

## МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ МОНИТОРИНГА БИОРАЗНООБРАЗИЯ ЛЕСОВ

А.С. Исаев

*Центр по проблемам экологии и продуктивности лесов РАН  
117997, Москва, Профсоюзная ул., 84/32  
isaev@cepl.rssi.ru*

Сохранение биоразнообразия рассматривается как важный элемент национальной лесной политики, приобретающей не только ресурсную, но и экологическую направленность. Несмотря на тенденцию увеличения в последнее десятилетие лесистости территории в нашей стране, связанное с резким сокращением лесозаготовок и зарастанием брошенных сельскохозяйственных земель интенсивное лесопользование прошлых лет привело к существенному ухудшению качественного состава лесов, изменению их возрастной и породной структуры, увеличению фрагментации и уменьшению естественного биоразнообразия в целом. В настоящее время в России разработана «Национальная стратегия по сохранению биоразнообразия», включающая программу «Сохранение биоразнообразия лесов». Одним из приоритетных направлений программы явилась «Разработка методологических основ мониторинга биоразнообразия лесов», в разработке которого приняли участие ведущие академические институты европейской части России, Сибири и Дальнего Востока.

При организации мониторинга биоразнообразия на видовом, экосистемном и ландшафтном уровнях необходимо использовать критерии и показатели, разработанные отечественными и зарубежными специалистами, в сочетании с новыми подходами и технологиями. Проблема биоразнообразия рассматривается в программе в двух аспектах — *сохранение разнообразия видов и сохранение структурно-функциональной организации экосистем*. Видовое разнообразие лесных сообществ определяется гидроклиматическими и эдафическими условиями, а также идентификационной ролью видов-лесообразователей. Для бореальных лесов России характерна большая внутривидовая изменчивость и высокая адаптация к экстремальным условиям, благодаря чему один и тот вид может осваивать различные биотопы. Эти особенности древесных растений способствуют сохранению устойчивой структурно-функциональной организации экосистем.

При разработке мониторинга биоразнообразия учитывается ландшафтная структура территории как один из ведущих факторов дифференциации экотопов со свойственным им видовым и экосистемным разнообразием. Этот подход позволяет фиксировать лесные экосистемы в преде-

лах природно-территориальных комплексов различной величины и сложности и оценить их положение в пространстве. Использование ландшафтной основы служит надежной базой изучения статистики и динамики таежных лесов методами аэрокосмического мониторинга.

Для мониторинга природных систем важно не только численное представительство видов, но и их обилие, продуктивность, степень участия в обменных процессах, что наиболее плодотворно следует рассматривать в рамках структурных биогеоценологических единиц на ландшафтной основе. В литературе накоплен обширный фактический материал по видовому разнообразию лесных фитоценозов в различных регионах России. Очевидно, мы не располагаем возможностями детального учета всей территории и использования системы учета биоразнообразия (по квадратной сетке), разработанной для территории Европы. Но мы имеем богатый опыт организации сбора информации о структуре лесных сообществ и биогеоценозов, реализуемой многочисленными исследовательскими коллективами в различных регионах лесной зоны.

В этих целях используются фундаментальные знания флоры и фауны территории и в первую очередь картографический материал, отражающий пространственно-временное распределение живой биоты. На основе этого знания и использования ГИС-технологий можно надежно осуществлять сложные оценки биологических свойств видов, имеющих реальное и потенциальное хозяйственное значение. Существующий в настоящее время стихийный подход к оценке видового богатства флоры и фауны конкретных территорий требует существенной коррекции, как в методическом, так и в организационном плане.

На основе традиций российской фитоценологии и лесоведения, а также анализа богатого фактического материала предложена и обоснована унифицированная классификационная схема лесной растительности. *Она базируется на доминантном подходе, дополненном эколого-ценотическим и флористическим анализом, и реализована на примере лесов Европейской России.* Эта система включает шесть уровней иерархии: *тип растительности — подтип — класс — секция — подсекция — группа типов леса — тип леса.* Такая структура позволяет в достаточно компактном виде представить все типологическое разнообразие лесов для территорий разного масштаба, формировать упорядоченные базы данных и проводить сопоставление выделенных единиц с единицами различных классификационных систем. Важным аспектом использования этой системы единиц является возможность характеристики различных элементов лесного покрова на основе аэрокосмических методов учета с последующей идентификацией флористического разнообразия на основе систематизированного материала в рамках предлагаемой классификационной схемы.

