателей расстроенному участку **1** как в 2010 г., так и в 2011 г. можно присвоить II класс биологической устойчивости (нарушенная устойчивость) [4]. А вот

Характеристика древесного опада в расстроенных насаждениях

Насаждение	Год	Давность опада	Категория состояния	Величина опада		Средний диа- метр, см	Размещение опада, %				Максимальное число деревьев в скоплениях мертвого леса, шт.	Пораженность гнилевыми болезнями		
				шт.	м ³		по 1–2 шт.	по 3–5 шт.	по 6–8 шт.	> 8 шт.		шт.	%	
1	2008	старый	сухой	13	2,0	15	100	0	0	0	2	3	23	
			ветровал	3	1,3	22	100	0	0	0	1	0	0	
			бурелом	15	2,0	14	100	0	0	0	1	8	53	
			суммарно	31	5,3	15	100	0	0	0	2	11	35	
		свежий	сухой	2	0,3	14	100	0	0	0	1	2	100	
			ветровал	8	2,3	19	50	50	0	0	4	5	62	
	бурелом		3	1,0	20	100	0	0	0	1	2	67		
	суммарно	13	3,6	18	69	31	0	0	4	9	69			
		2009	старый	сухой	15	2,3	15	100	0	0	0	2	5	33
				ветровал	11	3,6	20	64	36	0	0	4	5	45
	бурелом			18	3,0	15	100	0	0	0	2	10	56	
	суммарно			44	8,9	16	84	16	0	0	4	20	45	
	свежий	сухой	1	0,3	18	100	0	0	0	1	1	100		
		ветровал	55	25,6	23	30	32	38	0	8	33	60		
		бурелом	3	1,3	22	100	0	0	0	1	3	100		
		суммарно	59	27,2	23	22	32	22	15	9	37	63		
	2010	старый	сухой	16	2,6	15	100	0	0	0	2	6	38	
			ветровал	66	29,2	23	25	27	18	30	11	38	58	
			бурелом	21	4,3	16	86	14	0	0	3	13	62	
			суммарно	103	36,1	20	43	18	17	22	12	57	55	
		свежий	сухой	3	0,9	19	100	0	0	0	1	0	0	
			ветровал	4	2,0	24	100	0	0	0	2	1	25	
	бурелом		0	–	–	–	–	–	–	–	–	–		
	суммарно	7	2,9	21	100	0	0	0	2	1	14			
	2011	старый	сухой	19	3,5	15	100	0	0	0	2	6	32	
			ветровал	70	31,2	23	24	30	19	27	11	39	56	
			бурелом	21	4,3	16	85	15	0	0	3	13	62	
			суммарно	110	39,0	20	52	13	13	22	12	58	53	
свежий		сухой	5	1,1	17	100	0	0	0	1	1	20		
		ветровал	5	1,6	20	100	0	0	0	2	2	40		
	бурелом	86	25,0	19	40	51	9	0	8	0	0			
суммарно	96	27,7	19	46	46	8	0	8	3	3				
2	2008	старый	сухой	0	–	–	–	–	–	–	–	–	–	
			ветровал	2	0,1	11	100	0	0	0	1	0	0	
			бурелом	1	0,2	16	100	0	0	0	1	0	0	
			суммарно	3	0,3	13	100	0	0	0	1	0	0	
		свежий	сухой	0	–	–	–	–	–	–	–	–	–	
			ветровал	9	0,7	12	100	0	0	0	2	2	22	
	бурелом		1	0,1	12	100	0	0	0	1	1	100		
	суммарно	10	0,8	12	70	30	0	0	3	3	30			
	2009	старый	сухой	0	–	–	–	–	–	–	–	–	–	
			ветровал	11	0,8	12	73	27	0	0	3	2	18	
			бурелом	2	0,3	14	100	0	0	0	1	1	50	
			суммарно	13	1,1	12	77	23	0	0	3	3	23	

Насаждение	Год	Давность отпада	Категория состояния	Величина отпада		Средний диаметр, см	Размещение отпада, %				Максимальное число деревьев в скоплениях мертвого леса, шт.	Пораженность гнилевыми болезнями	
				шт.	м ³		по 1–2 шт.	по 3–5 шт.	по 6–8 шт.	> 8 шт.		шт.	%
2	2009	свежий	сухой	0	–	–	–	–	–	–	–	–	–
			ветровал	9	0,9	13	100	0	0	0	2	3	33
			бурелом	0	–	–	–	–	–	–	–	–	–
			суммарно	9	0,9	13	100	0	0	0	2	3	33
	2010	старый	сухой	0	–	–	–	–	–	–	–	–	–
			ветровал	20	1,7	12	40	60	0	0	4	5	25
			бурелом	2	0,3	14	100	0	0	0	1	1	50
			суммарно	22	2,0	12	41	59	0	0	5	6	27
		свежий	сухой	1	0,1	8	100	0	0	0	1	0	0
			ветровал	4	0,4	13	100	0	0	0	1	0	0
			бурелом	0	–	–	–	–	–	–	–	–	–
			суммарно	5	0,4	12	100	0	0	0	1	0	0
	2011	старый	сухой	1	0,1	8	100	0	0	0	1	0	0
			ветровал	24	2,1	12	46	54	0	0	5	5	21
			бурелом	2	0,3	14	100	0	0	0	1	1	50
			суммарно	27	2,4	12	48	52	0	0	5	6	22
свежий		сухой	5	0,2	9	100	0	0	0	1	0	0	
		ветровал	29	3,4	14	79	21	0	0	3	0	0	
		бурелом	79	11,0	15	23	56	8	13	12	0	0	
		суммарно	113	14,6	14	26	44	10	20	16	0	0	

древостой на расстроенном участке **2** в 2011 г. можно считать распавшимся, утратившим устойчивость (III класс) [4].

Наиболее детальное представление о характере и динамике образования древесного отпада в насаждениях с 2008 по 2011 гг. дает табл. 2, где весь мертвый лес разделен по категориям состояния.

Как видно из табл. 2, в 2008–2010 гг. основную долю свежего отпада в насаждениях составляет ветровал – деревья, пострадавшие от летних шквалистых ветров. Наиболее масштабные ветровалы произошли в 2009 г., при этом в насаждении **1** большинство вываленных сосен размещались группами по 6–8 шт., а их общее число достигло 55 шт. Основная часть этих деревьев поражена корневыми гнилями. В статье «Стволовые вредители на ветровальных сосняках Московской области» [5], где проводится более детальный анализ рассматриваемых здесь ветровальников, нами было установлено, что первопричиной массового вывала

деревьев в насаждении **1** послужил очаг корневой гнили, вызываемой опенком осенним (*Armillaria mellea* Fr.). В насаждении **2** последствия шквалистых ветров оказались не столь разрушительными. Древесный отпад здесь не патологичен, а первопричина вывала деревьев связана с избыточным увлажнением почвы [5].

В 2011 г. свежий отпад в насаждениях представляет уже преимущественно бурелом – результат зимнего ледяного дождя. Количество наломанных деревьев на расстроенных участках достигает значительных размеров, превышая 75 шт. Размещается бурелом группами по 3–5 шт., а местами – целыми куртинами до 12 сосен (насаждение **2**). Все же, как показали исследования, это не патологичный отпад. Среди буреломных деревьев 2011 г. не обнаружено пораженных гнилями или заселенных стволовыми вредителями раньше слома. Таким образом, причины образования массового бурелома 2011 г. в насаждениях сугубо механические, связанные с чрезмерным перегибом

Оценка распространения основных видов стволовых вредителей
на расстроенных участках насаждений

Насаждение	Год	Виды вредителей	Количество деревьев, заселенных данным вредителем		Средний диаметр поврежденных деревьев, см	Встречаемость, %	Суммарная площадь заселенной боковой поверхности деревьев, дм ²	Численность вредителя в насаждении, тыс. шт./га		Коэффициент расселения	Массовое размножение
			шт./га	%				старое поколение	молодое поколение		
1	2009	<i>Tomicus piniperda</i>	27,9	5,0	23,3	66	5168	9,86	19,57	–	<i>есть</i>
		<i>Tomicus minor</i>	2,9	0,5	20,0	7	680	1,1	3,2	–	нет
		<i>Hylurgops palliates</i>	11,8	2,1	23,0	28	2892	4,08	4,85	–	нет
		<i>Pissodes pini</i>	8,8	1,6	23,7	21	660	–	0,39	–	нет
		<i>Pissodes piniphilus</i>	4,4	0,8	24,0	10	1753	–	2,14	–	нет
	2010	<i>Tomicus piniperda</i>	11,8	2,1	20,0	11	2860	2,41	9,50	0,4	нет
		<i>Tomicus minor</i>	2,9	0,5	22,0	3	325	0,7	1,9	0,0	нет
		<i>Hylurgops palliates</i>	63,2	11,3	23,8	58	44257	195,71	279,58	5,3	<i>есть</i>
		<i>Monohamus galloprovincialis</i>	16,2	2,9	24,5	16	4120	–	0,58	–	нет
		<i>Pissodes pini</i>	57,3	10,2	23,6	51	17528	–	43,15	6,5	<i>есть</i>
	2011	<i>Pissodes piniphilus</i>	16,2	2,9	22,4	15	9071	–	19,82	3,7	<i>есть</i>
		<i>Tomicus piniperda</i>	15,6	2,5	20,0	13	3984	3,24	4,47	1,3	нет
		<i>Tomicus minor</i>	97,4	15,7	19,4	80	38700	18,88	209,96	–	<i>есть</i>
		<i>Pityogenes bidentatus</i>	98,7	15,9	19,4	81	32680	130,09	494,57	–	<i>есть</i>
		<i>Monohamus galloprovincialis</i>	20,8	3,3	22,8	17	2960	–	1,14	1,3	<i>есть</i>
		<i>Pissodes pini</i>	32,5	5,2	20,4	27	5250	–	5,00	0,6	нет
		<i>Pissodes piniphilus</i>	81,8	13,2	19,2	67	18207	–	12,19	5,0	<i>есть</i>
	2	2009	<i>Tomicus piniperda</i>	44,4	5,1	14,5	57	803	2,15	2,46	–
<i>Hylurgops palliates</i>			11,1	1,3	16,0	14	177	0,35	0,48	–	нет
<i>Pissodes piniphilus</i>			11,1	1,3	10,0	14	123	–	0,07	–	нет
2010		<i>Tomicus piniperda</i>	44,4	5,1	12,0	33	524	12,51	17,51	1,0	<i>есть</i>
		<i>Tomicus minor</i>	22,2	2,5	14,0	18	198	2,60	7,80	–	нет
		<i>Hylurgops palliates</i>	22,2	2,5	13,0	18	165	1,44	0,78	2,0	нет
		<i>Monohamus galloprovincialis</i>	77,8	8,9	14,3	58	338	–	1,22	–	нет
		<i>Pissodes pini</i>	22,2	2,5	13,0	18	102	–	1,80	–	нет
2011		<i>Pissodes piniphilus</i>	44,4	5,1	13,5	33	353	–	4,88	4,0	нет
		<i>Tomicus piniperda</i>	83,3	9,5	14,5	27	1600	6,16	4,72	1,9	нет
		<i>Tomicus minor</i>	226,7	25,8	14,2	75	6528	29,31	255,10	10,2	<i>есть</i>
		<i>Pityogenes bidentatus</i>	10,0	1,1	18,0	3	240	8,00	35,20	–	нет
		<i>Monohamus galloprovincialis</i>	160,7	12,2	14,4	35	3840	–	2,99	2,1	<i>есть</i>
		<i>Pissodes pini</i>	23,3	2,7	14,5	8	490	–	0,93	1,0	нет
		<i>Pissodes piniphilus</i>	173,3	19,8	14,2	57	4160	–	5,20	3,9	нет

Примечание: *жирным курсивом* отмечены значения показателей, превышающие допустимую для резерваций норму согласно Методическим рекомендациям по надзору, учету и прогнозу массовых размножений стволовых вредителей [2]

стволов сосен под тяжестью обледеневшей кроны с налипшим снегом.

Доля свежего сухостоя в обоих насаждениях незначительна и представлена единично стоящими деревьями. Следовательно, возрастание активности стволовых вредителей на расстроенных участках связано не с повышением их агрессивности, а с появлением большого количества пригодного для заселения свежего валежа.

По данным табл. 2 также хорошо прослеживается накопление запаса старого мертвого леса в насаждениях.

Характер древесного отпада и сезон его образования оказали определяющее влияние на видовой состав и соотношение насекомых в комплексе стволовых вредителей. В табл. 3 приводится оценка распространения наиболее значимых видов стволовых вредителей по основным показателям с выявлением их массового размножения на расстроенных участках насаждений в 2009–2011 гг.

Очаги массового размножения *T. piniperda* отмечались на ветровале в 2009 г. (насаждение 1) и в 2010 г. (насаждение 2). Несмотря на невысокую для этого вредителя встречаемость, продукция *T. piniperda* составляла более 17 тыс. жуков на 1 га. При этом заселялся лишь немногочисленный свежий зимне-весенний отпад. Как показали исследования, большой сосновый лубоед на ветровальниках практически не заселяет прошлогодний валеж и тем более – отпад двухлетней давности. Даже если прошлогодний валеж еще не был заселен ни одним стволовым вредителем, *T. piniperda* не трогает его, предпочитая более свежий отпад [5]. Все же, несмотря на недостаточное количество подходящего для заселения *T. piniperda* кормового субстрата, условия на ветровальниках оказались весьма благоприятны для развития этого короеда.

T. minor на ветровальных насаждениях менее активен. Чаще всего свежие вывороченные сосны, имея комлевой тип ослабления, еще достаточно активно противодействуют поселению этого вредителя в области тонкой коры. Кроме того, согласно нашим наблюде-

ниям, малый сосновый лубоед требователен к размещению валежа. Лучшая привлекательность валежа отмечается, когда ствол в области поселения *T. minor* поднят над землей на некоторую высоту и достаточно хорошо освещается [5]. В результате на ветровальниках 2009 и 2010 гг. численность популяций малого соснового лубоеда не превышала резервационную норму.

В 2011 г. на снеголоме складывается совершенно противоположная ситуация. Оставшиеся на корню сосновые остолопы, физиологически подходящие для заселения большим сосновым лубоедом, еще долгое время сохраняют жизнеспособность, активно сопротивляясь нападению вредителя. Как показали исследования, *T. piniperda* на снеголоме исключительно успешно заселяет лишь малочисленные остолопы с высотой слома ниже 5 м и никогда не заселяет деревья, сломанные выше 10 м. Обломанные вершины большим сосновым лубоедом почти не заселяются. Лишь иногда отмечаются единичные поселения *T. piniperda* в мутовках ветвей (чаще всего со 100 % смертностью). Полноценное поселение наблюдается лишь на толстых вершинах, сломанных в области переходной коры (диаметр слома более 15–20 см). В результате численность популяций *T. piniperda* в 2011 г. резко пошла на спад.

Для *T. minor* условия на снеголоме благоприятствовали возникновению крупнейших очагов массового размножения. Встречаемость достигла запредельных для данного вида значений. Количество заселенных деревьев в несколько раз превысило величину естественного древесного отпада. Численность вредителя превзошла резервационную норму, причем продукция превышена более чем в 10 раз. Коэффициент расселения, отражающий тенденцию вида к освоению жизненного пространства [4], в 2011 г. составил для *T. minor* более 10 баллов.

В связи с ранними сроками лета малый сосновый лубоед свободно заселяет снеголом, не встречая серьезной конкуренции. Наломанные вершины и толстые ветви сосен не оказывают существенного противо-

действия поселению жуков, но вместе с тем, пролежав зиму в обледенении и толще снега, сохраняют свежесть и остаются физиологически пригодными для *T. minor*. Согласно нашим наблюдениям, лимитирует поселение малого соснового лубоеда лишь толщина слома менее 4 см. Стоящие остолопы *T. minor* также не заселяет.

Среди прочих стволовых вредителей на ветровальниках следует отметить стволую и вершинную сосновые смолевки (*Pissodes pini* L. и *Pissodes piniphilus* Hrbst.), массово размножившиеся на прошлогоднем валеже в насаждении 1 в 2010 г. Отдельного внимания здесь заслуживает фиолетовый лубоед (*Hylurgops palliates* Gull.). Так как лет *H. Palliates* начинается раньше других вторичных вредителей, многочисленный ветровал конца лета 2009 г., еще не успевший заселиться, оказался в 2010 г. полностью заселенным этим видом [5]. В результате фиолетовый лубоед сумел дать огромную численность.

В 2011 г. помимо *T. minor* на снеголоме в расстроенных насаждениях массово размножается черный сосновый усач (*Monohamus galloprovincialis* Oliv.) – серьезный вредитель, представляющий, помимо физиологической, высокую техническую опасность для насаждений. *M. galloprovincialis* активно заселяет как обломанные вершины сосен, так и невысокие остолопы, которые ко времени лета усача уже заметно теряют способность сопротивляться.

В насаждении 1 в 2011 г. также отмечается массовое размножение вершинной смолевки и гравера двузубого (*Pityogenes bidentatus* Herbst.), численность которых в несколько раз превысила норму. Эти вредители на снеголоме предпочитают заселять все, что не успел заселить *T. minor*, независимо от толщины слома.

Таким образом, во всех расстроенных насаждениях развились крупнейшие комплексные очаги массового размножения стволовых вредителей с переменным преобладанием разных видов.

В табл. 4 представлен подробный популяционный анализ сосновых лубоедов в расстроенных насаждениях по данным ис-

следований за 2009–2011 гг. (в силу недостаточного для анализа количества наблюдений данные по *T. minor* представлены не везде). Помимо основных показателей, в таблице также рассматриваются два дополнительных весьма интересных параметра, предложенных Ю.П. Демаковым [2]:

Коэффициент сопротивления поселению, вычисляемый отношением фактической плотности поселения к оптимальной, при которой наблюдается наивысшая величина продукции (для *T. piniperda* – 0,89 маточных хода на 1 дм², для *T. minor* – 3,52 маточных хода на 1 дм²). Значения коэффициента менее 1,0 указывают, что короеды заселили необратимо ослабленные деревья. Если коэффициент более 1,0, то вредители активно участвуют в отмирании деревьев [2].

Коэффициент оптимальности продукции, вычисляемый отношением фактической продукции к максимально возможной для данного вида (для *T. piniperda* – 31,2 шт./дм², для *T. minor* – 28,5 шт./дм²). Коэффициент изменяется от 0,0 до 1,0 и характеризует продуктивность вредителя в конкретных условиях. В резервациях значения коэффициента у *T. piniperda* составляют не более 0,10, у *T. minor* – не более 0,18 [2].

Оценка популяционных показателей выполнялась согласно критериям Методических рекомендаций по надзору, учету и прогнозу массовых размножений стволовых вредителей [2], а также по данным исследований Е.Г. Мозолевской [3].

Данные табл. 4 позволяют судить о состоянии популяций сосновых лубоедов в разные годы, оценить благоприятность условий для развития вредителей, а также установить фазы развития очагов массового размножения.

