

ТИПОВАЯ ПРОГРАММА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА
ГОРНЫХ ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМ ООПТ НА БАЗЕ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ

Битюков Н.А.

Приведена типовая программа экологического мониторинга на особо охраняемых природных территориях (ООПТ) Северо-Западного Кавказа, а также принципы и методы мониторинга и система критериев для слежения за лесными экосистемами различного ранга.

УДК 630*
228(23)

Ключевые слова: мониторинг, Северо-Западный Кавказ, особо охраняемые природные территории, лесные экосистемы.

Для осуществления экологического мониторинга большое значение имеет лесотипологический состав территории (первичный уровень экологического мониторинга). К сожалению, различные подходы к выделению типов леса и более крупных таксонов не имеют строго установленных критериев, и различные исследователи для одних и тех же территорий используют различные классификации (П.С. Погребняка, В.Н. Сукачева, КФ ВНИИЛМ и др.), что затрудняет или же делает совсем невозможным изучение динамики типов леса.

Вместе с этим лесотипологические характеристики территории, выполненные с использованием любой типологической классификации, дают представление о лесорастительном потенциале местообитаний, позволяют определить соответствие условий произрастания и производительности древостоев, выделить эталоны насаждений и типов леса для определенных условий (местоположений) и лесорастительно-типологических районов. Эталонные и типичные (репрезентативные) биоценозы являются объектами для более глубоких исследований по установлению биологии входящих в них пород, лесоводственно-биологических и таксационных характеристик [1, 2, 3].

Почвенно-типологические таксоны характеризуют природно-ресурсный потенциал территории и служат отсчетом для оценки степени их изменения в связи с хозяйственным воздействием. Использование типов леса для мониторинга на первичном уровне должно осуществляться на участках (таксационных выделах), отграниченных на лесоводственно-типологической основе.

При выборе объектов мониторинга более высокого уровня (элементарные и речные водосборы) необходимо учитывать их репрезентативность по типологической структуре. На заповедных территориях эталонные и репрезентативные лесные биогеоценозы являются объектами детальных исследований, направленных на раскрытие популяционных взаимосвязей древесных пород и животного мира, биотической и абиотической частей биогеоценоза, установление баланса продукционного процесса, трансформации климатических факторов, установление гидрологической, водоохранной, почвозащитной роли и в целом природозащитного значения таких биогеоценозов.

При организации сети мониторинга в горных условиях необходимо эталонные и репрезентативные лесные биогеоценозы располагать по эколого-географическим профилям, охватывающим все вертикальные пояса (лесорастительные районы) или же по водосборным бассейнам.

Принципы и методы экологического мониторинга. Система мониторинга в соответствии с методикой ЕЭК должна содержать показатели дефолиации, дехромации и изменения прироста. В организационном плане эта система имеет в себе возможности сочетания стационарной сети мониторинга элементов различной функциональной структуры: а) пункты постоянных наблюдений (ППН), на которых определяются показатели дефолиации, дехромации, изменения прироста, ведутся наблюдения за динамикой развития болезней и вредителей леса, берутся образцы почв и органики для химических анализов, приростные керны и модельные деревья; б) пункты визуально-дистанционного контроля (ПВДК), которые используются для определения границ и площадей насаждений, где имеет место выраженные процессы деградации.

При этом применение ГИС-технологий должно обеспечить позиционирование пунктов наблюдений как на этапе полевых исследований, так и анализа и построения различных зависимостей для экологических прогнозов на стадии последующих обработок. Интенсивность мониторинга определяется степенью деградации насаждений. Максимальная интенсивность

(первая степень) должна иметь место там, где процессы деградации лесных экосистем имеют выраженный характер. Вторая степень интенсивности мониторинга должна иметь место в лесных массивах, в которых имеются явные признаки техногенного угнетения, однако динамика изменения прироста, дефолиации и дехромации не имеет определенных негативных тенденций и зависит в основном от природных факторов. Мониторинг третьей степени интенсивности осуществляется в лесных массивах, где отсутствуют видимые признаки угнетения насаждений, а радиальный прирост не имеет аномальных отклонений, которые невозможно объяснить естественными причинами.

В составе экологического мониторинга следует различать его различные стадии, определяемые задачами проведения. Так, в связи с необходимостью выполнения лесоустроительных работ и ведения хозяйства в лесах проводится лесохозяйственный мониторинг, который включает картирование (на базе электронных карт), систему отвода участков леса в хозяйственное использование, а также систему контроля проведения лесохозяйственных мероприятий. Данный вид мониторинга проводится специализированными организациями и лесохозяйственными предприятиями.