Обоснование ландшафтно-экологических принципов территориальной дифференциации лесного покрова выполнено на примере Карелии. Лесной покров этой территории дифференцирован на семи уровнях: *ландшафтная страна, ландшафтная зона (подзона), ландшафтный район, ландшафт, местность, урочище, фация (в пределах коренного биогеоценоза)*. Эта иерархическая система структурных единиц лесного покрова, построенная с использованием концепции отечественного ландшафтоведения, адекватно отражает его природную организацию. *В результате исследований дана детальная характеристика и оценка разнообразия коренных лесных и лесоболотных сообществ Карелии на разных уровнях их природной организации. Выделены и описаны ландшафтные эталоны сохранившихся коренных лесов. Проведено сравнение массивов коренных и производных лесов и установлены ландшафтные закономерности антропогенной динамики разнообразия лесных сообществ.*

В разработке методологических подходов мониторинга лесов особый интерес представляет выявление основных стадий восстановительного цикла, позволяющих оценить динамическое разнообразие на отдельных этапах лесообразовательного процесса. С этой целью определены основные признаки климаксовых лесных экосистем европейской России как эталонных объектов, характеризующихся оптимальным составом биоразнообразия. Выделены шесть ключевых групп растений и животных, определяющих состав и строение климаксовых экосистем. Основой для реализации методологических подходов к мониторингу биоразнообразия рассматривается картографическая и вербальная реконструкция потенциальной лесной растительности европейской России. Она основана на теоретических представлениях об организации климаксовых сообществ и построении карт ареалов видов деревьев-эдификаторов и константных видов напочвенного покрова. На основании исторических и современных сведений создана база данных и проведено сопоставление современных контурных ареалов широколиственных и темнохвойных видов деревьев и их местонахождений в историческое время за границами сплошных ареалов. Доказано, что, при спонтанном развитии и условии свободного доступа семян видов деревьев-эдификаторов из рефугиумов, на большей части территории лесного пояса Восточной Европы может восстановиться полоса темнохвойно-широколиственных лесов.

Для исследования биоразнообразия лесных экосистем используются различные методы математического анализа, позволяющие нормировать протекающие процессы и прогнозировать текущие изменения. До последнего времени в лесной биогеоценологии отсутствовало феноменологическое описание лесообразовательного процесса, необходимое для понимания сложных взаимодействий, протекающих при эволюции лесных эко-

систем. Для исследования их устойчивости предложен метод фазовых портретов, широко применяемый в физике и теоретической экологии. Разработана оригинальная феноменологическая модель, позволяющая рассмотреть закономерности формирования лесных экосистем на различных этапах лесообразовательного процесса и объяснить экологические эффекты, связанные с динамикой лесного покрова в бореальной зоне. Это достигается построением, структуризацией и анализом фазовых портретов, на которых отражаются динамические процессы возникновения, развития и смены лесных ассоциаций на обширных территориях таежных лесов. Теоретический анализ этих процессов, основанный на феноменологическом подходе, согласуется с данными конкретных натуральных измерений и численных оценок.

Для решения задач стратегии природопользования реализована технология сценарного моделирования, что позволяет учитывать разные варианты ограничений лесохозяйственного, экономического и экологического характера. В результате вычислительных экспериментов формируются долгосрочные прогнозы динамики насаждений. Интеграция GIS-технологий и сценарного моделирования прогнозного комплекса FORRUS-S обеспечивает построение прогноза с учетом функционального зонирования территорий. Для каждой из выделенных зон, например, эксплуатационных лесов, участков плантационного лесоразведения, заповедных и водохранных зон, зеленых коридоров и др., может быть применен свой сценарий, адекватный их целевому назначению. Таким образом, реализуется ландшафтный подход к планированию природопользования и оценивается долгосрочное влияние различных вариантов ведения лесного хозяйства на состояние лесных экосистем.