Значения популяционных показателей во многом коррелируют с показателями распространения и численности сосновых лубоедов в соответствующих насаждениях (табл. 3). Так, в насаждении 1 в 2009 г., где отмечался очаг *T. piniperda*, основные популяционные показатели этого вредителя выше, чем в другие годы. Плотность молодого поколения, длина маточных ходов и выживае-

**Оценка популяционных показателей сосновых лубоедов
в расстроенных насаждениях**

Популяционные показатели	Величина	1. Свердловское лесничество, кв. 94, выд. 1				2. Свердловское лесничество, кв. 97, выд. 4				
		<i>T. piniperda</i>			<i>T. minor</i>	<i>T. piniperda</i>			<i>T. minor</i>	
		2009 г.	2010 г.	2011 г.	2011 г.	2009 г.	2010 г.	2011 г.	2010 г.	2011 г.
Плотность старого поколения, шт./дм ²	min	0,6	0,2	0,1	0,4	1,8	0,6	0,4	0,9	0,4
	ср.	2,0	1,0	1,1	1,3	2,6	2,4	1,2	1,0	2,1
	max	3,2	2,0	3,2	3,6	3,8	4,2	2,7	1,1	6,3
Кормообеспеченность, дм ² /ход	min	0,6	1,0	0,6	0,6	0,5	0,5	0,7	1,8	0,3
	ср.	1,4	3,2	5,5	2,3	0,8	1,4	5,1	1,9	1,6
	max	3,3	10,0	21,0	5,0	1,1	3,6	17,1	2,1	5,0
Плотность молодого поколения, шт./дм ²	min	1,5	0,0	0,0	2,0	1,8	0,5	0,0	2,6	1,9
	ср.	3,9	3,4	2,1	11,3	3,0	3,4	1,3	3,0	17,8
	max	7,6	8,8	5,6	28,8	4,1	6,6	3,4	3,4	46,2
Фактическая плодovitость, шт./ход	min	24,0	24,6	47,9	27,0	38,2	40,0	44,7	36,9	27,5
	ср.	49,4	55,9	58,8	49,7	41,2	47,2	63,9	52,0	44,0
	max	63,1	100,7	70,8	76,0	44,9	57,6	78,8	67,0	86,2
Энергия размножения	min	1,4	0,0	0,0	3,0	0,7	0,7	0,0	2,4	2,4
	ср.	2,0	3,3	1,6	9,7	1,2	1,3	0,9	3,1	10,3
	max	3,0	8,8	5,2	19,0	1,7	2,4	1,9	3,8	27,6
Общая выживаемость, %	min	5,6	0,0	0,0	0,0	3,8	2,9	0,0	7,0	11,5
	ср.	9,3	11,8	5,8	54,0	5,8	5,1	4,5	13,2	60,7
	max	25,0	35,8	8,6	88,6	7,5	8,2	8,3	19,7	85,0
Общая смертность, %	min	75,0	64,2	91,4	11,4	92,5	91,8	91,7	80,3	15,0
	ср.	90,7	88,2	94,2	46,0	94,2	94,9	95,5	86,8	39,3
	max	94,4	100	100	100	96,2	97,1	100	93,0	88,5
Длина маточных ходов, мм	min	45	20	32	35	40	40	37	40	27
	ср.	80	83	87	109	60	66	86	100	93
	max	98	136	138	201	95	140	125	135	183
Суммарная длина маточных ходов на 1 дм ² , мм	min	16	12	5	11	52	16	18	33	36
	ср.	80	41	47	67	78	79	52	51	85
	max	138	82	119	154	114	153	128	69	219
Коэффициент сопротивления поселению	min	0,3	0,1	0,1	0,1	1,0	0,3	0,2	0,1	0,1
	ср.	1,1	0,6	0,6	0,2	1,4	1,3	0,6	0,1	0,3
	max	1,8	1,1	1,8	0,5	2,1	2,4	1,6	0,2	0,9
Коэффициент оптимальности продукции	min	0,05	0,00	0,00	0,07	0,06	0,02	0,01	0,09	0,07
	ср.	0,12	0,11	0,08	0,40	0,09	0,11	0,04	0,10	0,62
	max	0,24	0,28	0,18	1,01	0,13	0,21	0,13	0,12	1,62
Общая оценка основных показателей	минимальных	низкие	низкие	низкие	низкие	низкие	низкие	низкие	низкие	низкие
	средних	средние	средние	низкие	высокие	низкие	средние	низкие	средние	высокие
	максимальных	средние	высокие	высокие	высокие	средние	средние	средние	средние	высокие
		низкие показатели			средние показатели			высокие показатели		

мость находятся в пределах средних значений. Энергия размножения положительная, но не слишком высокая. Подобное состояние популяций более характерно для II фазы очагов массового размножения – собственно вспышки [2]. Именно в 2009 г., согласно значению коэффициента сопротивления поселению (1,1), *T. piniperda* активно заселял вполне жизнеспособные деревья, коэффициент оптимальности продукции также превышал резервационное значение. Тем не менее, условия для развития большого соснового лубоеда здесь нельзя назвать оптимальными. В 2010 г. популяционные показатели *T. piniperda* снижаются в различной степени и к 2011 г. уже падают до минимальных значений. Очаг затухает.

В насаждении 2 в 2009 г. условия еще не позволяли развиваться очагу *T. piniperda*. Большинство популяционных показателей оставались на низком уровне, хотя вредитель уже активно заселял жизнеспособные деревья (коэффициент сопротивления поселению 1,4 балла). В 2010 г., хоть и не намного, но возрастает плотность молодого поколения, плодовитость, энергия размножения и длина маточных ходов. Вредитель продолжает активно участвовать в отмирании деревьев. Превышение резервационного значения коэффициента оптимальности продукции подтверждает возникновение очага, хоть и не столь характерного. Уже в 2011 г. в условиях бурелома, так же как и в насаждении 1, здесь происходит резкое затухание очага *T. piniperda*. Все популяционные показатели резко падают, энергия размножения становится ниже единицы, коэффициент сопротивления поселению опускается ниже 1 балла. Вредитель теряет свою агрессивность, заселяя преимущественно отмершие деревья.

T. minor в 2010 г. на ветровальнике в насаждении 2 еще не проявлял повышенной активности, хотя энергия размножения и длина маточных ходов достигали относительно высоких значений. Уже в 2011 г. все основные популяционные показатели вредителя имеют высочайшие значения. Лишь плотность родительского поколения оста-

ся на низком уровне. Это типичный случай начальной фазы очагов массового размножения [2]. Условия на снеголоме оказались идеальными для развития малого соснового лубоеда.

Интересно, что максимальные значения коэффициента оптимальности продукции для *T. minor* в обоих насаждениях превысили максимально возможную величину 1,0 балл. С одной стороны, это, конечно, говорит о необходимости корректировки данного показателя, тем более, что исследования Е.Г. Мозолева, проводившиеся в самых различных очагах сосновых лубоедов, установили максимально возможную продукцию *T. minor* 75,8 шт./дм² [3], в отличие от величины 28,5 шт./дм², предлагаемой автором коэффициента Ю.П. Демаковым [2]. С другой стороны, придержки коэффициента оптимальности продукции для резерваций и очагов *T. minor* оказываются весьма справедливы. Относительно данных Е.Г. Мозолева превышены также некоторые другие максимальные значения популяционных показателей: длина маточных ходов (201 мм против 173 мм), фактическая плодовитость (86,2 яиц/ход против 43,0 яиц/ход), общая выживаемость (88,6 % против 78 %).

Согласно значениям коэффициента сопротивления поселению, *T. minor* в расстроченных насаждениях, в отличие от *T. piniperda*, заселяет пока только безнадежно ослабленные деревья, поэтому на данный момент серьезной угрозы для насаждений нет. Однако в последующем вероятность перехода *T. minor* на жизнеспособные сосны все же достаточно высока, так как впереди фаза собственно вспышки массового размножения, когда вредитель обретает наивысшую агрессивность. К тому же, согласно исследованиям Е.Г. Мозолева [3], численность сосновых лубоедов, более чем в 10 раз превышающая естественную норму, для насаждений является угрожающей.

Заключение

Таким образом, разрушительные природные явления 2008–2011 гг., наряду с бездействием работников лесного хозяйства,

привели к катастрофическим последствиям в лесах Московской области.

Состояние расстроенных насаждений постоянно ухудшалось, биологическая устойчивость падала, происходило накопление больших запасов мертвого леса, где массово размножались стволовые вредители. В результате на одном из расстроенных участков произошел полный распад древостоя. Нелучшая ситуация сложилась и на другом участке, где на многочисленном валеже развился очаг опенка осеннего. В 2011 г. размер свежего древесного отпада на расстроенных участках уже более чем в 10 раз превысил допустимую норму. Практически весь отпад заселился стволовыми вредителями.

Наиболее серьезно от ветровала насаждения пострадали в 2009 г. Эти условия благоприятствовали развитию очагов большого соснового лубоеда. Однако сильных вспышек массового размножения не возникло в связи с недостатком подходящего для поселения вредителя свежего кормового субстрата. Численность лубоеда превышала допустимые значения, но не слишком сильно. Популяционные показатели вредителя не выходили за средние пределы. Уже в 2011 г. очаги большого соснового лубоеда полностью затухли.

Малый сосновый лубоед на ветровальниках 2008–2010 гг. не проявлял особой активности. Но уже в 2011 г. в расстроенных насаждениях на снеголоме возникают сильнейшие очаги этого вредителя. Благодаря ранним срокам лета малого соснового лубоеда весь многочисленный зимний снеголом оказался по весне полностью предоставлен этому вредителю. В результате более 70 % снеголомных вершин заселились *T. minor*. Все популяционные показатели достигли высочайших значений, кое-где даже превзойдя величины, выделяемые отдельными исследователями как максимально возможные для данного вида. Продукция вредителя более чем в 10 раз превысила допустимые нормы. Условия на снеголоме оказались идеальными для развития малого соснового лубоеда.

Помимо сосновых лубоедов, в расстроенных насаждениях с переменным преобладанием в зависимости от характера древесного отпада массово размножаются и другие стволовые вредители. В 2009–2010 гг. на старом ветровале развиваются крупные очаги фиолетового лубоеда, а также сосновых смолевок. Однако в 2011 г. в связи со сменой характера кормового субстрата эти очаги резко затухают. На свежем снеголоме и снеговале происходит массовое размножение более физиологически активных видов – гравера двузубого, вершинной смолевки и черного соснового усача – вредителя, опасного не только физиологически, но и технически.

Как будут развиваться популяции стволовых вредителей в дальнейшем – вопрос времени. Согласно оценкам, ситуация с малым сосновым лубоедом близка к критической, угрожающей для жизнеспособной части насаждений. Можно предполагать в последующем увеличение агрессивности этого вредителя. Повышенную угрозу в дальнейшем представляет и черный сосновый усач. Лишь своевременная разработка расстроенных участков сможет спасти насаждения от нежелательного разлета молодого поколения этого вредителя.

Библиографический список

1. Воронцов, А.И. Технология защиты леса: учебник для вузов / А.И. Воронцов, Е.Г. Мозолевская, Э.С. Соколова. – М.: Экология, 1991. – 304 с.
2. Методические рекомендации по надзору, учету и прогнозу массовых размножений стволовых вредителей и санитарного состояния лесов / Разраб. А.Д. Маслов. – Пушкино: ВНИИЛМ, 2006. – 108 с.
3. Мозолевская, Е.Г. Анализ популяций сосновых лубоедов / Е.Г. Мозолевская // Труды ВЭО. – Т. 65. – Лесная энтомология. – Л.: Наука, 1983. – С. 19–40.
4. Мозолевская, Е.Г. Методы лесопатологического обследования очагов стволовых вредителей и болезней леса / Е.Г. Мозолевская, О.А. Катаев, Э.С. Соколова. – М.: Лесная пром-сть, 1984. – 152 с.
5. Яковенко, А.И. Стволовые вредители на ветровальных сосняках Московской области / А.И. Яковенко // Вестник МГУЛ – Лесной вестник. – М.: МГУЛ, 2011. – № 4(80). – С. 46–53.

ИНФЕКЦИОННОЕ УСЫХАНИЕ ИВЫ

Э.С. СОКОЛОВА, с. н. с. доц. каф. экологии и защиты леса МГУЛ, канд. с.-х. наук,
Г.Б. КОЛГАНИХИНА, доц. каф. ботаники и физиологии растений МГУЛ, канд. биол. наук

kolganihina@rambler.ru

При лесопатологических обследованиях городских насаждений разных категорий и древесных питомников Москвы и ближнего Подмосковья, проводимых в последние 15 лет, было зафиксировано ослабление и усыхание ивы разных видов. В результате многолетних наблюдений и фитопатологического анализа многочисленных образцов [1–3], а также имеющихся литературных данных [4–6, 9] было установлено, что причиной отмирания ветвей и стволов ивы является несовершенный гриб *Diplodina microsperma* (Johnst.) B. Sutton (телеоморфа – *Cryptodiaporthe salicella* (Fr.) Petr.). Согласно имеющимся немногочисленным литературным данным [9, 10] и нашим наблюдениям, диплодиновым некрозом поражаются следующие виды ивы: белая, или ветла (*Salix alba* L.); козья или бредина, ракета (*S. caprea* L.); пепельная (*S. cinerea* L.); прутовидная, или корзиночная (*S. viminalis* L.); остролистная (*S. acutifolia* L.). Многолетние наблюдения показали, что возбудитель болезни обладает приуроченностью к молодым покровным тканям стволов и ветвей. Этим определяется ее широкое распространение и высокий уровень поражения ивы в питомниках, молодых ивовых плантациях разного назначения, в городских и других типах посадок. У взрослых деревьев поражаются только молодые побеги, что не оказывает заметного влияния на их состояние.

В отечественной фитопатологической литературе и определителях возбудитель инфекционного усыхания ивы встречается под разными названиями. В работах С.И. Ванина [4] он упоминается как *Septomyxa picea* Sacc., в работах И.И. Журавлева [5] также используется название *S. picea* Sacc. с *Septomyxa salicis* Grove в синонимах. При этом ссылки на телеоморфу в этих источниках отсутствуют. С.Ф. Морочковский [7] указывает на ветвях ивы одновременно *Diplodina salicis* Westend. и *Discella carbonacea* (Fr.) Berk. & Broome,

не называя телеоморфу ни в том, ни в другом случае. В то же время во 2-м томе известной сводки грибов Украины [8], посвященной сумчатым грибам, С.Ф. Морочковский описывает на ветвях ивы гриб *Cryptodiaporthe salicina* (Curr.) Wehm., указывая в числе синонимов также *Cryptodiaporthe salicella* (Fr.) Petrak, при этом *Discella carbonacea* (Fr.) Berk. & Broome здесь упоминается как анаморфа. Таким образом, в отечественной литературе возбудитель инфекционного усыхания ивы рассматривался ранее как несколько разных видов. Путаница с названиями гриба из-за отсутствия необходимых систематических исследований, безусловно, сказалась на скудости представлений об этом заболевании, которое, как оказалось позже, вовсе не является редким не только в России, но и за рубежом.

В определенной степени свет на этот вопрос был пролит Б. Саттоном [11], который, сделав ревизию родов класса *Coelomycetes*, пришел к выводу, что границы рода *Diplodina* на самом деле отличаются от принятых ранее и теперь охватывают виды, прежде известные в *Discella* и *Septomyxa*. Он отмечает, что помимо существенного сходства конидиом, конидиогенеза и морфологии конидий такие виды имеют и сходную телеоморфу в *Cryptodiaporthe* Petrak. Что же касается интересующего нас гриба, то в результате критической переработки рода *Diplodina* Б. Саттон [10, 11] предложил для этого таксона использовать название *Diplodina microsperma* (Johnst.) B. Sutton, отмечая его связь с телеоморфой *Cryptodiaporthe salicella* (Fr.) Petrak. В числе синонимичных названий он указал *Stilbospora microsperma* Moug., *Diplodina salicis* Westend., *Discella salicis* (Westend.) Boerema, *Septomyxa salicis* Grove.

О взаимосвязи *Septomyxa salicis* Grove и *Discella carbonacea* (Fr.) Berk. & Broome указывает Ф. Петрак (цитата в Index Fungorum на

Petrak's Lists 7: 1022 (1932–35)), который последнюю комбинацию приводит как синоним. Гриб, долгое время известный как *Discella carbonacea* (Fr.) Berk. & Broome, впоследствии был переименован в *Discella salicis* (Westend.) Voerema. Однако, согласно работам Б. Саттона [10] и данным Index Fungorum, для последней комбинации базинимом является *Diplodina salicis* Westend., и поэтому вид следует именовать как *Diplodina*. По Index Fungorum базинимом *Discella carbonacea* (Fr.) Berk. & Broome является *Xyloma carbonaceum* Fr., действительное название гриба (телеоморфы) – *Phacidium carbonaceum* (Fr.) Fr. По-видимому, данная таксономическая неточность успела широко проникнуть в микологическую и фитопатологическую литературу, и именно этим можно объяснить тот факт, что в некоторых источниках *Discella carbonacea* и *Discella salicis* приводятся как синонимы *Diplodina microsperma* с телеоморфой *Cryptodiaporthe salicella* [12]. О взаимосвязи *Septomyxa salicis* Grove и *Septomyxa picea* Sacc. упоминает И.И. Журавлев [5]. Несомненно, что данное таксономическое «расследование» требует продолжения, тем не менее, учитывая сходство в описаниях таксонов в упомянутой выше литературе, уже сейчас ясно, что речь идет об одном и том же грибе.

В свете современных представлений о макросистеме грибов, в которой несовершенные грибы не имеют самостоятельного таксономического статуса, действительным названием возбудителя инфекционного усыхания ивы следует считать название его телеоморфы – *Cryptodiaporthe salicella* (Fr.) Petrak. Все другие комбинации, обозначающие как телеоморфу, так и анаморфу данного гриба, рассматриваются как синонимы.

В некоторых источниках этот вид упоминается как один из двух весьма похожих грибов на иве [9]. Другим является *Cryptodiaporthe salicina* (Curr.) Wehm., у которого сумки и аскоспоры крупнее, чем у первого. При этом названия анаморф связываются с обеими телеоморфами, включая *Discella carbonacea*, *Discella salicis* и *Diplodina salicis*. Однако большинство современных крупных специалистов признают

только *Cryptodiaporthe salicina* с анаморфной стадией *Diplodina microsperma*.

В иностранной литературе [9] это заболевание ивы известно как криптодиаптортовый рак ивы (*Cryptodiaporthe canker of willow*). По нашим наблюдениям, поражение ветвей и стволов проявляется, главным образом, в виде некроза коры, и, учитывая тот факт, что на практике мы имеем дело, как правило, с несовершенной стадией возбудителя болезни, мы предлагаем именовать данное заболевание по названию анаморфы возбудителя, т.е. диплодиновым некрозом ивы.

Признаки поражения появляются весной, в апреле–первой половине мая. Вначале кора на отдельных участках стволов приобретает ярко-малиновый или красно-бурый цвет, но вскоре она становится синевато-серой. Мицелий гриба быстро распространяется в тканях коры, поэтому тонкие ветви и побеги полностью окольцовываются и темнеют. На стволах и более толстых ветвях некрозы имеют вытянутую форму и резко отличаются по цвету от здоровой коры. Отмершая кора светлеет, становится желтой, желтовато-рыжей, позже красно-бурой. В толще отмершей коры под перидермой формируются конидиомы возбудителя. Вначале они имеют вид мелких черных блестящих бугорков. По мере развития конидиомы выступают из разрывов перидермы желтоватыми вершинами. Зрелые споры выходят на поверхность коры в периоды увлажнения в виде маленьких серых, а иногда серовато-розовых подушечек. Конидии овальные или веретеновидные, бесцветные, вначале одноклеточные, позже с одной перегородкой, прямые или слегка изогнутые. По имеющимся литературным данным, размер конидий составляет 11–18 × 4–6 м (5) и 13–18 × 3,5–5 м (9). Нами замер конидий проводился в разные годы. Материалом для исследований послужили образцы пораженных стволов и ветвей разных видов ивы. Согласно полученным данным, средний размер конидий *D. microsperma* составляет 12–18 (24) × 4–6 (8) м, что вполне соответствует значениям, указанным выше. Распространение конидий осуществляется в течение вегетационного периода преимущественно посредством дождя, реже насекомыми



Общий вид пораженных деревьев



Фрагмент кроны пораженного дерева



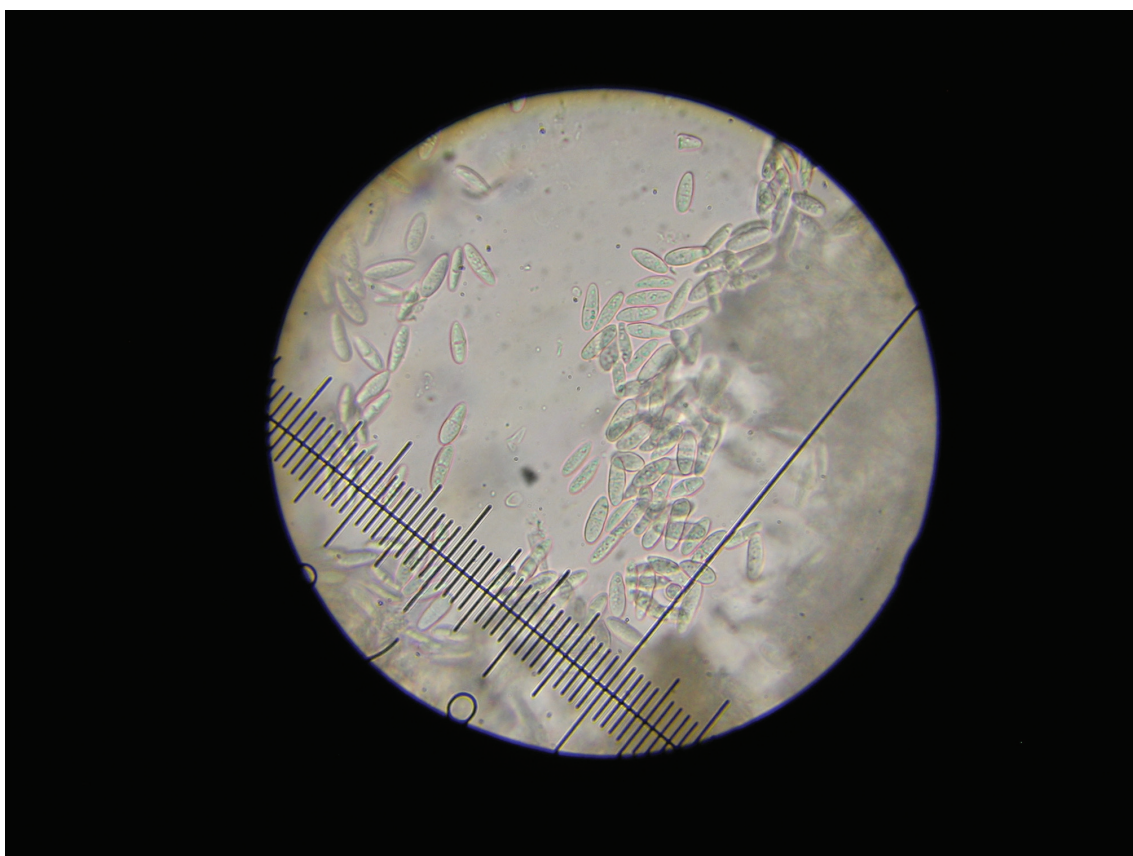
Потемнение коры
пораженного стволика ивы



Повреждение стволовыми
вредителями больного растения



Общий вид конидиального спороношения возбудителя в коре пораженных ветвей



Споры *Diplodina microsperma* (Johnst.) B. Sutton

и ветром. Рассеивающиеся споры проникают в ткани стволов и ветвей через механические ранки, повреждения насекомыми, трещины. В тканях толстых стволов грибок развивается в течение нескольких лет, вследствие чего на них формируются раковые раны. Вначале они прикрыты корой и имеют вид овальных вмятин. Позже отмершая кора опадает, обнажая 1–2-ступенчатую рану.