Мониторинг лесных экосистем различного ранга имеет задачи долговременных исследований научными организациями, целью которых является установление экологических связей лесной растительности с параметрами среды, прогноз их краткосрочных и долговременных изменений, в том числе и в географических координатах. Конечными задачами экологического мониторинга является разработка научно обоснованных нормативно-правовых документов, обеспечивающих неистощительное рациональное природопользование с комплексным использованием всех полезностей и защитных функций леса.

В горных условиях в качестве объекта основным требованиям к проведению мониторинга исследований отвечает водосборный бассейн, который удобен определенностью и постоянством своих границ, а также устойчивой направленностью потоков вещества и энергии. На уровне локального мониторинга наиболее предпочтителен мониторинг водосбора минимальных размеров – элементарного водосбора. Локальный мониторинг включает несколько элементарных водосборов, что дает возможность в активном эксперименте выявить взаимное влияние составляющих экологических систем.

Экологический мониторинг в горных регионах следует проводить на различных иерархических уровнях, которых должно быть не менее трех. Основным признаком выделения уровней (рангов) служит площадь водосбора, что объясняется влиянием этого параметра на формирование экологических связей в биогеоценозах.

Первым уровнем является сравнительно однородный участок горного склона (выдел или группа выделов), для которых характерным является отсутствие ручьевого стока (вследствие малой концентрации почвенно-грунтовых вод) и небольшая площадь – до 5–10 га.

Вторым уровнем является минимальный водосбор, входящий в гидрографическую сеть реки (приток 1-го порядка), так называемый элементарный водосбор. Характерным признаком его следует считать четко сформированные геоморфологические признаки водосбора – его границы, склоны различной ориентации, русло водотока, а также наличие ручьевого постоянного или сезонного стока (в холодный период года); размеры его могут колебаться в различных природно-климатических зонах региона от нескольких десятков до нескольких сотен га; он может включать от 1 до 2–3 кварталов.

Третьим уровнем является водосбор реки, имеющей развитую речную сеть, устойчивый базисный сток, и впадающий в основные реки региона. Размеры таких бассейнов измеряются десятками и сотнями кв. км (т.е. сотнями и тыс. га). Характерными особенностями таких водосборов являются включения различных почвенно-климатических, геолого-геоморфологических лесорастительных условий, которые закономерно изменяются по длине горной реки.

Система критериев для слежения за лесными экосистемами различного ранга. Критериями мониторинга лесных экосистем разного ранга служат параметры, характеризующие отдельные объекты (элементы) внутри экосистем каждого ранга. Так, на уровне элементарных водосборов критериями служат породный состав, таксационные характеристики насаждений и их продуктивность, распределение по крутизне, структура и состояние древостоев, а также параметры, характеризующие лесообразующие и почвообразующие процессы и динамику элементов водного и теплового балансов. В связи с разноуровненностью объектов изучения влияния лесохозяйственной деятельности на

гидрологический режим различными являются критерии гидрологического режима и модели его изменения.

На **1-м уровне** (уровне выдела) ввиду однородности лесорастительных условий имеется возможность учесть наибольшее количество критериев как биотической, так и абиотической группы факторов (динамики растительности и гидрологического режима). Здесь целесообразно рассматривать влияние насаждений на изменение отдельных элементов водного баланса.

На **2-м уровне** таких критериев должно быть меньше, а гидрологические модели должны обладать меньшей сложностью.

На **3-м уровне** вследствие взаимного наложения процессов, имеющих противоположное влияние, а также из-за нивелирующего влияния самой площади, критерии гидрологического режима и состояния лесной растительности сводятся к минимуму (1–2 интегральных показателя). На уровне основных речных систем регионов в качестве интегрированных критериев лесных экосистем являются лесистость бассейна; таксационные показатели структуры и строения насаждений на водосборе.

Система критериев, характеризующих экологические системы различного ранга, имеет ранговость (иерархичность) как для разных экосистем, так и внутри каждой экосистемы.

Элементы организации мониторинга лесных экосистем. По организации и объектам слежения комплексный экологический мониторинг также должен различаться: в его проведении должны участвовать организации производственные и научно-исследовательские (различные по своим задачам, объектам, методикам и аппаратному обеспечению). Проектирование, а также построение и использование сети экологического мониторинга в горных условиях производится на базе концепции экологического мониторинга в горных регионах с применением ГИС-технологий. При этом обязательно применение к изучаемым экосистемам принципов системного подхода:

- выделение каждой экосистемы как самостоятельной единицы изучаемого ландшафта;
- разделение экосистемы на компоненты того или иного уровня;
- установление внутренних связей между компонентами и связей экосистемы с другими экосистемами, а также связей с абиотической составляющей (внешними атмосферными, геологическими и гидрологическими и др. условиями).