Методологическая основа мониторинга бореальных лесов базируется на концептуальном подходе к оценке их биоразнообразия с учетом пространственно-временной динамики лесообразовательного процесса и современного состояния. Накопленный опыт в изучении разнообразия биологических систем позволяет перейти к обобщению материалов на уровне территориальных единиц разного ранга, а разработанные методологические приемы и технические методы мониторинга дали возможность исследовать лесные экосистемы в процессе их возрастной и сукцессионной динамики в различных условиях антропогенного воздействия. С учетом поставленных задач для оценки биоразнообразия приняты следующие пространственные уровни: *федеральный (глобальный), региональный и локальный*.

Данные космического мониторинга лесов рассматриваются в качестве важнейшего компонента информационного обеспечения мониторинга лесного покрова. Дистанционными методами могут быть выявлены подробно-

сти, определить которые при проведении наземных визуальных осмотров невозможно или которые требуют значительных организационных и финансовых затрат. Спутниковые данные предназначены для контроля природных и антропогенных процессов, протекающих с малой и средней скоростью на значительных площадях, а при крупномасштабной съемке — фиксирования быстро протекающих негативных процессов (вырубки лесов, лесные пожары, интенсивное повреждение насекомыми, аварийные сбросы загрязняющих веществ в атмосферу, разливы нефти и др.).

В результате проведенных исследований разработаны технические требования к средствам дистанционного зондирования из космоса применительно к конкретным ресурсно-экономическим задачам, обоснованы структура и схема функционирования космического мониторинга в среде ГИС, разработан и апробирован комплекс новых эффективных технологий по изучению лесов и оценке их состояния. На контрольных участках проведены полевые обследования с целью верификации характеристик насаждений, получаемых дистанционными методами. Предложен перечень параметров и индикаторов, рекомендованных для мониторинга биоразнообразия в нашей стране и гармонизированных с параметрами, принятыми в рамках международных инициатив.

Использование цифровой модели рельефа и характеристик спектральной яркости наземного покрова, полученных со сканерного снимка после ряда процедур по их совместной классификации, позволяет получить совокупность контуров, различающихся по оптическим яркостям и характеристикам рельефа. Для полученных типов контуров рассчитываются средние значения яркостей, высот, уклонов, а так же форм поверхности по степени ее выраженности. Созданная «контурная» основа, отражающая иерархическую организацию территории и состояние лесного покрова, позволяет составить карты современной растительности. В результате интерполяции с помощью мультирегрессионного и дискриминантного анализа спутниковой информации и характеристик рельефа выполняется визуализация основных характеристик леса (породного состава, сомкнутости древесного полога, классов возраста, видового и экосистемного разнообразия и др.). Сопоставление интерполированных характеристик с «контурной» основой позволяет получить характеристику типологического разнообразия лесного покрова территории. На основе количественных методов с использованием данных дистанционного зондирования и цифровой модели рельефа разработан метод оценки экосистемного и ландшафтного разнообразия лесных территорий, отражающий современное состояние растительного покрова. Крупномасштабные точечные геоботанические описания дополняют информацию об эколого-ценотическом разнообразии лесных сообществ.

Постоянно обновляющаяся объективная оценка биоразнообразия лесов как одного из важнейших источников биологических ресурсов, должна осуществляться на основе мониторинга лесов с использованием аналитических методов, а также средств дистанционного зондирования и ГИС-технологий. Тематическое картирование и наземные оценки количественных мер разнообразия позволяют выявить динамику численности видов, имеющих реальное и потенциальное хозяйственное значение. В зависимости от объекта исследования (насекомые-вредители, охотничьи промысловые животные, редкие исчезающие виды и пр.) представляется возможным разработать комплекс мероприятий по регуляции численности этих видов путем проведения соответствующих хозяйственных мероприятий.

В процессе реализации программы решен ряд научно-методических задач, обеспечивающих использование имеющихся данных по биоразнообразию лесов в сфере лесной экологии, природопользования и устойчивого управления лесными ресурсами. Дальнейшее развитие мониторинга биоразнообразия лесов сопряжено с расширением наших знаний о природе леса, совершенствованием технологических возможностей сбора и обработки информации, улучшением понятийного и математического аппарата наземных и дистанционных исследований. Мы надеемся, что материалы, представленные в нашей книге, позволят расширить представление о концептуальном подходе к мониторингу биоразнообразия лесов, и методических приемах, обеспечивающих возможность сбора, систематизации и обобщения накопленных данных по биоразнообразию лесов России.