В зимний период возбудитель сохраняется в пораженных стволах и ветвях в виде мицелия. В более редких случаях эту функцию выполняет сумчатая стадия гриба, которая образуется не каждый год. Телеоморфа представляет собой мицелиальные стромы с погруженными в них перитециями. Стромы имеют вид мелких черных бородавочек до 0,5 мм в диаметре, выступающих из трещин коры. Перитеции шаровидные или приплюснuto шаровидные с вытянутыми устьицами. Сумки булавовидные, размером 45–70 × 9–15 мк. Аскоспоры бесцветные, эллипсоидные, 2-клеточные, с небольшой перетяжкой у перегородки, 2–4 каплями в каждой клетке. По результатам наших исследований размер аскоспор составляет 21–27 × 8–10 мк, что вполне согласуется с литературными данными [8]. Зрелые аскоспоры весной осуществляют заражение деревьев. Таким образом, описанные нами внешние признаки некроза и микроскопические характеристики анаморфы и телеоморфы возбудителя полностью соответствуют имеющимся в отечественной и зарубежной литературе.

Возбудитель болезни обладает высокой паразитической активностью, о чем свидетельствует поселение его на вполне жизнеспособных растениях и быстрое распространение в живых тканях коры. При благоприятных условиях мицелий возбудителя распространяется вдоль стволов и ветвей с большой скоростью, примерно 20 см в месяц. Вследствие этого на стволах и ветвях за одну вегетацию образуются ленточные некрозы длиной до 60 см и больше. Этим объясняется быстрое ослабление и усыхание пораженной ивы в питомниках, молодых посадках, на плантациях, а также попросли в естественных насаждениях. Гибель молодых растений может произойти за один

– два вегетационных периода. Подтверждением этому служат результаты обследования молодых посадок ивы белой (плакучая форма), проведенного нами в одном из городских парков г. Королева в 2011 г. (табл., рис.). Следует отметить, что на момент первого учета все деревья на пробной площади были поражены некрозом в разной степени.

Данные таблицы свидетельствуют об очень быстром течении процессов ослабления и усыхания растений. В июне на пробной площади преобладали деревья, ослабленные в разной степени (68 %), а усыхающие и усохшие составляли 32 %. В июле картина резко изменилась. При этом среди ослабленных большая часть деревьев относилась к сильно ослабленным (28 %), а количество усыхающих и усохших увеличилось вдвое (64 %). В августе посадка практически погибла, о чем свидетельствует возросшее до 84 % количество усыхающих и усохших растений. У оставшихся ослабленных (4 %) и сильно ослабленных (12 %) деревьев некрозом поражены не только ветви, но и стволы. Это дает основание предполагать, что их гибель наступит в конце вегетационного периода 2011 г. или весной следующего 2012 г.

Сильно ослабленные растения нередко повреждаются стволовыми насекомыми (в том числе ольховым скрытохоботником – *Cryptorrhynchidius lapathi* L.), которые ускоряют их усыхание.

Наиболее благоприятные условия для развития болезни создаются при большом количестве осадков в весенне-летний период. Повышению уровня пораженности могут способствовать различные факторы, ослабляющие растение (подмерзание, загущенность посадок, загрязнение воздуха и почвы, нарушение правил посадки и др.).

В городские насаждения диплодиноый некроз попадает с зараженным посадочным материалом отечественного и зарубежного происхождения. Последний поражается сильнее, поскольку часто условия произрастания не соответствуют ввозимым из-за рубежа климатипам ивы. Кроме того, источником инфекции может служить поросль ивы в прилегающих естественных насаждениях.

Динамика состояния ивы белой в очаге диплодинового некроза за летний период 2011 г.

Общее количество деревьев, шт.	Средняя высота, м	Средний диаметр, см	Дата учета	Распределение по категориям состояния, шт./ %				
				без признаков ослабления	ослабленные	сильно ослабленные	усыхающие	усохшие
25	2,5	2,8	10.06.11	0	9/36	8/32	5/20	3/12
			12.07.11	0	2/8	7/28	10/40	6/24
			14.08.11	0	1/4	3/12	6/24	15/60

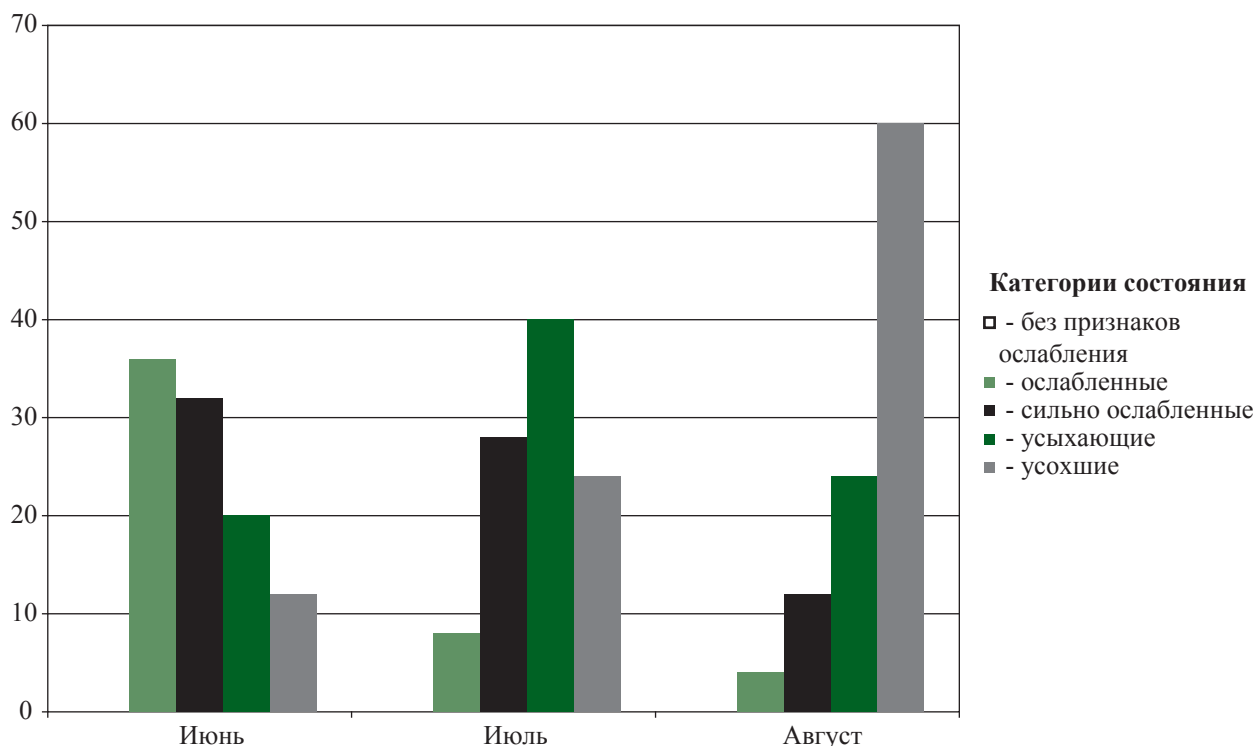


Рисунок. Динамика состояния ивы белой в очаге диплодинового некроза за летний период 2011 г.

Защита ивы от диплодинового некроза включает комплекс мероприятий, выполнение которых позволит снизить степень причиняемого вреда:

- проведение надзора в мае–июне с целью своевременного обнаружения болезни и предотвращения ее дальнейшего распространения;
- использование для посадки здоровых растений, не имеющих признаков поражения некрозом, особенно на стволах;
- создание оптимальных условий для роста и развития молодых растений, повышающих их устойчивость и выносливость к болезни;
- обрезка пораженных ветвей и побегов в начале вегетации и в дальнейшем по мере их появления с последующей уборкой и

уничтожением;

- удаление и уничтожение отдельных больных растений с признаками поражения на стволах;
- профилактическое опрыскивание крон и стволов молодых растений в мае–июне медьсодержащими фунгицидами со строгим соблюдением регламента применения.

Библиографический список

1. Соколова, Э.С. Видовой состав грибов-дендротрофов в городских насаждениях Москвы и Подмосковья / Э.С. Соколова // Вестник МГУЛ – Лесной вестник. – 1999. – № 2 (7). – С. 140–150.
2. Соколова, Э.С. Видовой состав и распространение дендрофильных грибов в разных категориях зеленых насаждений Москвы / Э.С. Соколова, Г.Б. Колганихина, Т.В. Галасьева и др. // Вестник МГУЛ – Лесной вестник. – 2006. – № 2 (44). – С. 98–116.

3. Соколова, Э.С. Инфекционные болезни деревьев и кустарников в насаждениях Москвы: монография / Э.С. Соколова, Е.Г. Мозолевская, Т.В. Галасьева. – М.: МГУЛ, 2009. – 130 с.
4. Ванин, С.И. Лесная фитопатология / С.И. Ванин. – М.-Л.: Госуд. лесотехнич. изд-во, 1948. – 354 с.
5. Журавлев, И.И. Определитель грибных болезней деревьев и кустарников / И.И. Журавлев, Т.Н. Селиванова, Н.А. Черемисинов. – М.: Лесная промышленность, 1979. – 246 с.
6. Мелиа, М.С. Грибы деревьев и кустарников лесов Грузии. Каталог / М.С. Мелиа, И.А. Шавлиашвили, Л.В. Мшвидобадзе. – Тбилиси: Мин-во л/х. Грузинской ССР, 1987. – 649 с.
7. Визначник грибів України. Т. III. Аскоміцети / С.Ф. Морочковський, Г.Г. Радзівський, М.Я. Зерова, І.О. Дудка, М.Ф. Сміцька, Г.Л. Роженко. – Київ: Наукова думка, 1971. – 695 с.
8. Визначник грибів України. Т. II. Аскоміцети / С.Ф. Морочковський, М.Я. Зерова, З.Г. Лавітьська, М.Ф. Сміцька. – Київ: Наукова думка, 1969. – 517 с.
9. Sinclair, WA. Diseases of trees and shrubs / Wayne A. Sinclair, Howard H. Lyon. – Ithaca and London: Comstock publishing associates, a division of Cornell University press, 2005. – 660 p.
10. Sutton, B.C. The Coelomycetes. Fungi imperfecti with pycnidia, acervuli and stromata / Brian C. Sutton. – Kew, C. M. I., 1980. – 696 p.
11. Sutton, B.C. Coelomycetes. VI. Nomenclature of generic names proposed for Coelomycetes / Brian C. Sutton // Mycol. Pap. 1977. 141: 1 – 253.
12. Farr, David F. Fungi on plants and plant products in the United States / David F. Farr, Gerald F. Bills, George P. Chamuris, Amy Y. Rossman. – Minnesota USA: APS Press the American Phytopathological Society St. Paul, 1989. – 1252 p.

УПРАВЛЕНИЕ ДИСТАНТНЫМИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯМИ БИОЛОГИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ КАК СРЕДСТВО ПОВЫШЕНИЯ ЖИЗНЕСТОЙКОСТИ ОРГАНИЗМОВ В УСЛОВИЯХ КОСМИЧЕСКОГО ПОЛЕТА

В.Д. БУРКОВ, *проф. каф. ИИС и ТП МГУЛ, д-р техн. наук,*
Ю.С. КАПРАНОВ, *начальник отдела волоконно-оптических систем НТК СПП,*
С.В. ПЕРМИНОВ, *соискатель каф. ИИС и ТП МГУЛ,*
Н.А. ХАРИТОНОВ, *с. н. с. МГУЛ, канд. техн. наук*

burkov@mgul.ac.ru

Феномен дистантного нехимического взаимодействия биологических объектов разного уровня организации отмечается все большим числом исследователей [1,2,3,4]. Изучение свойств сверхслабых биоизлучений, являющихся основой этого феномена, заставляет искать новые пути и физические методы, поскольку приборы, совершенствование которых направлено на повышение чувствительности регистрации определенных параметров, не могут отражать всю совокупность характеристик излучения биологических объектов.

Наиболее чувствительные фотоэлектронные умножители, на которых удается регистрировать электромагнитный сигнал от биологического объекта, в значительной степени ограничены спектральными характеристиками и квантовым выходом (порядка

единиц %). А биологический объект воспринимает всю совокупность характеристик излучения, соответствующего в определенный момент его воспринимающим структурам. В связи с этим обстоятельством перспективным представляется следующий подход – анализ электромагнитных излучений биологических объектов, основанный на регистрации изменения отклика биологической системы на определенную трансформацию этого излучения различными оптическими устройствами. Одним из таких оптических устройств являются лазерные уголкового световозвращатели (УСВ), широко применяемые в практической космонавтике [5]. УСВ представляет собой оптический прибор, состоящий из трех взаимно-перпендикулярных зеркальных плоскостей. УСВ могут работать как в режиме трехкратного отражения от металлических

зеркальных поверхностей, так и в режиме полного внутреннего отражения.

В представляемой работе исследовались последствия дистантных взаимодействий эмбриональной (стадия яйца) и имагинальной (двухсуточного возраста) стадий *Drosophila melanogaster* линии дикого типа «Домодедовская-32» через УСВ с боковой гранью 46 мм (рис. 1). Такие УСВ используются для оснащения ретрорефлекторных систем космических аппаратов и выполнены с учетом эффектов, возникающих при работе с удаленным (орбиты с апогеем до 40 000 км), и перемещающимся с большой скоростью (около 8 км/с) объектом.

Питательная среда приготавливалась по стандартной методике и заливалась в кварцевые кюветы. Для получения большого количества одновозрастных яиц использовали метод, описанный Боденштейном [6]: 5–6-дневных виргинных самок (20–30 штук) помещали с таким же количеством 2–3-дневных самцов в пробирку (10 × 2,5 см) с кормом. Мухам давалась возможность спариваться в течение часа, после чего самцы удалялись из пробирки, а самки переносились в кюветы со свежей питательной средой на один час. Эти пробирки затем и использовались в экспозиции с имаго (взрослое насекомое). Яйца, отложенные в этот период, отличаются друг от друга по возрасту не более чем на 2 часа. В другую группу кювет непосредственно перед началом экспозиции вносились двухсуточные имаго в количестве 20-ти особей (10 виргинных самок и 10 самцов). Следует отметить, что во всех вариантах опытов экспериментальные имаго без наркотизации и сотрясений пересаживались в новые кюветы на свежую питательную среду каждый 1 час вплоть до окончания взаимодействия. После чего восстанавливался контакт с кюветой с эмбрионами. Это делалось для того, чтобы экспонирующиеся эмбрионы контактировали только с имагинальной стадией без развивающегося в их кювете потомства и чтобы общее количество отложенных за это время яиц было соотносимо с таковым в случае использования «чистой» эмбриональной стадии в качестве взаимодействующей группы.

Для каждой возрастной стадии брался отдельный контроль. Пара экспериментальных кювет взаимодействовала через оптически сопряженные первый и четвертый сектора многопятнового УСВ, оказывающих наибольшее биологическое действие [7]. Помимо воздействия, через УСВ проводилось прямое дистантное взаимодействие указанных онтогенетических стадий.

В связи с тем, что ранее был выявлен эффект несимметричности биологического действия УСВ в зависимости от направления хода оптического излучения (наличие попарно-симметричных зон), эксперимент проводился в двух вариантах:

1. I сектор – эмбрионы, IV сектор – имаго; 2. I сектор – имаго, IV сектор – эмбрионы.

Не используемые в эксперименте сектора закрывались черной бумагой. Все кюветы помещались в большой металлический контейнер (стерилизатор) для защиты от внешних электромагнитных воздействий. Взаимодействующие и контрольные группы экранировались друг от друга непрозрачной ширмой. После завершения периода экспозиции кюветы в определенные моменты развития дрозофилы изымали из стерилизатора для выявления произошедших изменений, которые оценивались визуально (без открывания кювет) с помощью бинокулярного стереоскопического микроскопа МБС-9, а также фотографировались камерой «SONY» через оптическую систему микроскопа.

Каждый из вариантов опыта (с отдельными контрольными группами для каждого эксперимента) проведен в 15-кратной повторности. Данные обработаны статистически, достоверность отличий определялась по t-критерию Стьюдента и U-критерию Пуассона для редко проявляющихся аномалий развития.

Проведенные эксперименты показали, что прямые дистантные взаимодействия эмбрионов и имаго дрозофил приводят к значительному снижению выживаемости во всех вариантах экспериментов в зависимости от времени экспозиции. При этом в развитии группы исходных эмбрионов (рис. 2) основное уменьшение выживаемости наблюдается

в период от эмбриональной стадии до стадии куколки (рис. 2а), а при дальнейшем развитии до стадии имаго наблюдается лишь незначительное снижение этого показателя (рис. 2б). Это свидетельствует о том, что основное поражающее, или угнетающее действие оптического контакта со взрослыми особями (имаго) приходится на эмбриональный и личиночный периоды развития.

Оптический контакт эмбрионов и имаго через УСВ приводит к значительному изменению характера выживаемости по сравнению с прямыми дистантными взаимодействиями. Наиболее мощное угнетающее, или «поражающее» действие наблюдается в I секторе. При этом значительное уменьшение выживаемости происходит не только в период от эмбриональной стадии до куколки (рис. 2а), но и на стадии куколки до стадии имаго (рис. 2б). Наблюдаемый эффект доза-зависимый. В отличие от эффектов, наблюдаемых в I секторе, в IV секторе наблюдается сохранение выживаемости на высоком уровне как от эмбриональной стадии до стадии куколки, так и от стадии куколки до стадии имаго. Выживаемость в период от эмбриональной стадии до стадии куколки не имеет достоверных отличий от контроля (при экспозиции в течение 0,5 часа), либо они слабо выражены ($p \leq 0,5$). Но от стадии куколки до стадии имаго выживаемость снижается и переходит на следующий высоко достоверный уровень различий по сравнению с контролем ($p \leq 0,001$). Результат не зависит от времени экспозиции (доза-зависимый эффект отсутствует).

Для выявления отсроченных эффектов действия эмбрионов на взрослых особей (имаго) изучали особенности выживаемости потомства первого поколения (F_1) от экспонированных имаго при их исходном взаимодействии с группой эмбрионов (рис. 3). Как показали проведенные эксперименты, эффекты дистантного взаимодействия эмбрионов и имаго проявляются при развитии имаго F_1 . При прямых дистантных взаимодействиях после небольших периодов экспозиции родительских имаго выживаемость имаго F_1 имеет высокие значения, не всегда достоверно отличающиеся от контрольных.

При более продолжительных временных интервалах взаимодействия выживаемость F_1 от эмбриональной стадии до стадии куколки и от стадии куколки до стадии имаго достоверно ($p \leq 0,001$) снижается. Эффект доза-зависим. Эффекты дистантных взаимодействий через УСВ в IV секторе имеют сходный характер с таковыми при наблюдении группы изначально экспонированной эмбриональной стадии. А в группе имаго F_1 , родительские имаго которых помещали в I сектор, наблюдали более высокие значения выживаемости, чем в группе исходных эмбрионов.

При действии УСВ на экспериментальные группы во всех вариантах опыта наблюдается появление особей имаго, имеющих аномалии развития крыльев (рис. 2).

Максимальное количество наблюдаемых аномалий при развитии крыльев у имаго наблюдается при времени экспозиции 2,5 часа.

Таким образом, дистантные взаимодействия групп эмбрионов и имаго оказывают естественное влияние на их выживаемость. Разные сектора УСВ по-разному влияют на выживаемость экспериментальных групп. В I секторе наблюдается резкое угнетение выживаемости по сравнению с прямыми дистантными взаимодействиями, носящее доза-зависимый характер, а в IV секторе наоборот – стабилизация выживаемости на более высоком уровне при отсутствии доза-зависимого эффекта. Это несомненно свидетельствует о неодинаковой трансформации собственного излучения эмбрионов или имаго при прохождении их из I сектора УСВ в IV или наоборот, из IV в I. Проявление эффекта дистантного взаимодействия среди F_1 свидетельствует о том, что они (взаимодействия) в значительной степени затрагивают репродуктивную способность (систему) взрослых особей дрозофилы.

