

2. После периода адаптации (3-5 лет) в результате отпада остается от 50 до 60% дорубочного количества подроста.

3. За 20 лет после рубки, в результате улучшения условий роста, количество подроста увеличивается в 4-8 раз по сравнению с тем, что было до рубки. В основном увеличение происходит за счет мелкого подроста высотой до 0,5 м. Численность крупного подроста (более 2 м) увеличивается на 170%.

4. Прирост подроста увеличивается после периода адаптации (3-5 лет), максимум прироста отмечен на 8-10 год после рубки, затем прирост снижается.

5. Только на участке с выборкой 30% запаса после периода адаптации сбалансированы процессы отпада и пополнения пересчетной части древостоя по числу стволов. При большей выборке отпад преобладает, что свидетельствует о возможности распада древостоев.

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ЛЕСОВ НА ОСНОВЕ ПОЛЕВОЙ И ДИСТАНЦИОННОЙ ИНФОРМАЦИИ НА ПРИМЕРЕ ЮГО-ЗАПАДА ВАЛДАЙСКОЙ ВОЗВЫШЕННОСТИ

Пузаченко Михаил Юрьевич

Москва, Учреждение Российской академии наук

Институт проблемы экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН

Повышение точности и оперативности оценки состояния лесов и их ресурсов при занимаемых ими обширных площадях в РФ является актуальной задачей. При этом методы лесной таксации сформированные в 60-е годы прошлого века в значительной мере утратили свою актуальность как в связи с развитием технических средств анализа больших объемов данных, так и с появлением новых источников информации и методов ее анализа. Субъективность данных лесной таксации, связанная с ее методической базой, также является фактором снижающим качество отображения состояния лесов в целом и их ресурсной базы в частности. Таким образом, необходима разработка современных методов оценки состояния лесов на основе количественного анализа с привлечением объективных измерений состояния лесов. Такие измерения предоставляют мультиспектральные спутниковые снимки (МСС) различного разрешения. Отображая реальные измерения отражения солнечной радиации в нескольких спектральных диапазонах, МСС несут информацию о физическом состоянии наземного покрова в целом и лесных насаждений в частности. Важным источником информации о лесорастительных условиях служат цифровые модели рельефа (ЦМР) позволяющие оценить перераспределение солнечной энергии и влаги в зависимости от строения рельефа. Другим важным традиционным источником информации о состоянии лесов являются данные полевых измерений. Появление систем глобального спутникового позиционирования (ГСП) и точность определения ими географических координат, позволяют не только фиксировать координаты произведенных полевых измерений, но и планировать точки описаний с высокой точностью выхода на них в поле. Новые полевые средства измерения характеристик лесных насаждений позволяют повысить точность и производительность полевых работ, относительно традиционных способов используемых в настоящее время. Актуальность полевых измерений для оценки состояния лесов является наибольшей для крупного и среднего масштабов, а для мелкого масштаба больший вес приобретают дистанционные источники информации и результаты исследований более крупного масштаба.

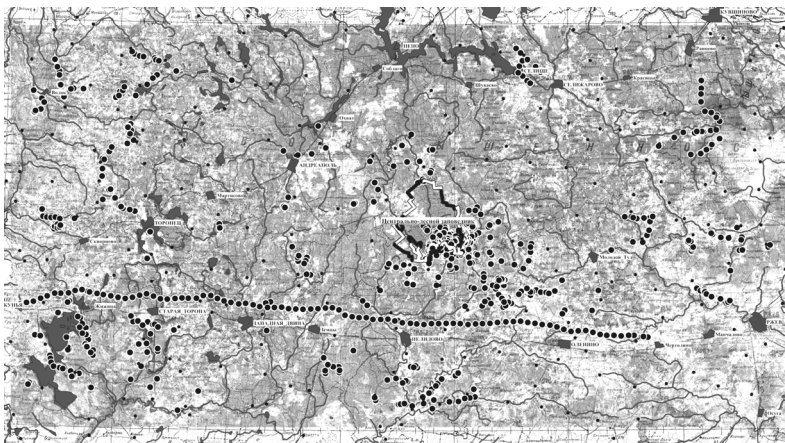


Рис. 1. Точки полевых описаний территории исследований

В настоящей работе рассматривается оценка состояния лесов для среднего масштаба (1:200 000) на основе полевых измерений и МСС для территории (рис. 1) юго-запада валдайской возвышенности (Тверская обл.) площадью (22 000 км²). Лесистость для данной территории составляет около 65 %, так же широко представлены олиготрофные верховые и мезотрофные лесные болота (20 %), а сельхоз и селитебные земли занимают около 15 % региона. Лесные насаждения в основном представлены южнотаежными и, в меньшей степени смешанно-широколиственными лесами. Доминирующими породами являются ель, береза, ольха серая, осина и сосна, также в значительной степени представлены липа, клен, вяз. Полевые измерения характеристик леса в рамках комплексных ландшафтных описаний представлены 1450 точками с привязкой координат с помощью ГСП.