В сеть экологического мониторинга должна быть включена существующая база в виде лесогидрологических стационаров и биоиндикаторной сети для наблюдения за лесными экосистемами в различных лесорастительных зонах ООПТ. При этом система критериев мониторинга лесных экосистем включает характеристики продуктивности и биомассы насаждений и сопутствующей растительности, показатели гидрологических (воднобалансовых) наблюдений (за осадками, режимом влажности почвы, твердым и жидким стоком), а также микроклиматические, геохимические и почвенные характеристики. На экологических профилях состояние лесной растительности оценивается по лесотаксационным показателям, дехромации и дефолиации. На репрезентативных речных водосборах мониторинговое слежение за экологическими параметрами выполняется на базе укрупненных комплексных интегральных показателей лесистости, возрастной структуры насаждений и характеристик речного стока.

Ведение экологического мониторинга ООПТ на базе ГИС-технологий. Как правило, биологические уровни лесной растительности связаны с размерами занимаемого физического пространства (площади), определяемым уровнем сообщества (дерево, выдел, квартал, лесничество, лесхоз и т.д.), классификация по которым помогает хозяйственному выделению и управлению (менеджменту). Если эти площади будут привязаны к географически обоснованной схеме деления участков суши (земли), то появляется возможность комплексно решать многие хозяйственные задачи. В первую очередь, это связано с тем, что ГИС позволяет рассматривать данные по анализируемым проблемам относительно их пространственных взаимоотношений, что позволяет проводить комплексную оценку ситуации и создает основу для принятия более точных и разумных решений в процессе управления. ГИС в целом выполняет пять основных процедур с данными: ввод, манипулирование, управление, запрос и анализ, визуализацию. Географические изображения для использования в ГИС вводятся в векторном или растровом виде напрямую, если такие данные уже существуют в подходящем цифровом формате, либо в помощью дигитайзера или сканера. Каждый элемент или объект изображения имеет географическую привязку. Любая информация, которая содержит прямые или косвенные сведения о названиях, географических или других координатах, ссылки на

адрес, почтовый индекс, избирательный округ, номер участка, километровый столб и т.п., может быть включена в ГИС. Средства манипулирования представляют собой различные способы преобразования и выделения данных, например, приведения всей геоинформации к единому масштабу и проекции для удобства совместной обработки. Для хранения, структурирования и управления данными в ГИС чаще всего используются реляционные базы данных, где для связывания таблиц служат общие поля.

Карты должны содержать административно-географическую информацию; на них нанесены границы лесхозов, лесничеств и кварталов, особо охраняемых природных территорий разного статуса (ООПТ) с информацией о режимах охраны, а также территорий, согласованных и предлагаемых к охране природоохранными организациями. ГИС связана с базой данных и автоматически наносит информацию о происхождении древесины на карту. ГИС позволяет делать отчеты о происхождении древесины для перерабатывающих предприятий и является незаменимым помощником при планировании проверок поставщиков и делянок.

В качестве программного обеспечения ГИС экологического мониторинга выбраны программные продукты фирмы ESRI: ARC/INFO, Arc View и ArcExplorer. Программный комплекс ArcView предназначен для конечного пользователя. Его особенностью является масштабируемая архитектура программного продукта. В нее закладывается возможность создания ряда внешних и внутренних модулей, по мере необходимости добавляемых к ядру пакета и расширяющих его функции. Архитектура ArcView 9.0 обеспечивает исключительно гибкую среду для поэтапного подключения/изъятия дополнительных средств анализа географической информации. При этом расширение функциональности может проводиться за счет набора внутренних, внешних и определенных пользователем опций, наилучшим образом отвечающих его текущим потребностям. С помощью объектно-ориентированного языка программирования Avenue возможно создание собственных расширений, выполняющих определенные функции, необходимых как для решения задач обработки данных экологического мониторинга, так и для обеспечения поддержки управленческих решений. ArcExplorer представляет собой простое и эффективное средство для доступа, визуализации и анализа данных ГИС, распространяется бесплатно.

Картографический банк данных является основой всей системы, так как в нем собираются и хранятся все картографические данные. В состав специального картографического банка данных (MapCDB) входят: база пространственных данных – ArcSDE; база атрибутивных данных – Oracle; подсистема загрузки и конвертирования картографических данных; подсистема поиска картографических материалов.