Проведенные эксперименты показали, что спустя 7 суток после начала экспозиции во взаимодействующих кюветах погибали все особи, изначально занесенные в кюветы (и имаго, и личинки соответственно), в отличие от контрольных, изолированных от оптического контакта с соседними кювет. Однако в кювете с имаго через сутки после начала

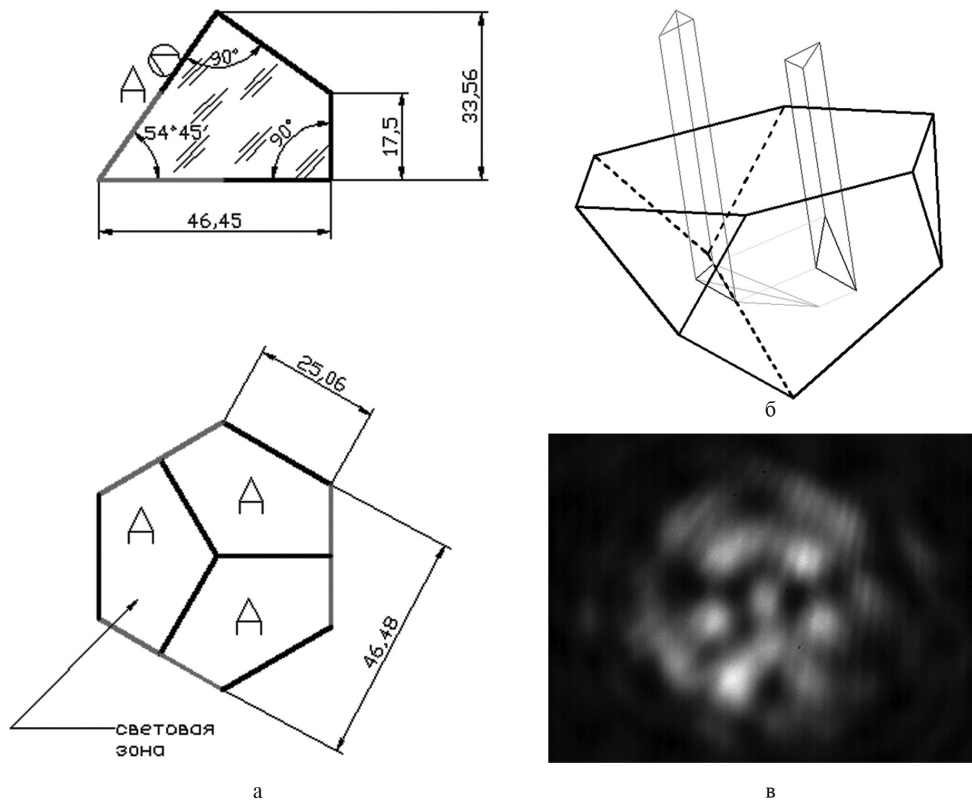


Рис. 1. Призмный многоплатный УСВ: а – чертеж; б – оптическая схема прохождения световых лучей при переносе изображения; в – дифракционная картина

эксперимента появлялись личинки первого возраста (из яиц, отложенных погибшими родительскими имаго). Их количество не отличалось от такового в контроле и составляло 25 ± 4 особи; морфоанатомических изменений у этих особей не выявлено. Примечательно, что их появление опережало таковое в соответствующих контрольных образцах на 2 – 3 суток при одинаковом возрасте родительских имаго! Вероятно, это может быть связано либо со стимуляцией более ранней откладки яиц у имаго из УСВ (при их контакте с более ранней онтогенетической фазой), либо с ускорением развития на эмбриональной стадии развития *Drosophila melanogaster*.

На 8-е сутки закладывался новый эксперимент: кювета (УСВ, 1 сектор) с «ранними» личинками оставлялась на месте, а на 4-ый сектор помещалась кювета с эквивалентным количеством вылупившихся личинок число куколок (~25). Параллельно приготавливали контрольную кювету с 25 куколками. Взаимодействие куколок поздней стадии (1,5 – 2 суток до вылета имаго) с личинками в течение 5 суток приводит к следующим результатам:

в кювете с куколками наблюдалась 100 %-ная летальность (не вылетела ни одна взрослая особь), а личинки в контактирующей кювете остались жизнеспособными. Кроме того, их возраст составляет уже почти 8 суток. На этой стадии обычно остается около 40 % личинок третьего возраста, а большинство из них уже окукливается (Объекты биологии развития, 1975). В данном же случае личинки по своим размерам и степени прозрачности соответствуют лишь личинкам первого возраста! Они, как и пять суток до сего момента, остаются в 2–3 раза мельче «сверстников»! Это наблюдалось на 5-е сутки экспозиции (плюс к тем семи, которые уже прошли). Экспозицию прекращали, и через 20–25 часов все эти личинки погибали, вероятно, из-за незначительных размеров, не дающих возможности для формирования пупария.

В следующей серии экспериментов личинки также взаимодействовали с поздними куколками в течение 5-ти суток. Результатом являлась 100 %-ная гибель куколок. Но экспозиция на этом не заканчивалась. Взаимодействие личинок через УСВ проводилось

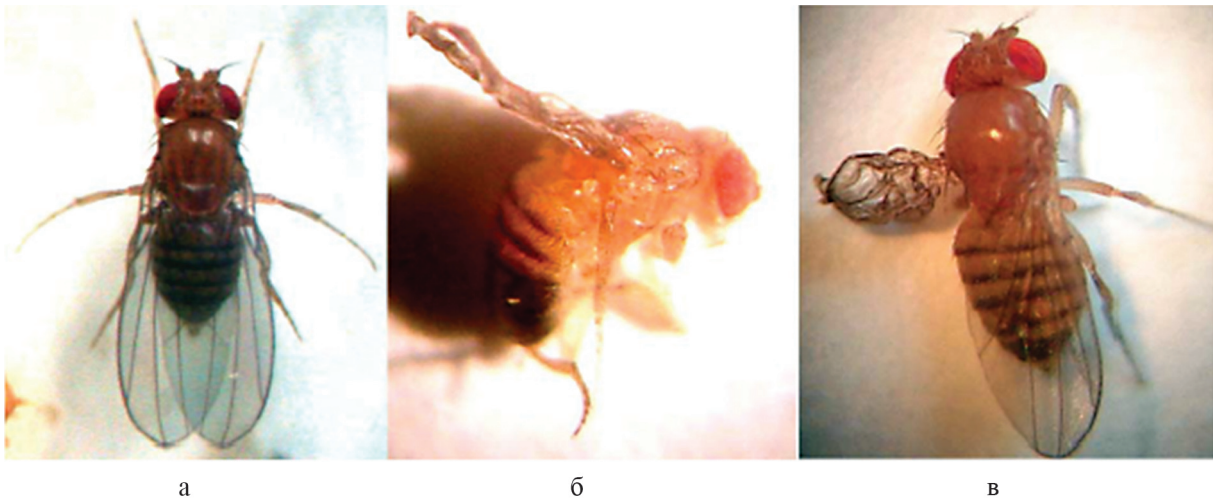


Рис. 2. Проявляющиеся при дистантных взаимодействиях аномалии развития крыльев у имаго дрозофилы: а) – норма; б) – симметричная деформация крыльев; в) – несимметричная деформация крыльев

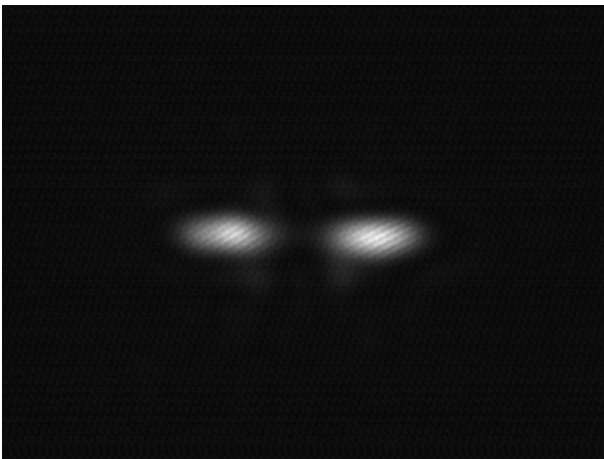
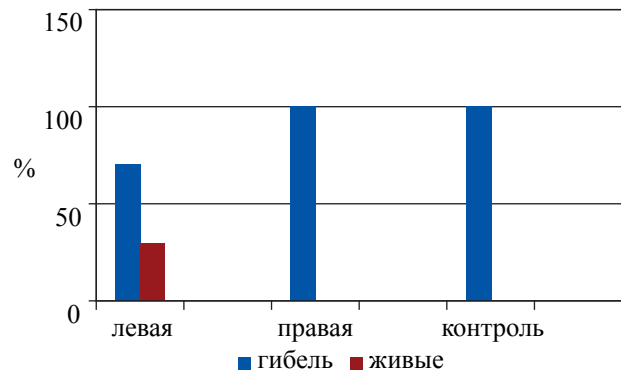


Рис. 3. Биологическое действие УСВ: Слева – дифракционная картина прибора, справа – биологическое действие

Коррекция развития при развороте дифракционного пятна на 8 градусов



с хорошо развившимися в обычных условиях имаго (трехсуточного возраста). Контролем являлись личинки такого же возраста и физиологического состояния, полученные в результате дистантного взаимодействия через УСВ с куколками. Брались личинки в том же количестве, что и имаго. Контрольные личинки погибали, как и в первом случае, примерно через 20–25 часов, а экспериментальные – через 7–7,5 суток даже могли окукливаться, метаморфизируясь в аномально маленьких куколок (примерно в 3 раза мельче, чем в контроле)! Полученные данные свидетельствуют о том, что в подобном случае воздействие старшей возрастной группы оказало «оживляющее» действие на младшую (хотя в ряде работ, проводимых на низших позвоночных,

иногда прослеживается и обратная закономерность) [4, 8].

За столь длительное время в кювете с имаго уже начало развиваться F_1 ; личинки догнали и перегнали «соседей», а примерно 30 % из них уже начали окукливаться. Жизненный цикл, протекающий в кювете с исходными имаго, не имел достоверных отличий от контроля (которым служила кювета с таким же количеством имаго, выросших в обычных условиях) по численности особей F_1 , выживаемости и продолжительности отдельных онтогенетических стадий и самого жизненного цикла.

Общая продолжительность аномальной личиночной стадии составила, т.о., 11–12 суток, что почти соответствует нормальной продолжительности всего жизненного цикла

дрозофилы. Следовательно, можно констатировать достоверное удлинение личиночной стадии жизненного цикла. Дальнейшее наступление стадии куколки было характерно для примерно 35 % крохотных личинок. А еще через трое суток из всех сформировавшихся крохотных куколок вылупились крошечные имаго (также примерно в 3 раза меньше имаго, развившихся в контрольных нормальных условиях)! Их жизнеспособность оказалась очень незначительной, и в течение двух последующих суток все они погибли.

Общая продолжительность жизненного цикла необычных мух при температуре 24 °С составила 19–20 суток, тогда как контроль при той же температуре развивался за 10–11 суток. Т.е. наблюдается статистически значимое удлинение жизненного цикла мух, контактирующих на стадии личинки через первую секцию УСВ попеременно: с младшей (личинки) (*пока происходит взаимодействие с имаго-родителями необычных форм*), более старшей (куколки) (*родительские имаго уже погибли, но вылупились личинки*), а затем с «еще более старшей» (имаго) онтогенетической стадией, примерно на 172–190 %. Также следует отметить, что, вероятно, собственно эмбриональный период развития в столь длительном жизненном цикле имеет меньшую продолжительность, нежели в норме, т.к. личинки вылупляются раньше обычного (см. выше) и продолжительность всего цикла увеличивается преимущественно за счет личиночной стадии.

Таким образом, трансформация УСВ параметров естественных сверхслабых собственных электромагнитных излучений дрозофил *Drosophila melanogaster* может являться действенным механизмом информационной регуляции не только продолжительности хода, но и последовательности прохождения стадий постэмбрионального развития насекомых с полным превращением.

Интересные результаты были получены авторами при экспериментах с эмбрионами рыбы вьюн *Misgurnus fossilis*. Описание экспериментальной установки и методики эксперимента подробно приведены в работах [9, 10]. Как показали уже самые первые экс-

перименты (2003 г.), в процессе обмена биологической информацией (собственные электромагнитные излучения эмбрионов) между двумя группами биологических образцов наблюдались попарно-симметричные зоны, в которых характер и проявления дистантных взаимодействий были идентичны.

Оптическое взаимодействие групп одновозрастных эмбрионов через УСВ в течение 20...24 ч изменяло динамику их дальнейшего развития по сравнению с контрольными группами, чего никогда ранее не наблюдалось при прямом оптическом контакте одновозрастных зародышей [4]. На рис. 3 показаны результаты эксперимента, при котором условия, в которых содержались зародыши, исключали возможность выживания эмбрионов для всех групп, участвующих в эксперименте. По крайней мере, в проводимом эксперименте наблюдалась 100 % гибель образцов в контроле.

Тем не менее, в секторе I (на рис. 3 он обозначен как «левый»), выживаемость эмбрионов достигала 30 %. По сравнению со 100 % гибелью эмбрионов в «контроле» это весьма впечатляющий результат.

Ниже мы приводим иллюстрацию результатов проведенного эксперимента из работы [9]. На рисунке сохранены оригинальные обозначения работы 2008 г.

Дальнейшее исследование механизмов трансформации собственного электромагнитного излучения биологических организмов лазерными УСВ с различными оптическими характеристиками позволит значительно расширить их использование не только в космических астронавигационных системах, но также в биологии и медицине для коррекции различных физиологических процессов.

Таким образом, трансформация УСВ параметров естественных сверхслабых информационных собственных электромагнитных излучений биологических объектов, принадлежащих к разным видам живых организмов – беспозвоночные дрозофилы *Drosophila melanogaster* или низшие позвоночные – рыба вьюн *Misgurnus fossilis*, может являться действенным механизмом регуля-

ции не только продолжительности хода, но и последовательности прохождения стадий постэмбрионального развития.

На основании полученных экспериментальных данных авторы предлагают провести аналогичный эксперимент в условиях космического полета на биоспутниках типа «Бион» или «Фотон». Биологические эксперименты и ранее проводились в условиях полета автоматических спутников, например во время полета КА «Космос-936» [11].

Библиографический список

1. Кузнецов, Е.А. Дистантные взаимоотношения зооспорных водных грибов / Е.А. Кузнецов // Микология и альгология –2004: Материалы юбилейной конференции, посвященной 85-летию кафедры микологии и альгологии МГУ им. М.В. Ломоносова. – М.: Издательство «Прометей», 2004. – С. 81–83.
2. Николаев, Ю.А. Взаимодействие микроорганизмов, опосредованное физическими полями / Ю.А. Николаев, В.К. Плакунов, С.Н. Филиппова и др. // Электромагнитные излучения в биологии. Труды III международной конференции. – Калуга: изд-во КГПУ, 2005. – С. 213–218.
3. Moltchanov A.A., Galantsev V.P. On the functional role of spontaneous photon emission in the mammary gland // Biophotonics. Non-equilibrium and coherent systems in biology, biophysics, biotechnology. Proceedings of International A.G. Gurwitsch conference. BioInform Services (Moscow, Russia). 1995, p.341-350.
4. Бурлаков, А.Б. Дистантные взаимодействия разновозрастных эмбрионов выюна / А.Б. Бурлаков, О.В. Бурлакова, В.А. Голиченков // ДАН. – 1999. – Т. 368. – № 4. – С. 562–563.
5. Шаргородский, В.Д. Разработка лазерных ретро-рефлекторных антенн на основе угольных световозвращателей для высокоточных измерений дальности до космических аппаратов / В.Д. Шаргородский и др. // Электромагнитные волны и электронные системы. – 1997. – Т. 2. – № 2. – С. 50–57., С. 137–147.
6. Bodenstern D. The postembryonic development of Drosophila. In: «Biology of Drosophila». N.Y. John Wiley & Sons, 1950, P. 275-367.
7. Бурлаков, А.Б. Управление дистантным взаимодействием биологических объектов при помощи оптических приборов. Анализ механизмов воздействия / А.Б. Бурлаков, О.В. Бурлакова, Ю.С. Капранов и др. // Электромагнитные волны и электронные системы. – 2005. – Т. 10. – № 1–2. – С. 57–65.
8. Burlakov A.B., Golichenkov V.A. The long range interactions of developing biosystems // Modern Natural Sciences: Proceedings of 3rd International Conference INTERNAS'2007, Kaluga, Russia. May 22-25, 2007. –Kaluga: KGPU. – 2007. – P. 115-118.
9. Бурков, В.Д. Управление дистантным взаимодействием биологических объектов при помощи кварцевых световозвращателей / В.Д. Бурков, А.Б. Бурлаков, С.В. Перминов и др. // Биомедицинская радиоэлектроника. – 2008. – № 8–9. – С. 41–48.
10. Бурлаков, А.Б. Физические механизмы управления волновыми дистантными межорганизменными взаимодействиями при помощи зеркальных оптических приборов / А.Б. Бурлаков, О.В. Бурлакова, М.Р. Короткина и др. // Электромагнитные волны и электронные системы. – 2008. – Т. 13. – № 10. – С. 30–37.
11. Крашенинникова, Т.К. Влияние факторов космического полета на свойства микроорганизмов – продуктов биологически активных веществ / Т.К. Крашенинникова, Е.Н. Канаева, А.Д. Украинцев и др. // Космические исследования. – 2001. – Т. 39. – № 4. – С. 356–360.

СОЦИАЛЬНО ОТВЕТСТВЕННЫЕ ИНВЕСТИЦИИ ГОСУДАРСТВА И БИЗНЕСА В ОБЛАСТИ СНИЖЕНИЯ АНТРОПОГЕННОЙ НАГРУЗКИ НА ЭКОСИСТЕМУ

Н.А. ХУТОРОВА, доц. каф. стратегического маркетинга Международной школы управления и бизнеса МГУЛ, канд. экон. наук

khutorova@mgul.ac.ru

В последние десятилетия существенно меняется парадигма развития общества, отношения общества к глобальным, общемировым проблемам. Активно нарастают процессы экологизации населения. Экологи-

ческое мышление распространяется на все сферы деятельности человечества, охватывая все большее число населения планеты и мотивируя повышение ответственности по отношению к окружающей среде.

В то же время неуклонно возрастает интерес научного сообщества к новому направлению развития процессов инвестирования – социально ответственным инвестициям. Причиной этого стали современные потребности общества, «взросление» экологического сознания и накопленный опыт релевантных исследований, который позволил говорить о появлении и быстром развитии нового сегмента как мировых, так и национальных финансовых рынков.

Принципиально меняется практика ведения бизнеса, корпоративная социальная ответственность постепенно становится обязательным стандартом для всех хозяйствующих субъектов, от мультинациональных корпораций до предприятий малого и среднего бизнеса. По мере развития экономики неуклонно усиливается антропогенная нагрузка на экосистему, что, безусловно, оказывает негативное влияние на социальный климат общества.

Экологическое сознание, возникшее в мире около ста лет назад, стало массовым в 60 гг. XX в., что совпало с резким ростом уровня жизни и сменой приоритетов благополучия в послевоенных странах Западной Европы и появлением «социально ответственного общества». Именно такое общество впервые обнаружило способность к самоорганизации и защите своих коллективных интересов перед лицом безответственного бизнеса и государства, пагубно воздействующих на экосистему. В основе экологического движения, таким образом, лежит специфическая диалектика: рост благосостояния изначально был связан с увеличением загрязнения среды, однако сами граждане в государствах всеобщего благосостояния (welfare state) стали субъектами изменений в отношении общества к экологическим проблемам и первыми потребителями экологически чистых товаров, делающими выбор сознательно.

В течение последних десятилетий экологическое сознание во всем мире занимает последовательно наступательные позиции, порождая новые феноменальные явления. Такие выводы можно сделать на основе изучения зарубежного, в первую очередь,

европейского опыта становления экологически ориентированной экономики. Экология становится как источником, причиной инновационного развития, так и способом реализации инноваций. Нарастание экологических проблем и экономические последствия природных катастроф заставляют нас менять вектор развития экономики, результатом чего становится создание специфического рынка социально ответственной экологической продукции.

Международное сообщество 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, устойчивому развитию. Международный опыт показывает, что только ассоциации граждан могут эффективно решать подобные задачи, устраняя или минимизируя экологические угрозы в своей среде обитания. Именно такой тип гражданской политической активности является по своей природе конструктивным, поскольку связан с конкретными комплексами мер и ставит перед собой достижение конкретных результатов.