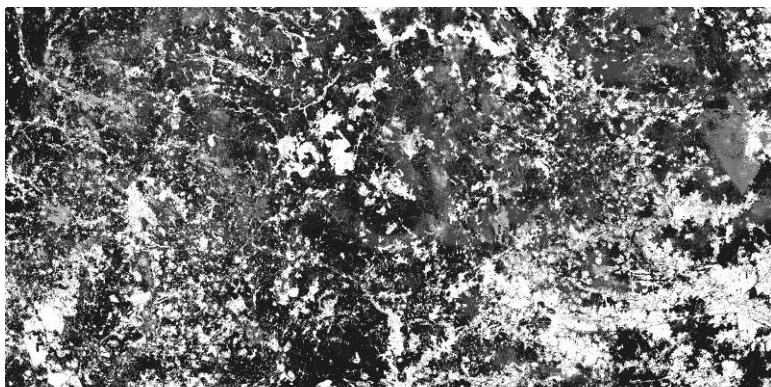


Рис. 2. Сумма площадей сечений древостоя (темный тон — высокие значения, серый средние, низкие отсутствие древостоя)

Оценивались такие характеристики как состав, сумма площадей сечений, сомкнутость и высота древостоя общая и по ярусам, состав и сомкнутость подлеска, состав и обилие травяно-кустарничкового яруса, состав и проективное покрытие групп видов мхов. Полевые данные, совмещенные с помощью геоинформационной системы (ГИС) с МСС и ЦМР, дают основу для количественной оценки характеристик лесных насаждений. Использованы снимки спутников серии Landsat, имеющие соответствующее исследование пространственное разрешение, набор спектральных каналов характеризующих различные физические свойства отражательной поверхности, широкий временной и пространственный охват и свободный доступ. ЦМР и ее производные получены на основе топографических карт масштаба 1:100 000. Таким образом, основой для оценки состояния лесных насаждений являются полевые измерения характеристик леса, пространственно совмещенные с дистанционной мультиспектральной информацией и цифровой моделью рельефа соответствующего пространственного разрешения, составляющего, в соответствии с масштабом исследований 114 м, что кратно разрешению спутниковой съемки.

Метод оценки состояния леса в данной работе заключается в расчете для всей территории исследований характеристик леса, полученных в поле, и в их интеграции и совместной классификации с выделением территорий, относительно однородных в рамках рассматриваемых характеристик. Для пересчета данных точечных полевых измерений на всю территорию используется пошаговый дискриминантный анализ, позволяющий помимо интерполяции точечных данных от внешних источников информации (МСС и ЦМР) оценить ее качество для каждого элементарного объекта территории (пикселя) и выделить переменные, задающие координатное пространство для исследуемой характеристики (оси дискриминантного анализа). Для получения интегрального состояния лесных насаждений дискриминантные оси исследуемых характеристик леса обобщаются методом главных компонент с выделением меньшего числа общих для двух и более характеристик координатных осей (факторов). На их основе, при учете частного вклада каждой из интегральных координатных осей в описание варьирования дискриминантных осей характеристик, проводится дихотомическая классификация по метрике Евклида, по результатам которой проводится выделение типов состояний лесных насаждений.

Рассмотрим анализ характеристик леса на примере общей суммы площадей сечений древостоя (таксационная полнота) измеряемой полнотомером Биттерлиха (м²/га). Для использования в дискриминантном анализе исходных измерений они группируются в 5 классов в логарифмической шкале: 1) отсутствие древостоя — 0 м²/га, 2) 1-3 м²/га, 3) 4-11 м²/га, 4) 12-32 м²/га и 5) 33-62 м²/га. При дискриминантном анализе общее число совпадений исходных групп и предсказанных дискриминантной моделью составило 59 % при наибольшей однозначности для территорий, не покрытых древостоем (80 %) и наименьшей — для четвертой группы общей суммы площадей сечения древостоя (43 %). Статистически достоверно выделяются две оси дискриминантного анализа описывающие взаимную дифференциацию групп исследуемой характеристики. На рис. 2 показан результат интерполяции групп общей суммы площадей сечений древостоя дискриминантной моделью.