Структура экологического мониторинга в Кавказском государственном биосферном природном заповеднике. В Кавказском государственном биосферном заповеднике создана и работает по международной программе биосферная станция «Джуга» [4]. Экологический мониторинг проводится на сети профилей и стационаров. Главный экологический профиль начинается от Черноморского побережья, пересекает все функциональные зоны, Главный Кавказский хребет и заканчивается двумя ветвями: в пос. Гузерибль и пос. Псебай. Заложена система экологических стационаров, состоящая из 50 постоянных пробных площадей, расположенных на 3-х эколого-географических профилях, меридионально размещенных по территории заповедника и биосферного региона. В задачи экологического мониторинга по указанной выше программе входят специальные методы климатической съемки снегового покрова для оценки и выявления факторов существования популяций растений, животных, состояния кормовой базы пастбищ; изучение условий выживаемости популяций на конкретных местообитаниях и их основных параметров: различных видов структур (возрастной, пространственной, фенотипической) и других характеристик популяций; географо-биоресурсные исследования с установлением пищевых цепей, конкурентных взаимоотношений в экосистеме; эколого-биохимические исследования с оценкой ресурсов почв, ландшафтов; построение концептуальных моделей между блоками уровнями и общей модели экосистемы.

К задачам, отмеченным выше, сейчас добавляются показатели оценки и мониторинга состояния лесов в соответствии с Международной программой сотрудничества, учрежденной Европейской экономической комиссией ООН в 1985 г.: состояния крон деревьев, почв, почвенных вод в связи с трансграничным переносом загрязняющих веществ, атмосферные выделения.

На станции «Джуга» ведутся круглогодичные наблюдения за комплексом природных процессов (геоморфологическими, климатическими, гидролого-гидрохимическими, почвенно-

геохимическими, биологическими), на сети опорных пунктов регистрируются температурный режим воздуха, почв, количество и химический состав атмосферных осадков, испарение, биопродуктивность ценозов, гидрохимический режим водостоков и водоемов.

Программа комплексного мониторинга определяется как программа мониторинга экосистемы, направленная на фундаментальное изучение самых различных экологических процессов, для получения данных о состоянии экосистем и происходящих в них изменений под воздействием антропогенных факторов, что необходимо для прогнозирования развития экосистем, их устойчивости и сохранения флоры, фауны, минеральных ресурсов и в целом существующей структуры природных ландшафтов и свойственной им биоты Северо-Западного Кавказа.

Создание базы данных по основным биотическим и абиотическим факторам государственных природных заповедников и национальных парков, разработка единого ГИС-формата и ГИС-технологий для получения оперативной информации о деятельности, состоянии и эффективном управлении ООПТ являются приоритетным направлением в научно-методической, технологической и нормативно-правовой деятельности ООПТ в соответствии с Федеральной отраслевой программой «Экология и природные ресурсы России (2002–2010 гг.)».

Экологический мониторинг может осуществляться на базе контактных и дистанционных зондирований, в частности аэрокосмического картографирования, при котором представляется возможным использовать географо-информационные системы (ГИС) технологий для:

- визуализации кадастровой информации (электронные карты, компьютерная анимация, мультимедиа и др.);
- возможности оперативной актуализации (обновления) ресурсной информации и ее использование в реальном масштабе времени;
- определения степени нарушенности отдельных видов природных ресурсов путем их пространственного совмещения средствами ГИС.

Дистанционное зондирование окружающей среды с искусственных спутников земли в сверхвысокочастотных и ультракоротковолновых диапазонах волн, являющееся основой радиофизических систем геоинформационного мониторинга, позволяет получить в любой периодичности данные о границах лесопокрытых площадей, их разделении на хвойные и лиственные, на леса спелые и меньшего возраста, границ вырубок, пожарищ и их лесовосстановлении, о влажности почвы и других показателях и является перспективным для использования в сети ООПТ.

Примечания:

1. Битюков Н.А. Методические основы мониторинга горных лесных экосистем // Охрана лесных экосистем и рац. использование лесных ресурсов.: Тез. докл. Всерос. науч-техн. конф. М., 1994. С. 82–84.
2. Битюков Н.А. Экология горных лесов Причерноморья. Сочи: ФГУ НИИгорлесэкол, 2007. 397 с.
3. Положение о лесном мониторинге. Федеральная служба лесного хоз-ва России. М., 1995.
4. Сетров М.И. Комплексный экологический мониторинг ПТК Кавказского биосферного заповедника // Заповедная экологическая пирамида. Сочи, 1994. С. 6–28.

Сведения об авторе:

Битюков Николай Александрович, д-р биол. наук, профессор СГУТиКД (г. Сочи).
E-mail: nikbit@inbox.ru

MOUNTAIN FOREST ECOSYSTEMS OF SPECIALLY PROTECTED NATURAL AREAS STANDARD ECOLOGICAL MONITORING PROGRAM BASED ON GIS TECHNOLOGIES

BITYUKOV N.A.

The article formulates standard ecological monitoring program of Northwestern Caucasus Specially Protected Natural Areas, monitoring principles, methods and criteria system for forest ecosystems of different types monitoring.

Keywords: monitoring, Northwestern Caucasus, Specially Protected Natural Areas, forest ecosystems.

UDC 630*
228(23)