В этих условиях особую актуальность приобретает разработка новых принципов осуществления инвестиций. Системой, в рамках которой осуществляется баланс между социальной справедливостью и экономической эффективностью, выступает инвестиционная сфера, а основными ее субъектами выступают бизнес, государство и общество.

Основная цель исследования состоит в изучении основ взаимодействия между государством, бизнесом и обществом в процессе функционирования рынка социально ответственных инвестиций.

В настоящее время существует достаточно широкое трактование термина «социально ответственное инвестирование». Так, под социально ответственным инвестированием (socially responsible investing (SRI), social investing, sustainable, socially aware investing, ethical investing, mission-based investing, natural

investing) следует понимать процесс принятия инвестиционных решений, учитывающий в рамках традиционного финансового анализа социальные и экологические последствия инвестиций. В его основе лежит изучение и выделение в качестве приемлемых объектов для инвестирования компаний, удовлетворяющих определенным критериям корпоративной ответственности (corporate social responsibility), под которой понимается открытая и прозрачная деловая практика, базирующаяся на этических ценностях, уважении к сотрудникам, акционерам и потребителям, а также заботе об окружающей среде.

Социально ответственное инвестирование – это инвестиционные решения, которые осуществляются со стороны инвестора с учетом социальных, моральных и экологических последствий инвестирования. Социально ответственное инвестирование стремится к максимизации финансового результата и социальной пользы [1]. В то же время нельзя смешивать понятия социального инвестирования и благотворительности. Социальные инвестиции, в отличие от благотворительности, являются бизнесом.

В расширительной трактовке социальные инвестиции отождествляются с вложениями, направляемыми на усиление социальной ориентации экономической системы: достижение экологической безопасности, стимулирование экономического роста, обеспечение гарантированного уровня образования и медицинской помощи, питания и пр. Т.е. ключевой является характеристика социального инвестирования как активности субъектов инвестиционных отношений, направленной на получение определенного «полезного эффекта» для общества [2].

Все большее число сторонников социально ответственного инвестирования позволяет судить о сформировавшейся оптимистичной тенденции, подтверждающей адаптационные способности современной мировой экономики к вызовам времени. Цель социально ответственного инвестирования совпадает с традиционной и состоит в извлечении дохода, но при принятии решения основную роль играет социально значимый ре-

зультат, духовная составляющая. По мнению социологов, современные социально ответственные инвестиции имеют древние религиозные корни.

В настоящее время в качестве основных приоритетов у социально ориентированных инвесторов рассматриваются сферы приложения их капиталов с целью предотвращения экологических катастроф или минимизация негативных последствий таковых.

В российской практике пока социальные инвестиции отождествляются с корпоративной социальной ответственностью. В зарубежной литературе под социальными инвестициями принято понимать более широкий круг инвесторов и получателей дохода. Так, в своем обзоре «Социально ответственное инвестирование. Опыт развитых стран» руководитель проектно-аналитического отдела Лаборатории социальных инноваций К.Смирнова (<http://www.cloudwatcher.ru/userfiles/investirovanie.pdf>) выделяет в составе социальных инвестиций:

1. Корпоративную социальную ответственность.
2. Государственные инвестиции в социальную сферу.
3. Институциональные социальные инвестиции.
4. Социально ответственное инвестирование (asset management), осуществляемое социально ответственными фондами и другими организациями.
5. Фонды и организации, осуществляющие социальное инвестирование как основной вид деятельности (инвестирующие в социальные предприятия на льготных условиях) [1].

В настоящее время существует достаточно большое разнообразие моделей социально ответственного инвестирования. Наиболее известные сведены в таблицу.

На основании многочисленных исследований некоторые аналитики считают, что компании, уделяющие особое внимание решению социальных и экологических проблем, в долгосрочном периоде будут иметь большую конкурентоспособность, а значит, и вложения в них обладают большей привле-

Основные модели социально ответственного инвестирования

Модель социально ответственного инвестирования	Описание	Пример
<i>Impact investing</i> <i>Инвестиции влияния</i>	Вложение в проект или фонд, деятельность которого производит положительный эффект на экологию и ожидается инвестиционный доход	Перевооружение энергохозяйства, энергосбережение
<i>Mission-based investing</i>	Инвестиции с учетом определенной инвестором <i>некоммерческой миссии</i>	Инвестор определяет конкретную миссию и конкретный набор критериев отбора для инвестирования. Эндаумент
<i>Triple bottom line investing</i> <i>Трехфакторная модель</i>	Комбинации финансовых, социальных и экологических параметров	Перевооружение энергохозяйства, снижение выбросов парниковых газов
<i>Double bottom line investing</i> <i>Двухфакторная модель</i>	Комбинации финансовых и социальных параметров	Создание социальной инфраструктуры
<i>Eco investing (Green investing)</i> <i>Зеленые инвестиции</i>	Вложения в проекты, снижающие нагрузку на экосистему	Производство электроэнергии из возобновляемых ресурсов
<i>Ethical investing</i> <i>этическое инвестирование</i>	Вложения, при которых значение имеет не только финансовый результат, но и этические факторы	Исламское финансирование
<i>Sustainable investing</i> <i>Инвестиции в устойчивое развитие</i>	Инвестирование с учетом социальных, моральных, этических и экономических факторов	Инвестиции в лидеров устойчивого развития (Positive screening). Покупка акций

Примечание: составлено автором на основе данных [1]

кательностью. Рост числа социально сознательных инвесторов благотворно влияет на деловую практику компаний и стимулирует позитивные перемены в обществе.

По состоянию на конец 2010 г. в США объем социально ответственных инвестиций под профессиональным управлением превысил 3 трлн долл. США, в ЕС – 5 трлн евро [1].

Высокие темпы роста рынка социально ответственных инвестиций позволяют надеяться на долгосрочный тренд в экологизации общества, в 2010 г. практически каждый восьмой доллар под профессиональным управлением в США вкладывается с учетом социальных, экологических или этических факторов, в ЕС – каждый десятый.

В странах с финансовой системой, основанной на банках, социально ответственное инвестирование развито в меньшей степени, чем в англосаксонских странах, где основу финансовой системы представляет рынок ценных бумаг. Доля активов, относящихся к социально ответственным, постоянно растет и составляет 1–5 % от активов в управлении. Мировой объем СОИ к концу 2009 г. составил

порядка 10,8 трлн долл., что на 50 % больше, чем в 2007 г. На рынки Европы приходится 65 %, в 2007 г. 55 % мирового объема СОИ, на рынок США – 28 %, в 2007 г. 38 % на другие рынки (преимущественно Канаду, Австралию, Новую Зеландию и Японию) – 7 %, показатель не изменился по сравнению с 2007 г. [1, 3].

Для осмысления философии социального инвестирования необходимо проанализировать основные методы осуществления. В академической литературе выделяют три основных метода.

Отбор или просеивание (screening) – один из основных методов инвестирования, который состоит в анализе и выборе для инвестирования тех компаний, которые отвечают конкретным социальным, экологическим и корпоративным критериям управления на основе их соответствия (positivescreening) или несоответствия (negative или avoidancescreening), предполагая исключение таких компаний из списка объектов для инвестирования. На практике чаще применяется положительный отбор,

т.е. поиск тех компаний, которые оказывают положительное влияние на развитие общества и окружающую среду. В США за 10 лет общий размер активов, управляемых на основании стратегии отбора, увеличился в десять раз. В то же время финансовые показатели социальных фондов даже на фоне крайней нестабильности финансовых рынков и существенном росте рисков показывают достаточно устойчивые положительные результаты. Так как процесс «просеивания» требует значительных усилий и временных затрат на изучение корпоративной политики и деловой практики компаний, большинство социально сознательных инвесторов не могут осуществлять его самостоятельно и предпочитают для вложения средств обращаться в социально ответственные взаимные фонды. Согласно расчетам SocialFunds.com, взаимные фонды, использующие социальные или экологические критерии при отборе ценных бумаг для своего портфеля, показывают результаты, вполне сравнимые с финансовыми результатами традиционных взаимных фондов [4].

В качестве второго по популярности метода отбора используют деятельность акционеров по защите интересов (shareholdersadvocacy), или *метод воздействия*. Он основан на социально активных действиях и инициативах крупных акционеров. Они непосредственно оказывают решающее влияние при определении направлений инвестирования в экологически ответственные и социальные проекты.

В последнее время все большую популярность получает *метод общественного инвестирования*, или инвестирование в местные сообщества (communityinvesting) – использование средств инвесторов на финансирование определенных проектов, субъектов или регионов, имеющих недостаточное финансирование или расположенных в неблагоприятных экологических зонах, и решение конкретных местных проблем. Эта стратегия, в отличие от двух предыдущих, направлена не на улучшение корпоративной практики, а на общественное и социальное развитие. Финансовые институты общественного инвестирования (банки, кредитные союзы, фонды общественного развития) предоставляют кредиты и займы предприятиям малого бизнеса, венчурным компаниям, финансируют инвестиционные проекты, направленные на природоохранные цели. «Социальная прибыль» от местного инвестирования обеспечивает инвесторам невысокие финансовые результаты, принося им рост показателя «goodwill» и уверенность в том, что их деньги работают на благо общества.

В 80–90-е гг. XX в. появилось большое число этических фондов, а также начали формироваться специализированные информационно-аналитические агентства и некоммерческие организации по развитию социально ответственного инвестирования. В арсенале средств аналитиков появились разнообразные социальные фондовые индексы, помогающие ориентироваться среди объектов ответственного инвестирования. Рейтингование компаний, на основании которого, зачастую, происходит определение качественного уровня социально ответственного инвестирования, осуществляется по параметру социальной ответственности с помощью технологий, модифицирующих общественное мнение в реальную силу, способную влиять на принятие решений.

В 1985 г. в Великобритании была основана организация EIRIS, предоставляющая институциональным инвесторам показатели деятельности компаний по направлениям КСО. Сейчас в мире десятки подобных организаций. Также информационную поддержку СОИ оказывают форумы СОИ – организации, состоящие из участников рынка. Региональные форумы действуют в Европе (EuroSif), Азии (ASRIA), Океании (RIAA), Германии, Австрии и Швейцарии (FNG). Национальные форумы действуют в более чем 10 развитых странах. В современную практику прочно вошла подготовка нефинансовых отчетов (отчеты в области устойчивого развития, социальные отчеты, экологические отчеты и т.д.). По итогам 2009 г. было выпущено около 3400 нефинансовых отчетов [3].

Самый известный из фондовых индексов социальной ответственности – Domini

Social Index (DSI) 400, созданный в 1989 г. KLD Research&Analytics. DSI 400 – взвешенный по капитализации индекс 400 компаний, отобранных с помощью социальных и экологических критериев (выборка близка к S&P 500, К группе KLD принадлежит и Nasdaq Social Index (KLDNS Index), созданный на базе Nasdaq Composite. В 1999 г. в США были запущены Dow Jones Sustainability Indexes, а в 2001 г. – FTSE4 Good Index Series. На конец 2010 г. насчитывалось более 100 подобных глобальных, региональных и национальных индексов на основе различных критериев социально ответственного инвестирования [5]. Также достаточно востребованными оказались нефондовые индексы, используемые для сравнительного позиционирования заинтересованными организациями (например Social Index Датского министерства социальной политики). Corporate Philanthropy Index (CPI), разработанный Walker Information под эгидой Совета фондов (США), основывается на оценке деятельности компании различными группами заинтересованных сторон. Максимальная величина индекса социальной ответственности равна 5,0; среднее значение для США и Канады на сегодняшний день – 3,8. Если компании присвоен CPI 4.0 и выше, это является свидетельством высокой социальной ответственности. Еще один пример – Social Index (SI) датского Министерства социальной политики, уделяющий приоритетное внимание созданию рабочих мест. Индекс рассчитывается на основании опроса сотрудников и измеряется по шкале от 0 до 100. Компании, у которых значение индекса превышает 60, получают право использовать специальный логотип корпоративной социальной ответственности.

Также постепенно возрастает роль организаторов торговли в развитии СОИ. Так, Йоханнесбургская фондовая биржа (JSE) требует от эмитентов обязательной публикации нефинансовых отчетов. Более 10 бирж выпустили рекомендации для эмитентов по деятельности в области корпоративной социальной ответственности. На 14 фондовых биржах действуют индексы на основе критериев СОИ. Испанская фондовая бир-

жа (BME), Франкфуртская фондовая биржа (Deutsche Börse) и Гонконгская фондовая биржа публикуют собственные нефинансовые отчеты [3].

Общая тенденция, которую можно наблюдать на современном этапе, состоит в том, что экология, экологизация и, как следствие, социальная ответственность в области снижения антропогенной нагрузки на экосистему постепенно становятся одним из факторов, определяющих структуру потребительских рынков. Тема экологического качества продукции и экологической ответственности перестает быть предметом обсуждения маргиналов и сторонников определенного образа жизни, превращаясь в мейнстрим рыночного капитализма [6]. В научной литературе для описания этого перехода уже возник специальный термин эко-экономика (eco-economy). На опыт передовых компаний первого десятилетия XXI в. неизбежно будут ориентироваться другие производители, поэтому можно прогнозировать взрывной рост производства экологических товаров и услуг во всех основных рыночных нишах. На втором этапе рынок подойдет к ситуации, когда все производители станут активно декларировать экологическую чистоту своих товаров, а значит, для получения конкурентного преимущества потребуются задавать более высокие экологические стандарты. Поколение потребителей, привыкшее выбирать не самое дешевое, но самое имиджевое решение, будет охотно платить больше за экологические инновации.

Ведущие мировые компании активно поддерживают проведение исследований профильными исследовательскими центрами и профессиональными ассоциациями, выносят обсуждение вопросов развития рынка социально ответственного инвестирования на уровень крупнейших деловых и межправительственных форумов, объединяющих представителей бизнеса, академического сообщества, государственных учреждений и некоммерческих организаций. В ряду этих форумов Коалиция за создание экологически ответственной экономики, Мировой экономический форум, Всемирный деловой совет

по устойчивому развитию, Организация экономического сотрудничества и развития, профильные комиссии и конференции ООН.

В России эти процессы также активно развиваются, регулярно проходят конференции, слушания, круглые столы, национальные конкурсы и исследовательские проекты, инициированные Общественной палатой РФ, Ассоциацией менеджеров, Российским союзом промышленников и предпринимателей, Форумом доноров совместно с деловой газетой «Ведомости» и компанией PricewaterhouseCoopers, Национальным форумом корпоративной социальной ответственности, консорциумом «Бизнес и общество», академическим сообществом [7].

Эко-экономика развивается в рамках теории устойчивого развития (sustainable development), предложенной в классической работе «Пределы роста», опубликованной в 1972 г. экологами Донеллой и Денисом Медоуз и Йоргеном Рандерсом.

Устойчивое развитие лежит на пересечении трех сфер ценностей: экономики, соци-

альной жизни и природной среды. Его девизом является тезис о том, что *удовлетворение нынешних потребностей человечества не должно лишать будущие поколения людей возможности удовлетворять свои.*

Библиографический список

1. Смирнова, К. Социально ответственное инвестирование. Опыт развитых стран / К. Смирнова – <http://www.cloudwatcher.ru/userfiles/investirovanie.pdf>.
2. Бахтараева, К.Б. Социально ответственное инвестирование на рынке ценных бумаг: ретроспектива и тенденции развития / К.Б. Бахтараева // Финансы и кредит – 2009. – № 21(357). – С. 62–67.
3. Аннаев, А. Российские инвесторы не доросли до СОИ / А. Аннаев // Финанс. 07.04.2011г. – <http://www.finansmag.ru>
4. <http://www.socialfunds.com/report/>
5. http://www.sustainabilityindex.com/djsi_pdf/news/PressReleases/110908-djsi-review-2011-e-vdef.pdf
<http://www.sustainability-indexes.com/>
6. Доклад «Экология и инновации», <http://www.ecaplanet.com/>
7. Благов, Ю.Е. Корпоративная социальная ответственность: эволюция концепции / Ю.Е. Благов. – ВШМ СПбГУ, 2011. – С. 167.

РАЦИОНАЛЬНОЕ ЛЕСОПОЛЬЗОВАНИЕ (ПРОБЛЕМЫ, ОСОБЕННОСТИ, ПЕРСПЕКТИВЫ)

И.В. КАРАКЧИЕВА, *асп. каф. информационных технологий в лесном секторе МГУЛ*

chumachenko@mgul.ac.ru

Концептуальность определяет принципы, критерии, экономические и организационные основы, инструменты и механизмы устойчивого сырьевого обеспечения развития и функционирования российского ЛПК. Концепция тождественна национальной лесной политике и служит основой для совершенствования лесного законодательства, разработки долгосрочной стратегии рационального лесопользования.

Рациональное лесопользование, понимаемое в широком смысле, должно сегодня стоять на четырех дисциплинарных основах: *лесоустройстве, лесной экономике, лесном планировании, лесопромышленности*. Не все из них в равной степени развиты и выделены в об-

щей системе наук о лесе в самостоятельные образовательные области.

Исторически сложилось так, что на первых этапах развития научной мысли все знания об окружающем мире объединялись в одном – философии. Развитие знаний, накопление научного опыта потребовало вычленив из нее физику, химию, математику и т.д. Нечто подобное наблюдается в лесном деле. Роль лесной философии пока играет лесоустройство. Назрела необходимость разъединить лесоустройство на отдельные самостоятельные части и наполнить их новым содержанием.

Важнейшим является вопрос о специфике лесопользования, определяющего

институциональную среду, инструменты и механизмы, информационную основу для научно-технической и инновационной политики в ЛПК России.

Лесопользование – совокупность *взаимосвязанных* видов хозяйственной деятельности по освоению, переработке и воспроизводству лесных ресурсов, включающая:

- транспортную организацию территории;
- заготовку лесных ресурсов;
- охрану, защиту и воспроизводство лесов;
- транспортировку круглых лесоматериалов от заготовителей к потребителям;
- размещение и оптимизацию технологической структуры региональных лесопромышленных кластеров (комплексов).

Лесопользование должно проходить через систему взаимосвязанных и взаимоопределяющих этапов: 1) аналитического (описание и оценка состояния лесной территории), 2) целеполагания (определение целей управления лесными ресурсами), 3) стратегического (разработка альтернативных стратегий управления, выбор эффективной стратегии), 4) реализации (реализация разработанной стратегической модели), 5) контроля и оценки (контроль за реализацией стратегической модели, контроль с оценкой полученных результатов и при необходимости корректировка), 6) проектирования (определение практических действий на ближайшую перспективу с учетом полученных результатов), с последующим анализом полученных результатов (рис. 2), т.е. переход на аналитический этап с целью определения долгосрочного развития отрасли, в т.ч.:

- федеральной целевой программы развития ЛПК;
- отраслевой стратегии инновационного развития ЛПК;
- стратегий крупных государственных корпораций и т.п.

Современное состояние лесопользования в России свидетельствует об отсутствии таких этапов, как целеполагания и стратегический, при этом проблема содержательного наполнения характерна для этапов реали-

зации, контроля и оценки, проектирования, присутствуют серьезные проблемы на аналитическом этапе.

Характеризуя этап целеполагания, необходимо отметить расхождение – «целевые ножницы» между уровнем государства и локальным уровнем, до сих пор отсутствует реальная оценка потребности рынка в лесном сырье. При этом необходимо учитывать малую емкость внутреннего рынка лесобумажной продукции, обусловленную низким уровнем покупательной способности населения на протяжении 15 последних лет.

Политика лесопользования как составная часть экономической политики должна быть нацелена на проведение всесторонней модернизации, повышающей ее эффективность и конкурентоспособность, долгосрочного устойчивого развития. Вместе с тем система лесопользования во многом функционирует в «ручном режиме». Зачастую принимаемые меры недостаточно эффективны, поскольку в силу оперативных изменений не до конца прорабатываются механизмы их применения.

Говоря о стратегическом этапе, необходимо отметить, что в условиях России разработан стратегический документ «Стратегия развития лесного комплекса Российской Федерации на период до 2020 г.», однако альтернативных стратегических моделей лесопользования этот документ не содержит, отсутствует в нем и определение эффективности функционирования предлагаемых «сценариев развития лесного комплекса». Все это служит подтверждением того, что системное альтернативное стратегическое моделирование в нынешних условиях в системе лесопользования отсутствует.

Характеризуя этап реализации лесопользования в условиях России, важно отметить доминирование административных механизмов (историческое прошлое советского лесопользования) над экономическими механизмами, слабо увязанные, бессистемные рыночные механизмы, формирующие сырьевой базис лесной отрасли.

Ситуация усугубляется и тем, что «слабый контроль за использованием лесов и

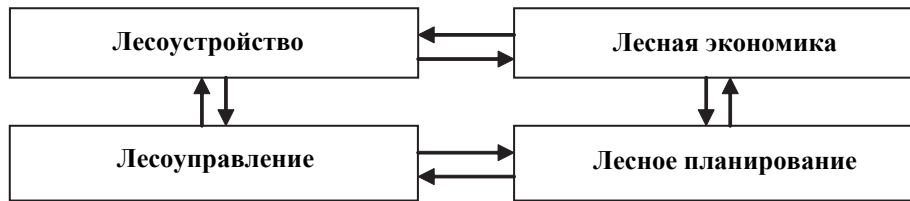


Рис. 1. Система лесопользования



Рис. 2. Этапы лесопользования

недостаточный объем лесохозяйственных мероприятий, обусловленный низким техническим уровнем и дефицитом кадрового состава, ... низкая эффективность государственного лесного контроля на региональном уровне» [1] свидетельствуют о существующих проблемах на этапе контроля и оценки.

Несовершенство этапа проектирования привело к тому, что происходит истощение эксплуатационных запасов древесины в зонах расположения действующих лесопромышленных предприятий и путей транспорта, а слабое развитие дорожно-транспортной инфраструктуры лесопользования сдерживает возможности более полного освоения эксплуатационных лесов и снижает экономическую доступность древесных лесных ресурсов.

Аналитический этап связан с «недостаточной точностью оценки лесоресурсного потенциала» и «недостаточной точностью учета лесных ресурсов» [1] что, безусловно, влечет за собой формирование системных

проблем в эффективном использовании лесов: неверная оценка, истощение и деградация лесосырьевой базы страны.

Системные проблемы и затянувшийся инновационный кризис в лесопользовании определен историческими аспектами, которые не учитываются в современном построении системы. С развитием товарного производства и ростом спроса на лесоматериалы быстро обнаружилось, что лесное хозяйство представляет собой самостоятельную отрасль народного хозяйства, которая не только может полностью окупать затраты по содержанию лесов, но и приносить их владельцам чистый доход, и немалый.

Экономическая наука, успешно прилагаемая к промышленности и даже сельскому хозяйству, к лесному хозяйству, в силу его специфических особенностей, не подходила. Возникла потребность в специальном учении, которое бы эти особенности учитывало, раскрывало. Так в 1916 г. проф. Д. Марченко, писал: «Учение об организации лесного хо-

зяйства должно заниматься рассмотрением того, каким образом следует вести эти работы на практике, оно должно излагать сущность и методы решения вопросов, подлежащих рассмотрению при устройстве лесов. Учение об особенностях лесного хозяйства должно показать, чем отличается лесное хозяйство от других экономических предприятий, от других отраслей народного хозяйства и в частности выяснить его особую зависимость от естественно-исторических и общественно-экономических условий... Теперь учению о лесном хозяйстве как отдельной отрасли промышленности, имеющей чрезвычайно важное значение в народно-хозяйственной жизни, уделяется большее внимание, чем прежде, и оно все больше и больше обособливается от учения об организации лесного хозяйства, приобретая характер как бы обширного в него введения» [2].

Эту же позицию разделял проф. М. Орлов. Он оставил лесную экономику в лоне учения о лесоустройстве, но уделил ей значительно больше места и придал ей большее значение в сравнении со своими предшественниками-учителями. Практически весь первый том труда посвящен лесной экономике. В нем подробно, на основании западных источников, изложено «финансовое учение о лесе» [3]. Во втором томе экономике отдан большой раздел, освещающий теорию и практику корневых цен на древесину в дореволюционной России. М. Орлову принадлежит приоритет в разработке теории лесопользования как самостоятельной дисциплины.

В советский период лесоустройство получило мощное развитие. Но тенденции последних 20 лет плачевны: отечественному лесоустройству нанесен серьезный урон (объемы и качество работ снизились). Безвозвратно утрачены опытные кадры: «Недостаток квалифицированных кадров и низкий уровень оплаты и производительности труда, обусловленные слабым развитием социального партнерства, низким по сравнению с другими отраслями экономики уровнем оплаты труда работающих, ухудшающейся ситуацией в профессиональной и квали-

фикационной подготовке рабочих кадров, специалистов, возрастающим дефицитом квалифицированных кадров по разным направлениям лесохозяйственной и лесопромышленной деятельности» [1].

В системе лесоустройства основными составляющими, без которых невозможно лесное планирование и лесопользование, являются: план территории (границы лесничеств, квартальная сеть), категорирование земель по целевому назначению (заготовка ресурсов, рекреация, охрана природы), инвентаризация дорожной сети (транзитные пути общего пользования, лесовозные дороги, степень пригодности для вывозки древесины и лесохозяйственных нужд, наличие местных дорожно-строительных материалов, карта-схема), таксация насаждений, лесохозяйственные назначения по лесотаксационным выделам (способы главной рубки, рубки ухода, способы лесовосстановления), лесная ГИС, сводная информация о лесном фонде (реестр).

Регулярное проведение лесоустройства по лесничествам (с ревизионным периодом не более 10 лет) с точностью, диктуемой востребованностью лесов, и интегрированная система обработки полученных материалов (свод) вполне могут удовлетворить потребность общества в исходной информации о лесах и лесных ресурсах для целей лесного планирования (текущего и стратегического) и лесопользования на всех уровнях.

Стратегическое планирование лесопользования (при котором использование и управление лесными ресурсами рассматривается с точки зрения их разнообразия и устойчивости) ориентировано на создание сбалансированного плана лесопользования с учетом различных требований к лесам данной территории и определение базовых принципов управления лесами на период планирования.

«Но освоение и воспроизводство лесных ресурсов будет экономически эффективным и устойчивым, если заготовка древесины устойчиво рентабельна; деревообработка по стоимости сырья конкурентоспособна; доходность лесных ресурсов долговременно не

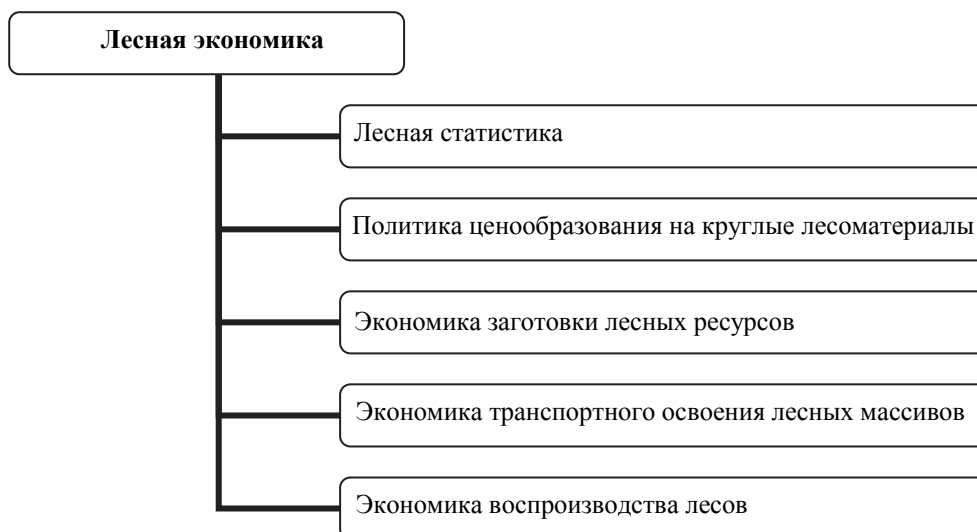


Рис. 3. Элементы лесной экономики

убывает; финансирование воспроизводства лесных ресурсов достаточно для поддержания постоянства и неистощительности пользования лесом» [4].

Гармонизация этих критериев – задача лесной экономики, решаемая с помощью системы экономических инструментов и механизмов.

Лесная экономика при этом должна опираться на системный подход, включающий:

- лесную статистику (объемы производства, цены на круглый лес и пиломатериалы, стоимость факторов производства);
- политику ценообразования на круглые лесоматериалы (связь товарной структуры насаждений и структуры потребления древесного сырья, балансы заготовки и продаж);
- экономику заготовки ресурсов (формирование лесной ренты, виды доступности лесных ресурсов (показатели, методика расчета) относительность понятий непрерывного, постоянного и неистощительного пользования лесом (зависимость от форм собственности и масштабов хозяйства));
- экономику транспортного освоения лесных массивов;
- экономику воспроизводства лесов (сравнительная эффективность альтернативных систем воспроизводства лесных ресурсов (критерии, методы, фактор времени), моделирование динамики лесов как метод лесного

планирования); эффективность промышленного освоения и воспроизводства лесов).

Важное место в системе лесопользования занимает и лесное планирование, именно оно ориентировано на будущее для создания альтернативных стратегических моделей лесопользования. В свою структуру лесное планирование должно включать предплановые (подготовительные) и плановые исследования.

Предплановые (подготовительные) исследования должны опираться на:

- анализ лесной статистики, моделирование рынка лесоматериалов, прогноз цен;
- анализ динамики лесов за предшествующий период (таксационные параметры насаждений по хозсекциям и категориям возраста);
- возможные сценарии развития транспортной инфраструктуры общего пользования;
- расчет стволовых рент в зависимости от древесной породы, диаметра и высоты ствола, качества ствола, удаленности насаждений от транзитных путей транспорта;
- сценарное моделирование динамики лесов;
- оптимизацию возраста рубки и размера пользования лесом;
- обоснование стратегии (систем) воспроизводства лесов.

Плановые исследования должны включать следующие направления:

- рациональное использование земель лесного фонда (заготовка ресурсов, туризм, рекреация, охрана природы);

- экономическая оценка лесных ресурсов (категорирование запасов древесины по разрядам доходности, средняя корневая стоимость обезличенного кубометра древесины);

- оценка доходности лесных ресурсов по сценариям развития региональной транспортно-инфраструктуры, выбор сценария;

- технологическая структура и сырьевая база региональных лесных кластеров (сырьевое обеспечение промышленности);

- освоение лесных участков (план развития сети лесовозных дорог, план рубок, план лесохозяйственных мероприятий);

- расчет рентного лесного дохода;

- финансирование транспортного освоения лесных территорий;

- финансирование воспроизводства, охраны и защиты лесов;

- определение ежегодной платы за лесные ресурсы (по арендуемым лесным участкам);

- лесной доход и лесной бюджет.

При этом выделяются 3 уровня лесного планирования: лесной участок, выделяемый для целей лесопользования; лесничество (муниципальное образование, район); регион (субъект РФ). Минимальной территориальной единицей является таксационный выдел (лесонасаждение). По этому принципу должно идти формирование платы за лесные ресурсы:

- региональный уровень – ствольные ренты;

- лесничество, участковое лесничество – экономическая оценка лесных ресурсов;

- участок – бюджет лесопользователя, арендная плата, компенсация затрат лесопользователя по строительству лесовозных дорог и воспроизводству лесов.

Лесоустройство, лесная экономика и лесное планирование дают ответы на вопрос: что и как делать? В то время как лесопользование отвечает на вопросы, кто и на какие средства, каков алгоритм действий, их последовательность, взаимосвязь? Его задача свести все знания о лесе воедино и

создать модель эффективного функционирования целостной системы лесопользования. При этом вариативность моделей лесопользования завязана на такие ключевые позиции, как формы собственности, субъекты лесных отношений, разделение полномочий, органы государственного управления лесами и их функции, совмещение управленческой и хозяйственной деятельности, лесная политика и лесное законодательство, виды, формы контроля.

Для повышения эффективности лесопользования необходимо учесть ряд особенностей.

1. Организация лесного хозяйства всецело зависит от развития лесной промышленности, от спроса на древесное сырье. При нормальном развитии спрос сбалансирован: сортиментная структура потребления адекватна товарной структуре древесных запасов, цены на худшее сырье выше или равны себестоимости заготовки обезличенного кубометра круглого леса. Заготовка всей востребованной древесины рентабельна, лесной доход (лесная рента) максимален. При этом решающее значение имеет внутреннее потребление (рынок).

2. Плата за лесные ресурсы должна быть адекватна их доходности.

3. Необходимо различать транспортную, экономическую и промышленную доступность лесных ресурсов. Транспортная доступность определяется транспортной инфраструктурой общего пользования. Экономическая доступность зависит от спроса на древесное сырье, качества лесных ресурсов и их удаленности от транзитных путей транспорта. Промышленная доступность зависит от размещения лесоперерабатывающей промышленности, технологической структуры лесных кластеров. Развитие транспортной инфраструктуры общего пользования повышает экономическую и промышленную доступность лесных ресурсов, является решающим фактором повышения эффективности лесного хозяйства и лесопользования в целом.

4. Транспортное освоение лесных массивов (компенсационное строительство лесовозных дорог)

возных дорог) и воспроизводство лесов, как правило, должны производиться за счет лесного дохода (лесной ренты).

5. Экономически целесообразно планомерно осваивать крупные лесные массивы по конкурсу, на котором должна в первую очередь выявляться способность претендентов рационально использовать древесное сырье, строить дороги и решать местные социальные проблемы.

6. Малый бизнес в лесу допустим при условии, когда государство (лесовладелец) строит лесовозные дороги и восстанавливает лес на вырубках, продавая насаждения в рубку на аукционах.

7. Плата за ресурсы должна определяться региональными органами управления лесами по выделению на основе анализа рынка круглого леса и отводимых в рубку ресурсов. Лесная рента должна максимально аккумулироваться в региональных бюджетах и рационально перераспределяться между лесопользователями.

Если промышленность в упадке, развивается слабо и хаотично, то и все попытки усовершенствовать лесопользование бесплодны.

Таким образом, для разработки долгосрочной стратегии рационального лесопользования необходим пересмотр концептуальных основ системы лесного хозяйства с выделением самостоятельных базовых составляющих: лесостроительство, лесная экономика, лесное планирование, лесопользование.

Библиографический список

1. Минпромторг России. «Стратегия развития лесного комплекса Российской Федерации на период до 2020 года» – М., 2008.
2. Марченко, Д. Экономика лесоводства как особая специальная дисциплина / Д. Марченко. – М.: Наука, 1916.
3. Орлов, М.М. Лесостроительство. Элементы лесного хозяйства. Т. I. / М.М. Орлов. – М.: Лесная промышленность, 2006.
4. Починков, С.В. Концепция сырьевого обеспечения развития российского ЛПК на период 2008–2020 гг. [<http://www.wood.ru/ru/loa688.html>]

О КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ ЭКСПОРТНОГО ПОТЕНЦИАЛА ВЫСШЕГО ЛЕСНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

shalaev@mgul.ac.ru

Достаточно очевидно, что в настоящее время образование является одним из основных факторов развития общества. Естественно при этом, что и рынок международного образования весьма динамично развивается. Его объем превышает 100 млрд долл. США, до 5 млн иностранцев ежегодно выезжают за рубеж с различными образовательными целями. Наибольший объем образовательных услуг (более 60 млрд долл. США) иностранным гражданам оказывается в рамках высшей школы. При этом основные доходы от обучения иностранных студентов получают США (20 млрд долл.), Великобритания (свыше 10 млрд долл.), Австралия, Франция, Германия. На долю этих пяти стран приходится и около 60 % мирового контингента иностранных студентов. Поэтому в США экспорт высшего

образования считается пятой по значимости отраслью экспортных услуг, в Австралии – четвертой экспортной отраслью [1, 2].

В 2006 г. в США обучалось 535 тыс. иностранных студентов, в Великобритании – 275 тыс., Германии – 255 тыс. [3]. К сожалению, Россия имеет довольно низкую долю иностранцев в составе очных отделений национальных высших и средних специальных учебных заведений. Даже учет иностранных граждан, обучающихся заочно, на вечерних отделениях, экстерном и т.д., существенно не изменяет почти аутсайдерского положения России на международном рынке образовательных услуг. При этом доля Российской Федерации на международном рынке образования имеет тенденцию к снижению. Хотя 18 октября 2002 г. Президентом Российской

Федерации В.В. Путиным одобрена «Концепция государственной политики Российской Федерации в области подготовки национальных кадров для зарубежных стран в российских образовательных учреждениях», которая определяет цель, задачу и направления решения проблем конкурентоспособности экспортного потенциала, в том числе и высшего образования: «Подготовка национальных кадров для зарубежных стран в российских образовательных учреждениях должна стать важной составной частью внешнеэкономической деятельности Российской Федерации с приоритетным курсом на углубление интеграции в СНГ».

Основной целью государственной политики в сфере подготовки национальных кадров для зарубежных стран и, прежде всего, для государств-участников СНГ является реализация геополитических и социально-экономических интересов Российской Федерации, полноправное и полноценное участие в глобальном процессе развития образования, обеспечение высокого качества подготовки и конкурентоспособности выпускников российских образовательных учреждений на мировом рынке образования и труда.

Стратегической задачей государственной политики в области подготовки иностранных специалистов в российских образовательных учреждениях является эффективное использование имеющихся и создание новых возможностей для подготовки в рамках российской системы образования высокопрофессиональных национальных кадров для зарубежных стран с учетом приоритетов, потребностей и запросов как для России, так и для иностранных партнеров.

В качестве приоритетных определены **следующие направления** государственной политики в области подготовки национальных кадров для зарубежных стран в российских образовательных учреждениях:

– подготовка интеллектуальной элиты зарубежных государств в целях обеспечения долгосрочных политических и экономических интересов России в регионах мира. Использование кадрового потенциала зару-

бежных специалистов-выпускников российских вузов для создания долгосрочных благоприятных условий развития политического, торгово-экономического и научно-технического сотрудничества России с зарубежными странами;

– усиление роли России как престижного образовательного центра в Содружестве независимых государств;

– обеспечение для граждан государств-членов Евразийского экономического сообщества (ЕЭС) доступности получения образования, создание на этой основе условий для формирования общего рынка труда ЕЭС;

– расширение доступа соотечественников к получению образования в российских учебных заведениях;

– расширение изучения русского языка и культуры России в зарубежных странах;

– предоставление зарубежным странам государственных стипендий для подготовки специалистов и повышения квалификации научно-педагогических работников в вузах Российской Федерации;

– содействие расширению экспорта услуг образовательных учреждений для привлечения дополнительных финансовых и материальных средств на развитие отечественной системы образования;

– взаимодействие российских министерств и ведомств, предприятий и организаций с целью подготовки и переподготовки кадров для создаваемых за рубежом с участием Российской Федерации объектов внешнеэкономического сотрудничества, и в частности учебных заведений;

– развитие системы признания документов об образовании Российской Федерации в зарубежных странах на двусторонней и многосторонней основе, сети российских служб экспертизы документов об образовании для их нострификации и легализации;

– кадровое обеспечение экспорта российских образовательных услуг, создание системы подготовки, переподготовки и повышения квалификации сотрудников международных образовательных учреждений;

– исследование влияния процессов глобализации на образование в мире, изуче-

ние концептуальных и организационных основ Болонского процесса с целью подключения к нему российской системы образования с учетом геополитических и социально-экономических интересов России;

- адаптация российских образовательных учреждений к работе на мировом рынке образовательных услуг путем изучения и экспериментального внедрения систем образовательных кредитов, участия в международной аккредитации образовательных программ;

- информационная, научно-методическая и организационная поддержка создания образовательных программ подготовки, переподготовки, повышения квалификации иностранных граждан в российских учебных заведениях и научных центрах с учетом спроса на зарубежных рынках образования и труда;

- учебно-методическое сопровождение изучения и преподавания русского языка в российских и зарубежных учебных заведениях;

- поддержка функционирования русского языка в государствах-участниках СНГ;

- проведение анализа основных тенденций развития мирового рынка образовательных услуг и содействие расширению в нем сектора российского образования на основе маркетинговых исследований;

- развитие и совершенствование государственного учета и контроля качества подготовки иностранных специалистов в российских образовательных учреждениях;

- обеспечение повышения уровня и качества работы образовательных учреждений с иностранными учащимися путем поддержки и распространения опыта учебных заведений, наиболее эффективно действующих в этом направлении (определение и опубликование рейтингов, ведение реестров и т. п.);

- содействие функционированию за рубежом филиалов, структурных подразделений российских образовательных учреждений, совместных учебных заведений, осуществляющих обучение по российским образовательным программам с выдачей российских документов об образовании и консорциумов университетов, например, Сетевой открытый университет СНГ;

- нормативно-правовая и организационная поддержка программ открытого образования российских университетов для иностранных граждан;

- создание условий, способствующих эффективному использованию передовых образовательных технологий и опыта для экспорта российских образовательных услуг;

- развитие и совершенствование предвузовской подготовки иностранных учащихся на русском языке;

- формирование системы информационно-консультационных центров по образовательным услугам российских вузов в зарубежных странах, специализирующихся на пропаганде достижений российской системы образования;

- проведение международных образовательных выставок-ярмарок, олимпиад по русскому языку и по другим предметам для студентов и школьников зарубежных стран, и, прежде всего, государств-участников СНГ;

- совершенствование и развитие нормативной правовой базы, регулирующей вопросы приема, обучения и выпуска иностранных граждан, а также процедуры их въезда, выезда и пребывания на территории Российской Федерации, а также вопросов трудоустройства и стажировок на время их обучения в российских вузах;

- создание благоприятных социальных, экономических, бытовых условий для иностранных граждан в период их обучения в России;

- обеспечение безопасности иностранных учащихся на территории Российской Федерации, охраны их здоровья, содействие социальному партнерству российских граждан и иностранных учащихся;

- активизация взаимодействия правоохранительных органов Российской Федерации и зарубежных государств в области подготовки специалистов, способных эффективно противостоять терроризму, транснациональной преступности и другим угрозам XXI века;

- обеспечение мер по предотвращению ущерба национальной безопасности России при предоставлении образовательных услуг гражданам зарубежных стран...».

Вышеприведенные положения в конечном итоге применимы и при решении проблем усиления, развития экспортного потенциала высшего лесного образования.

В настоящее время в нашей стране в рамках Учебно-методического объединения (УМО) по образованию в области лесного дела бакалавров, специалистов и магистров, кандидатов и докторов наук готовят 60 высших учебных заведений. Среди них такие известнейшие в России и за рубежом вузы, как Московский государственный университет леса (МГУЛ), Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет (СПЛТУ), Сибирский государственный технологический университет (СибГТУ), Воронежская государственная лесотехническая академия (ВГЛТА), Марийский государственный технический университет (МарГТУ), Уральский государственный лесотехнический университет (УГЛТУ), Северный (Арктический) федеральный университет (ранее – Архангельский государственный технический университет).

В первую очередь в этих вузах готовятся кадры высшего профессионального образования по специальностям и направлениям, охватывающим практически весь спектр потребностей лесного комплекса. По состоянию на 01.04.2008 г. общее количество студентов, обучающихся по лесным специальностям, составляло около 30,4 тыс. человек, в том числе 16,8 тыс. по очной форме обучения, 13 тыс. по заочной форме обучения, 380 студентов по очно-заочной форме обучения. Ежегодный прием в вузы по лесным направлениям (специальностям) высшего профессионального образования достигает 7 тыс. человек [4].

Россия, интегрируясь в международное образовательное пространство, участвует в реализации положений Болонской декларации о создании единого образовательного пространства Европы, наращивает экспорт образовательных услуг.

Однако наши вузы, ведущие высшие учебные заведения лесного профиля, еще недостаточно результативно участвуют в этих процессах, имея существенные резервы в увеличении экспортного потенциала лесного

высшего образования. Впрочем, последнее относится и вообще к российскому образованию: суммарные доходы от экспорта всех видов российских образовательных услуг в 2007/2008 академическом году, включая платные курсы русского языка для иностранцев в России и за рубежом, обучение и проживание в России иностранных школьников и т.д. составили 1,1 млрд долл. США.

На долю России приходится примерно 1 % ежегодных доходов на мировом рынке образовательных услуг [2], численность учащихся в высших учебных заведениях составляет 1,65 % от общей их численности [5], что заметно меньше нашей доли в населении или в экономике мира. При этом, например, среди 10 вузов лесного профиля с более чем 100 тысячами студентов, обучается около одного процента иностранных граждан.

А в соответствии с Концепцией долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации, разработанной Минэкономразвития России (Москва, август 2008г.), доля иностранных студентов, обучающихся в России, к 2020г. должна быть не менее 5 % от общего числа студентов.

Это весьма непростая задача. До распада Советского Союза в вузах РСФСР на дневных отделениях обучалось 7,7 % мирового контингента иностранных студентов. Получить российский диплом о высшем образовании считалось престижным. По прошествии почти 20 лет доля иностранных студентов, обучающихся в России по очной форме, сократилась до 3 %, т.е. более чем в два с половиной раза [6-8]. Речь идет прежде всего о качестве и престижности российского образования и международном признании российских дипломов не только на уровне национальных министерств образования, но и на уровне работодателей. Очевидна необходимость объединения и координации усилий, выработка единой стратегии и тактики усиления конкурентоспособности, увеличения объемов и форм экспорта образовательных услуг.

И если в настоящее время наблюдается определенное увеличение количества иностранных студентов в России (их число уже превысило 108 тыс. чел. на очной фор-

ме обучения и около 67 тыс. чел. на заочной форме), то темпы прироста в последние годы несколько отстают от темпов увеличения мирового контингента иностранных студентов, особенно для основной, очной формы обучения. Это в конечном итоге усиливает проблемы увеличения экспортного потенциала высшего образования лесного профиля. В таблице приведены показатели, характеризующие экспортный потенциал 10 вузов, работающих в области лесного дела [6–8].

Необходимо отметить прежде всего очную форму обучения: здесь лишь в четырех вузах число обучавшихся иностранных граждан превышает 100 человек, и этот показатель достаточно значим. В 6 из 10 выбранных вузов этот показатель не превышает 10–20 человек, т.е. обучение иностранных граждан в этих вузах носит характер скорее исключения. Говорить в этом случае о целенаправленной системной работе по развитию сферы образовательных услуг не приходится.

Заочная форма обучения. Необходимо отметить, что в последние годы в нашей стране опережающими темпами увеличивается количество обучающихся по программам высшего образования (по заочной форме) иностранных граждан (в том числе вечернее и дистанционное обучение, а также экстернат). Здесь весьма показателен пример Брянской государственной инженерно-технологической академии, которая, при весьма незначительном числе студентов-иностранцев очной формы обучения, за несколько последних лет довела численность заочно обучающихся студентов – иностранных граждан – до 518 человек. Аналогичные показатели для других вузов, кроме Московского государственного университета леса с показателем в 69 человек, вряд ли могут служить ориентиром. Хотя по некоторым оценкам это направление ухудшает структуру контингента обучающихся иностранных студентов.

В 2003 г. Россия присоединилась к Болонской декларации. Главная идея документа – создание единого образовательного пространства Европы. В этом случае, не теряя лучших традиций и достижений российского высшего профессионального образования, следует интенсифицировать реализацию

поставленных Болонской декларацией целей. А в интенсивности решения основных целей декларации лежит успех рассматриваемой задачи: усиления привлекательности, конкурентоспособности экспортного потенциала высшего образования в целом и, в частности, высшего лесного образования. Среди них.

Введение двухступенчатого обучения, т.е. введение бакалавриата и магистратуры, наряду с подготовкой специалистов.

Введение кредитной системы, когда обучение студентов ведется не в рамках заранее спланированного курса, а по гибкой программе, составленной учащимся, обеспечивает ему существенно большую свободу выбора и академической мобильности. Набрав определенное количество «кредитов», можно сдать зачет или, например, перейти на другой факультет, продолжить обучение в более сильном по выбранному направлению вузе.

Контроль качества образования, обеспечиваемый через независимые от правительств и международных организаций соответствующие аккредитационные агентства, когда оценка будет основываться не на длительности или содержании обучения, а на тех знаниях, умениях и навыках, которые приобрели выпускники.

Развитие мобильности не только учащихся, но и преподавательского и иного персонала для взаимного обогащения европейским опытом и повышения качества образования;

Обеспечение трудоустройства выпускников. Ориентация высших учебных заведений на конечный результат, когда знания выпускников могут и должны быть применимы и практически использованы в любой стране Европы, да и не только. Для обеспечения признания квалификаций планируется повсеместное использование Приложения к диплому, рекомендованное ЮНЕСКО.

Усиление интеграции науки и образования, которая в конечном итоге определяет новаторский, инновационный уровень, а соответственно уровень престижности и привлекательности вуза.

Возможности обучения в течение всей жизни, т.е. опять же количественный и

Количественные показатели, характеризующие экспортный потенциал лесных вузов

Наименование вуза	Общее число иностранных учащихся по годам			
	в 2005/2006 академическом году, человек	в 2007/2008 академическом году, человек	в 2009/2010 академическом году, человек	
			очная форма обучения	очно-заочная форма обучения
Северный (Арктический) федеральный университет (ранее – АГТУ)	72	81	121	1
Братский государственный университет	5	10	1	6
Брянская государственная инженерно-технологическая академия	421	632	11	518
Воронежская государственная лесотехническая академия	77	96	250	1
Марийский государственный технический университет	5	3	1	4
Московский государственный университет леса	122	245	196	69
Санкт-Петербургская государственная лесотехническая академия(в наст. время – университет)	105	99	156	47
Санкт-Петербургский государственный технологический университет растительных полимеров	нет данных	20	18	6
Сибирский государственный технологический университет	8	11	12	1
Уральский государственный лесотехнический университет	22	19	14	1

Примечание: Показатели таблицы взяты из отчетных данных вузов

качественный спектр предлагаемых вузом и аккредитованных независимыми агентствами программ дополнительного профессионального образования.

Кстати, практически все вышеприведенные цели получили подтверждение и развитие на встрече министров образования государств-членов Группы восьми в Москве, 1–2 июня 2006 г. и в опубликованной по итогам их работы Московской декларации [9].

В настоящее время основной формой экспортной образовательной деятельности российских вузов является обучение иностранных граждан на своей территории, так как эта форма наиболее развита, достаточно привлекательна с финансовой точки зрения, имеет определенное нормативно-правовое обеспечение и богатый опыт предыдущих десятилетий. Все это позволяет отметить перечень основных характеристик этой образовательной услуги, которые следует развивать,

совершенствовать в опережающем режиме. Среди них:

- качество и содержание образовательного процесса;
- вступительные требования;
- имидж вуза;
- качество и ассортимент дополнительных услуг;
- уровень и качество административного обслуживания;
- безопасность (что особенно актуально в последнее время);
- наличие соотечественников;
- цена образовательной и сопутствующих услуг;
- стоимость и уровень комфортности проживания;
- возможности компенсации затрат;
- возможность трудоустройства после окончания обучения;
- простота получения визы;

- количественные ограничения самого вуза;
- «языковой» уровень подготовленности преподавательского корпуса;
- параметры внешней макро среды и некоторые другие.

Все они в той или иной мере в тактическом и стратегическом плане определяют уровень экспорта образовательных услуг и, в том числе, для вузов лесного профиля.

Весьма показательны в этом случае пожелания иностранных студентов, высказанные в ходе социологического исследования в 2005 г. [1], которые характерны и для лесных вузов. Их также возможно рассматривать в качестве направлений деятельности вузов при развитии экспортного потенциала. При этом указывается на необходимость:

- улучшить условия проживания в общежитиях, строить новые общежития (27,0 %);
- обеспечить безопасность жизни и учебы иностранных студентов (13,4 %);
- уменьшить бюрократию (5,3 %);
- давать больше практики, улучшить практические занятия (4,7 %);
- улучшить обучение русскому языку (4,3 %);
- повысить профессиональный уровень преподавателей (3,9 %);
- улучшить содержание образования, сделать его более современным, в соответствии с научно-техническим прогрессом, вовлечь иностранных студентов в научную работу (3,9 %);
- улучшить обеспечение новыми современными учебниками, учебными материалами (3,8 %);
- помогать в проведении досуга (3,8 %);
- использовать в учебном процессе больше компьютеров (2,6 %);
- упростить получение виз, давать многократные визы, облегчить регистрацию иностранных студентов (2,1 %);
- улучшить работу иностранных деканатов, делать более удобным для студентов учебное расписание (1,9 %);
- давать возможность иностранным студентам работать (подрабатывать) во время учебы (1,9 %);

- создавать условия для занятий спортом, организовывать спортивные мероприятия (1,9 %);
- использовать в обучении английский язык (1,8 %);
- снизить стоимость оплаты за проживание в общежитии (1,8 %);
- снизить оплату за обучение, в том числе ввести бесплатные курсы русского языка (1,7 %).

Среди других пожеланий: больше интересоваться жизнью иностранных студентов, больше давать информации об иностранцах в России, лучше финансировать вузы, увеличить количество бюджетных мест в общежитиях для иностранцев, создавать учебные группы из студентов примерно с одним уровнем знаний, добиться широкого международного признания российских дипломов.

Библиографический список

1. Арефьев, А.Л. Российские вузы на международном рынке образовательных услуг / А.Л. Арефьев. – М.: Центр социального прогнозирования, 2007. – 700 с.
2. Арефьев, А.Л. Тенденции экспорта российского образования / А.Л. Арефьев. – М.: Центр социального прогнозирования и маркетинга, 2010. – 240 с.
3. Global Education Direct. Comparing Education Statistics across the World 2006. Институт статистики ЮНЕСКО, Париж. URL: <http://www.uis.unesco.org/TEMPLATE/pdf/ged/2006/GED2006.pdf>
4. Обливин, А.Н. Подготовка кадров для лесного комплекса России и перспективы развития лесного образования / А.Н. Обливин, В.Г. Санаев // Известия Международной академии наук высшей школы. – 2009. – № 1(47). – С. 9–15.
5. Образование в Российской Федерации: 2010: стат. сб. – М.: Государственный университет – Высшая школа экономики, 2010. – 492 с.
6. Экспорт образовательных услуг: Статистический сборник / Министерство образования и науки Российской Федерации. – М.: ЦСП, 2007. – 256 с.
7. Экспорт российских образовательных услуг: Статистический сборник. Выпуск 2 / Министерство образования и науки Российской Федерации. – М.: ЦСПиМ, 2009. – 356 с.
8. Экспорт российских образовательных услуг: Статистический сборник. Выпуск 3 / Министерство образования и науки Российской Федерации. – М.: ЦСПиМ, 2011. – 357 с.
9. Встреча министров образования государств-членов Группы восьми, Москва, 1-2 июня 2006 г. Московская Декларация, <http://www.mon.gov.ru>

Моисеев Н.А. О СОСТОЯНИИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЛЕСОВ И НЕОБХОДИМОСТИ УЛУЧШЕНИЯ УПРАВЛЕНИЯ ЛЕСАМИ.

В статье рассмотрена постановка лесных дел в стране, включая лесное законодательство, лесное хозяйство, лесную промышленность, структуру управления лесами, экспорт-импорт лесопромышленности и инвестиционные проекты.

Ключевые слова: лесное законодательство, лесное хозяйство, лесной сектор экономики, структура лесопромышленности.

Moiseyev N.A. ABOUT A CONDITION OF USE OF WOODS AND NECESSITY OF IMPROVEMENT OF MANAGEMENT OF WOODS.

In article statement of wood affairs in the country, including the wood legislation, a forestry, the wood industry, structure of management by woods, export – import wood production, and investment projects is considered.

Key words: wood legislation, forestry, wood sector of economy, structure management by woods.

Бурков В.Д., Крапивин В.Ф., Шалаев В.С., Шутко А.М., Солдатов В.Ю. ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ГИБКИХ ИНФОРМАЦИОННО-МОДЕЛИРУЮЩИХ СИСТЕМ К АНАЛИЗУ ДИНАМИКИ ЛЕСНЫХ И УРБОЭКОСИСТЕМ В УСЛОВИЯХ АНТРОПОГЕННОГО СЦЕНАРИЯ ВОЗДЕЙСТВИЯ.

Обсуждается проблема расширения функций географических информационных систем (ГИС) для придания им прогнозирующих возможностей при диагнозе состояния лесных и урбоэкосистем. Охарактеризована схема синтеза новой информационной технологии по формуле ГИС+Модель=ГИМС. Анализируется спектр возможных преимуществ новой технологии, и указываются задачи, которые могут быть решены с ее помощью. Описываются технические системы дистанционного мониторинга, ориентированные на применение ГИМС-технологии при решении задач оперативной диагностики лесных экосистем. Описана структура ГИМС с функциями идентификации водных объектов на территории города. Указаны преимущества ГИМС-технологии при организации мониторинга геосистем в условиях антропогенного воздействия.

Ключевые слова: экосистема, сценарий, прогноз, инструментальные средства, диагноз, лес, город, идентификация.

Burkov V.D., Krapivin V.F., Shalaev V.S., Shutko A.M., Soldatov V.Yu. AN APPLICATION OF TECHNOLOGY OF FLEXIBLE INFORMATION-MODELING SYSTEMS TO THE DYNAMICS ANALYSIS OF FOREST AND CITY ECOSYSTEMS IN THE CONDITIONS OF ANTHROPOGENIC SCENARIO IMPACTS.

The expansion problem of the GIS functions to increase its forecasting possibilities is discussed with reference to the diagnosis of forest and city ecosystems. The synthesis scheme for a new informational technology by the formula GIS+Model=GIMS is proposed. The spectrum of possibility advantages of a new technology is analyzed and the tasks that can be solved with it are shown. Technical systems of remote monitoring oriented on the GIMS-technology use are described to be used for the solution of tasks of operative diagnostics of the forest ecosystems. GIMS structure having the functions of water object identification in the city conditions. Advantages of the GIMS-technology are shown to be used in the geosystem monitoring under the anthropogenic impact conditions.

Key words: ecosystem, scenario, prognosis, instrumental means, diagnosis, forest, city, identification.

Бурков В.Д., Крапивин В.Ф. ДИАГНОСТИКА СИСТЕМЫ «ОКЕАН-АТМОСФЕРА» С ПОМОЩЬЮ ПЕРКОЛЯЦИОННОЙ МОДЕЛИ.

Переходные процессы между различными состояниями системы «океан-атмосфера» изучаются с помощью кластерного анализа и перколяционной модели. В качестве обобщенной характеристики состояния системы предлагается индикатор нестабильности, расчет которого осуществляется по оценкам 11 параметров системы, полученных на основе данных дистанционного мониторинга. Показано, что перколяционная модель позволяет обнаружить момент зарождения тропического урагана в океане за 1–2 суток до его регистрации существующими системами наблюдения.

Ключевые слова: «океан-атмосфера», перколяционная модель, кластерный анализ.

Burkov V.D., Krapivin V.F. DIAGNOSTICS OF THE «OCEAN-ATMOSPHERE» SYSTEM USING A PERCOLATION MODEL.

Transition processes between different conditions of the «ocean-atmosphere» system are studied using cluster analysis and percolation model. The system instability indicator is proposed as generalized characteristic of the system.

Evaluation of this indicator is realized by means of 11 system parameters measured on the basis of remote monitoring. It is shown that percolation model gives possibility to detect the moment of tropical hurricane initiation 1-2 days before the moment of its revealing by existing observing systems.

Key words: «ocean-atmosphere», percolation model, cluster analysis.

Беднова О.В. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ФУНКЦИИ ЖЕЛАТЕЛЬНОСТИ ХАРРИНГТОНА ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОЙ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМ В УСЛОВИЯХ УРБАНИЗИРОВАННОЙ ТЕРРИТОРИИ.

Продемонстрированы возможности оптимизации многокритериальной оценки состояния лесных экосистем на урбанизованных территориях на основе применения функции желательности Харрингтона. В качестве интегральных экологических индикаторов использованы индекс состояния древостоя, индекс структурного разнообразия лесного биогеоценоза, уровень акустического загрязнения.

Ключевые слова: урбанизованные территории, мониторинг лесных экосистем, интегральные экологические индикаторы, многокритериальная оценка, функция желательности.

Bednova O.V. APPLICATION OF HARRINGTON'S DESIRABILITY FUNCTION FOR OPTIMIZATION OF MULTICRITERION ASSESSMENT OF THE FOREST ECOSYSTEMS IN THE URBANIZED AREA.

The possibilities for optimization of multicriterion assessment of the forest ecosystems in the urbanized areas by means the desirability function of Harrington are demonstrated. The index of the stand, the index of structural diversity in the forest ecosystem, the level of acoustic pollution is used as the environmental indicators.

Key words: urbanized areas, monitoring of the forest ecosystems, integral ecological indicators, multicriterion assessment, Harrington's desirability function.

Бурков В.Д., Черемисин М.В., Шалаев В.С. ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ДИСТАНЦИОННОГО МОНИТОРИНГА В ОПТИЧЕСКОМ И СВЧ ДИАПАЗОНАХ НА ЭТАПАХ МОДЕЛИРОВАНИЯ ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМ.

Рассмотрены возможности спутниковых систем дистанционного зондирования Земли для моделирования лесных экосистем. Проведен анализ подходов оптического и СВЧ спутникового мониторинга, изложены основные принципы и практика реализаций. Подробнее описан проект исследования растительности спектрометрией MODIS. Представлены общие теоретические подходы оценки биофизических параметров LAI/FPAR растительности. Приведен пример краткого статистического анализа снимка готовых научных данных участка леса Приокско-террасного заповедника.

Ключевые слова: оптический мониторинг, моделирование лесных экосистем, биофизические параметры растительности, СВЧ мониторинг.

Burkov V.D., Cheremisin M.V., Shalaev V.S. APPLICATION OF REMOTE SENSING METHODS IN THE OPTICAL AND MICROWAVE RANGE ON MODELING STAGE OF FOREST ECOSYSTEMS.

The possibilities of satellite remote sensing for simulation tool in forest ecosystems are considered. The analysis of approaches the optical and microwave satellite monitoring, the main principles and practice implementations are carried. The project of research vegetation by spectroradiometer MODIS are described in more detail. Overview of theoretical approaches to estimate biophysical parameters LAI / FPAR of vegetation are provides. The example of a brief statistical analysis of image scientific data to the section Prioksko-terraced forest reserve are performed.

Key words: optical monitoring, modeling of forest ecosystems, biophysical parameters of vegetation, Microwave monitoring.

Герасимова О.В., Кузнецов В.А. КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА ВОЗДЕЙСТВИЯ НА УРБЭКОСИСТЕМЫ ПРИ ГРАДОСТРОИТЕЛЬНОМ ЗОНИРОВАНИИ И РАЗРАБОТКЕ ПЛАНОВ РЕАБИЛИТАЦИИ ИХ ОТДЕЛЬНЫХ УЧАСТКОВ.

Разработан алгоритм для комплексного учета различных факторов влияния города на состояние окружающей среды. Проведена апробация разработанного метода на примере комплексной оценки состояния окружающей среды производственной зоны «Очаково». Приводятся предложения по улучшению качества среды на территориях с нормируемыми показателями качества среды, граничащих с производственной зоной «Очаково».

Ключевые слова: состояние окружающей среды, комплексная оценка, загрязнение воздушного бассейна, уровень шума, загрязнение почвенного покрова.

Gerasimova O.V., Kuznetsov V.A. THE COMPLEX ASSESMENT FOR VARIOUS FACTORS OF INFLUENCE ON A STATE OF ENVIRONMENT IN THE CITY. AT CARRYING OUT OF TERRITORIAL TOWN-PLANNING AND WORKING OUT OF PLANS OF REHABILITATION OF SITES WITH THE MOST BAD STATE OF ENVIRONMENT.

It is developed algorithm for the complex assesment for various factors of influence on a state of environment in the city. Approbation of the developed method was done for industrial zone of «Ochakovo». Proposals on improvement of a state of environment in territories subject to influence of an industrial zone of Ochakovo are made

Key words: environmental conditions, integrated assessment, air pollution, noise level, soil pollution.

Давыдов В.Ф., Батырев Ю.П. РОБАСТНЫЕ ОЦЕНКИ ХАРАКТЕРИСТИК ДРЕВОСТОЕВ ПО ИЗОБРАЖЕНИЯМ ВИДИМОГО ДИАПАЗОНА.

Описаны методы дистанционного определения запаса древостоев. Рассмотрены независимые параметры изображения видимого диапазона, определяющие запас. Приведены алгоритмы определения таксационных характеристик методами дистанционного зондирования.

Ключевые слова: запас древостоев, древесный полог, таксационные характеристики, дистанционное зондирование.

Davydov V.F., Batyrev Y.P. ROBUST ESTIMATIONS OF CHARACTERISTICS OF FOREST STANDS UNDER IMAGES OF THE VISIBLE RANGE.

Methods of remote definition of a stock of forest stands are described. Independent parameters of the image of the visible range determining of a stock of forest stands are considered. Algorithms of definition taxation characteristics are resulted by methods of remote sondage.

Key words: stock of forest stands, wood canopy, taxation characteristics, remote sondage.

Каракчиева И.В. ИНФОРМАЦИОННО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЛЕСОПОЛЬЗОВАНИЯ КАК ЭФФЕКТИВНЫЙ МЕХАНИЗМ ЭКОНОМИЧЕСКОГО ОБОСНОВАНИЯ ПРОЕКТА ОСВОЕНИЯ ЛЕСНОГО УЧАСТКА.

В статье рассматривается сущность информационно-экономического моделирования лесопользования как составной части экономического обоснования проекта освоения лесного участка, нацеленного на создание и внедрение инновационных механизмов модернизации лесной экономики.

Базовым элементом предлагаемого автором экономического механизма является лесная рента. В отличие от традиционного подхода при определении ренты предлагается расчет рентной стоимости (доходности) древесных запасов вести по таксационным выделам с категорированием древесных запасов (выделов) по разрядам доходности.

Статья содержит материал по апробации предложенного механизма экономического обоснования проекта освоения лесного участка, где исследуемый лесной участок оценивался через показатель доходности насаждений, на основе рентной оценки древесных ресурсов, их товарной структуры, транспортной инфраструктуры, а также заданных размеров пользования по хозсекциям (хозяйствам) для сплошных и выборочных рубок.

Ключевые слова: информационно-экономическое моделирование лесопользования, проект освоения лесного участка, лесная рента, разряды доходности, сплошные и выборочные рубки

Karakchieva I.V. INFORMATIONAL AND ECONOMIC FOREST USE SIMULATION AS AN EFFECTIVE MECHANISM FOR ECONOMIC FEASIBILITY OF FOREST SITE DEVELOPMENT PROJECT.

The article describes the essence of informational and economic forest use simulation as a component of economic feasibility of forest site development project aimed at the creation and the implementation of innovational mechanisms of the forest economics modernization.

The basic element of the mechanism suggested by the author is a forest rent. Unlike the traditional approach while defining the rent it is suggested to conduct the calculation of the rent cost (profitability) of wood stock using stratums with rating the wood stock (stratums) by profitability rank.

The article contains the material on the approbation of the suggested mechanism of economic feasibility for the forest site development project where the survey forest plot has been estimated through the stand profitability indicator on the basis of rent estimation of wood resources, their commodity pattern, transport infrastructure as well as stipulated proportions of use by working sections (working groups) for final fellings and selection cuttings.

Key words: Informational and economic forest use simulation, forest site development project, forest rent, profitability rank, final fellings and selection cuttings.

Лихачев А.А. РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ВЫДЕЛЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ЯДРА ЛЕСНОГО МАССИВА ПОСРЕДСТВОМ ЦИФРОВЫХ КАРТОГРАФИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ.

В работе на основании индексов структурного разнообразия и состояния лесного древостоя разрабатывается методический подход к выделению экологического ядра природной территории локального масштаба посредством ГИС.

Ключевые слова: ООПТ, лесные экосистемы, экологическое зонирование.

Likhachev A.A. DEVELOPMENT METHOD OF ALLOCATION ENVIRONMENT NUCLEAR OF FOREST AREA THROUGH DIGITAL MAP MODELS.

In the research, based on indices of structural diversity and condition of forests developed methodical approach to the selection of natural areas environment nuclear on a local scale through GIS.

Key words: protected areas, forest ecosystems, ecological zoning.

Лебедев С.В., Чумаченко С.И. ПОДЕРЕВНАЯ МОДЕЛЬ ДИНАМИКИ МНОГОВИДОВОГО РАЗНОВОЗРАСТНОГО НАСАЖДЕНИЯ (PIXTA).

В статье дано описание алгоритмов распределения энергии и роста, позволяющих рассчитывать асимметричную динамику развития кроны дерева в зависимости от окружающих условий произрастания, а также позволяющих модели имитировать развитие как отдельно стоящего дерева (свободный рост), так и дерева, растущего в насаждении. Рассказано про способы представления моделируемых объектов в модели.

Ключевые слова: модель, асимметричные кроны, динамика развития насаждения.

Lebedev S.V., Chumachenko S.I. THE MODEL OF DYNAMICS BASED ON A TREES A MULTISPECIES AND MULTIAGE PLANTING (PIXTA).

In article the description of algorithms of allocation of energy and the growth is given, allowing to calculate asymmetric dynamics of development of a crone of a tree depending on environmental conditions of growth, and also allowing model to imitate development as separate tree (free growth), and a tree growing in planting. It is told about methods of representation of modeled objects in model.

Key words: tree model, dynamics, asymmetric crones, multispecies multiage planting.

Галкин Ю.С., Шалаев В.С., Батырев Ю.П., Потапов В.Н., Эсеналиев Ч.Д. МЕТОД ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ С ГИПЕРСПЕКТРОМЕТРОВ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОРОДЫ РАСТИТЕЛЬНОСТИ ПРИ ДИСТАНЦИОННОМ МОНИТОРИНГЕ.

В статье рассмотрен новый метод дешифрирования космических снимков и дано подробное описание алгоритма работы этого метода. Приведен пример выделения типов растительности с использованием нового метода.

Ключевые слова: гиперспектральный, дешифрирование космических снимков, алгоритм

Galkin Y.S., Shalaev V.S., Batyrev J.P., Potapov V.N., Esenaliev Ch.D. METHOD OF PROCESSING OF THE INFORMATION FROM HYPERSPECTROMETERS FOR DEFINITION OF BREED OF VEGETATION AT REMOTE MONITORING.

In article the new method decoding space images is considered and the detailed description of algorithm of work of this method is given. The example of allocation of types of vegetation with use of a new method is resulted.

Key words: hyperspectral, decoding of space images, algorithm.

Галкин Ю.С., Шалаев В.С., Батырев Ю.П., Потапов В.Н., Эсеналиев Ч.Д. МЕТОД АМПЛИТУДНОЙ СЕЛЕКЦИИ СПЕКТРАЛЬНЫХ МАКСИМУМОВ ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ ПОРОДНОГО СОСТАВА ЛЕСОВ.

Статья посвящена методу по выявлению породного состава леса со спутниковых мультиспектральных снимков высокого разрешения на основе амплитудной разности отражательной способности растительности.

Ключевые слова: породный состав леса, вегетационные индексы.

Galkin Y.S., Shalaev V.S., Batyrev Y.P., Potapov V.N., Esenaliev Ch.D. THE METHOD OF AMPLITUDE SELECTION OF THE SPECTRAL MAXIMUM FOR IDENTIFYING OF THE FORESTS TREE SPECIES COMPOSITION.

This paper is devoted to method for identifying the forests tree species composition using multispectral high resolution satellite images. The methodology is based on the amplitude difference between the reflectivity of the vegetation.

Key words: forest tree species composition, vegetation indices.

Федотов Г.Н., Батырев Ю.П. ПОПЫТКА ПРИМЕНЕНИЯ СИСТЕМНОГО ПОДХОДА К ОБЪЯСНЕНИЮ ОБРАЗОВАНИЯ ГУМУСОВЫХ ВЕЩЕСТВ В ПОЧВАХ И ВОЗНИКНОВЕНИЮ В ПОЧВЕННЫХ ГОРИЗОНТАХ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ ГЕЛЕЙ.

Предпринята попытка объяснения образования гумусовых веществ в почвах и возникновению в почвенных горизонтах различных видов гелей. Определено существование наноструктурной организации почвенных гелей выделенных из различных горизонтов зональных почв.

Ключевые слова: наноструктурная организация, гумусовое вещество, почвенные гели, микрофазное расслоение.

Fedotov G.N., Batyrev Y.P. ATTEMPT OF APPLICATION OF SYSTEMS APPROACH TO THE EXPLANATION OF FORMATION OF HUMUS SUBSTANCES IN SOILS AND TO ORIGINATING IN SOIL HORIZONS OF VARIOUS KINDS OF GELS.

Attempt of an explanation of formation of humus substances in soils and to originating in soil horizons of various kinds of gels is undertaken. Existence nanostructured organizations of soil gels of the zonal soils secreted from various horizons is certain

Key words: nanostructured organization, humus substance, soil gels, microphase stratification

Федотов Г.Н., Шалаев В.С. МЕХАНИЗМ ВОЗНИКНОВЕНИЯ НАНОСТРУКТУРНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ В ПОЧВЕННЫХ ГЕЛЯХ.

Проведено электронно-микроскопическое исследование гелей, выделенных из зональных почв, а также из почв после внесения в них модификаторов, способствующих уменьшению гидрофильности гумусовых веществ.

Выдвинуто предположение о механизме возникновения наноструктурной организации в почвенных гелях и искусственных гумусовых системах, отличающегося от микрофазного расслоения, характерного для полимерных систем.

Ключевые слова: наноструктурная организация, гумусовое вещество, почвенные гели, модификаторы, микрофазное расслоение

Fedotov G.N., Shalaev V.S. INTERACTION WITH SALTS OF THE MICROPHASE STRATIFIED SOIL GELS.

It is carried out electron-microscopic research of the gels allocated from zone soils, and also from soils after entering into them of the modifiers promoting reduction hydrophile humus of substances.

The assumption of the mechanism of occurrence nanostructured the organizations in soil gels and artificial humus the systems, differing from microphase stratification characteristic for polymeric systems is put forward.

Key words: nanostructured organization, humus, soil gels, modifiers, microphase stratification

Белов Д.А. ОСОБЕННОСТИ КОМПЛЕКСА МИНИРУЮЩИХ НАСЕКОМЫХ В г. МОСКВЕ.

В статье представлены особенности биологии представителей комплекса минирующих насекомых, которые делают их высоко приспособленными для развития на урбанизированных территориях и потенциально опасными для растений-хозяев.

Ключевые слова: городские насаждения, растения-хозяева, минирующие насекомые, трофическая специализация, жизненный цикл.

Belov, D.A. FEATURES OF THE COMPLEX LEAF-MINING INSECTS IN MOSCOW.

The article presents the biology of members of the complex leaf-mining insects, which are dividing them highly suited for the development of urbanization in the territories, and potentially dangerous to the host plant.

Key words: urban plantings, host plants, leaf-mining insects, trophic specialization, life-cycle.

Соколова Э.С., Рябинков В.А. ЧЕРНЫЙ РАК ПЛОДОВЫХ КУЛЬТУР.

Рассматриваются особенности проявления черного рака на разных органах яблони. Приводятся диагностические признаки, показана вредоносность этого опасного заболевания для плодовых деревьев.

Ключевые слова: черный рак, диагностические признаки, вредоносность.

Sokolova E.S., Ryabinkov V.A. BLACK CANKER OF FRUIT TREES.

The character of *Sphaeropsis malorum* black canker manifestation on different organs of apple trees is described. Diagnostic signs are presented; harmful effects of this dangerous disease for fruit trees are shown.

Key words: black canker, diagnostic signs, harmful effects.

Яковенко А.И. ДИНАМИКА ПОПУЛЯЦИЙ СОСНОВЫХ ЛУБОЕДОВ В ЛЕСАХ МОСКОВСКОЙ ОБЛАСТИ, ПОСТРАДАВШИХ ОТ РАЗРУШИТЕЛЬНЫХ ПОГОДНЫХ ЯВЛЕНИЙ.

В статье приводится подробный лесопатологический анализ расстроенных сосновых насаждений, оценивается динамика их состояния с 2008 по 2011 гг. Выявляются очаги массового размножения основных стволовых вредителей. Изучается динамика популяций сосновых лубоедов, проводится их подробный популяционный анализ.

Ключевые слова: сосновые лубоеды, динамика популяций, численность, очаги.

Jakovenko A.I. DYNAMICS OF POPULATIONS OF PINE PEPPERGRASS BEETLE IN THE WOODS OF THE MOSCOW AREA WHICH HAVE SUFFERED FROM THE DESTRUCTIVE WEATHER PHENOMENA.

In article it is resulted detailed woodpathological analysis of the upset pine plantings, dynamics of their condition with 2008 for 2011 is estimated. Come to light the centers of mass duplication of the basic stem wreckers. Dynamics of populations pine peppergrass beetle is studied, spent their detailed population analysis

Key words: pine beetles, dynamic of populations, number, outbreaks.

Соколова Э.С., Колганихина Г.Б. ИНФЕКЦИОННОЕ УСЫХАНИЕ ИВЫ.

В статье приведены номенклатура и современное таксономическое положение возбудителя диплодинового некроза ивы, описаны диагностические признаки болезни, приведены сведения о вредоносности заболевания.

Ключевые слова: ива, диплодиновый некроз, *Diplodina microsperma*, городские насаждения, декоративные питомники, Москва, Подмоскowie.

Sokolova E.S., Kolganikhina G.B. INFECTIOUS WILLOW DIEBACK.

Nomenclature and modern taxonomic position of the *Diplodina* dieback of willow agent are given, diagnostic signs of disease are described, data about harmfulness of disease are given in this article.

Key words: willow, *Diplodina* dieback, *Diplodina microsperma*, urban plantings, decorative nurseries, Moscow, Moscow suburbs.

Бурков В.Д., Капранов Ю.С., Перминов С.В., Харитонов Н.А. УПРАВЛЕНИЕ ДИСТАНТНЫМИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯМИ БИОЛОГИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ КАК СРЕДСТВО ПОВЫШЕНИЯ ЖИЗНЕСТОЙКОСТИ ОРГАНИЗМОВ В УСЛОВИЯХ КОСМИЧЕСКОГО ПОЛЕТА.

Проведено сравнение влияния призматических элементов ретрорефлекторных антенн космических аппаратов на изменение параметров постэмбрионального развития разновозрастных групп *Drosophila melanogaster* и рыбы вьюн *Misgurnus fossilis*. Показано, что оптические многозеркальные системы способны оказывать активное воздействие на развитие биологических объектов разного уровня организации. В зависимости от онтогенетической стадии развития взаимодействующих групп волновая биокоррекция может быть положительной или отрицательной. Приведены примеры некоторых аномалий развития, специфических для конкретных сочетаний взаимодействующих стадий. Различия в уровне организации биологических объектов играют решающую роль в динамике последующих физиологических процессов.

Ключевые слова: волновая биокоррекция, УСВ, постэмбриональное развитие, космические полеты.

Burkov V.D., Kapranov Ju.S., Perminov S.V., Haritonov N.A. CONTROL OF LONG RANGE INTERACTION BETWEEN BIOLOGICAL OBJECTS AS MEAN OF INCREASE OF BIOLOGICAL FIRMNESS OF ORGANISMS IN THE CONDITIONS OF SPACE FLIGHT.

Comparison of influence of prismatic elements of retroreflektors aerals of space vehicles is conducted on the change of parameters of development between groups *Drosophila melanogaster* and between the embryos of fish loach (*Misgurnus fossilis* L.). It is shown, that the optical multimirror systems are able to render the active operating on development of biological objects of different level of organization. Depending on the ontogenetic stage of development of interactive groups, a wave biological correction can be positive or subzero. The examples of some anomalies of development are resulted, specific for concrete combinations interactive stages. Distinctions in the level of organization of biological objects play is a main factor in the dynamics of subsequent physiological processes.

Key words: a wave biological correction, CCR, post embrio development, space flights.

Хуторова Н.А. СОЦИАЛЬНО ОТВЕТСТВЕННЫЕ ИНВЕСТИЦИИ ГОСУДАРСТВА И БИЗНЕСА В ОБЛАСТИ СНИЖЕНИЯ АНТРОПОГЕННОЙ НАГРУЗКИ НА ЭКОСИСТЕМУ.

В статье освещены основные понятия и побудительные мотивы развития рынка социально ответственных инвестиций. Также представлен обзор методов социально ответственного инвестирования в сфере снижения антропогенной нагрузки на экосистему. Приведены основные показатели данного сегмента финансового рынка.

Ключевые слова: социально ответственные инвестиции, экологизация общества, социальные фондовые индексы.

Khutorova N.A. SOCIAL RESPONSIBILITY OF STATE AND BUSINESS IN REDUCING ANTHROPOGENIC LOAD ON THE ECOSYSTEM.

This article presents the basic concepts and motivations of the market socially responsible investment. There is also an overview of methods for socially responsible investing with the aim of reducing the anthropogenic impact on the ecosystem in it. There are major indices data segments of financial markets in this outlook.

Key words: socially responsible investment, the greening of society, social stock indices.

Каракчиева И.В. РАЦИОНАЛЬНОЕ ЛЕСОПОЛЬЗОВАНИЕ (ПРОБЛЕМЫ, ОСОБЕННОСТИ, ПЕРСПЕКТИВЫ).

Данная статья базируется на анализе сложившейся в советский период системы лесопользования в Российской Федерации, определяющей не только институциональную среду, инструменты и механизмы, но и информационную основу научно-технической и инновационной политики в ЛПК России.

Автором выдвигается на первый план вопрос о роли лесной экономики в лесоустройстве и лесном планировании. В статье отражена важнейшая методологическая проблема: необходимость пересмотра концептуальных основ системы лесного хозяйства.

Ключевые слова: система лесопользования, институциональная среда, инновационная политика, лесная экономика, лесное планирование

Karakchieva I.V. SUSTAINABLE FOREST MANAGEMENT (PROBLEMS, PECULIARITIES, PERSPECTIVES).

This article is based on the analysis of the forest management system in Russian Federation that was shaped during the Soviet period and that defines not only the institutional environment, instruments and mechanisms, but also informational basis of the scientific and technical, and innovational politics in the timber processing complex of Russia.

The question about the role of the forest economics in the forest management and forest planning is highlighted by the author. The most important methodological problem that is the necessity of revising the concept basis of forestry is described in the contents of the article.

Key words: Forest management system, institutional environment, innovational politics, forest economics, forest planning

Шалаев В.С. О КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ ЭКСПОРТНОГО ПОТЕНЦИАЛА ВЫСШЕГО ЛЕСНОГО ОБРАЗОВАНИЯ.

Приводятся некоторые статистические данные, цели, задачи и направления развития конкурентоспособности экспортного потенциала высшего лесного образования.

Ключевые слова: конкурентоспособность, экспортный потенциал, лесное образование.

Shalaev V.S. ABOUT COMPETITIVENESS OF EXPORT POSSIBILITIES OF HIGH FOREST EDUCATION.

The paper presents some statistical data, aims, tasks and directions of development of export possibilities of high forest education.

Key words: competitiveness, export possibilities, forest education.