Таким же образом анализируются остальные 68 характеристик лесных насаждений, измеренных в поле. В результате получено 118 осей дискриминантного анализа, описывающих варьирование исследуемых характеристик. Оценка числа общих факторов (рис. 3) на основе критерия осыпи показала наличие шести интегральных факторов, в наибольшей степени обобщающих дискриминантные оси характеристик леса.

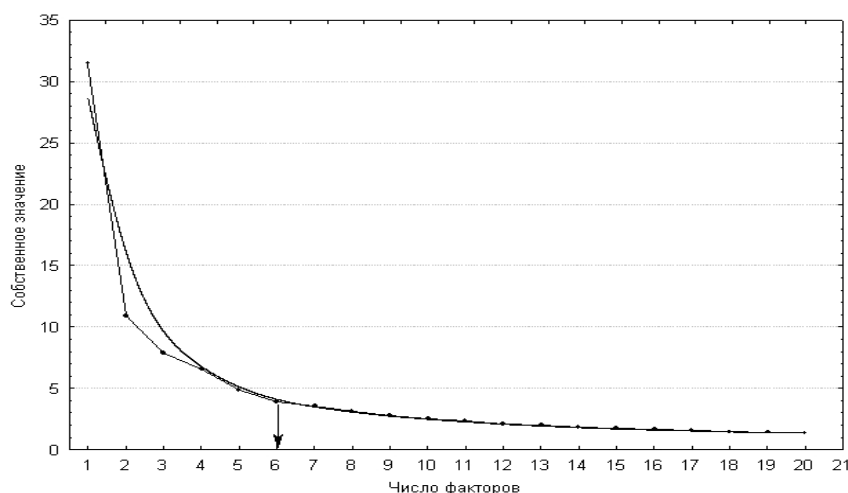


Рис. 3. Оценка числа значимых факторов от дискриминантных осей

Только 15 осей практически не определяются первыми шестью общими факторами, описывающими 56 % совместного варьирования всех дискриминантных осей при 32 % описания, приходящихся на первый фактор.

Семантическая интерпретация полученных факторов возможна на основе исходной информации, использованной в дискриминантном анализе, а также с привлечением дополнительной информации более мелкого масштаба, например климатических данных с разрешением около 1 км находящихся в свободном доступе на сайте worldclim.org.

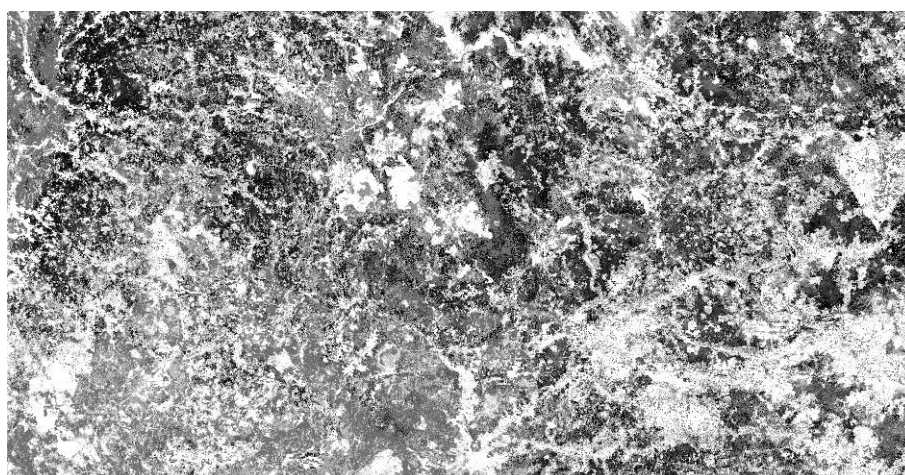


Рис. 4. Группы типов леса (темный тон — еловые, серый тон — мелколиственные и сосновые, светлый тон — свежие и зарастающие вырубки, белый — нелесные земли)

Классификация по интегральным факторам с учетом их вклада в описание варьирования дискриминантных осей позволяет выделить территории, сходные в координатном пространстве, задаваемом дискриминантными осями характеристик леса, через обобщающие их факторы. В результате выделены 37 классов состояния леса (рис. 4) и лесных территорий. Тематическое содержание выделенных классов определено на основе их сопоставления с исходными данными полевых описаний до уровня групп типов леса, в результате чего получено, что территория представлена 13 группами типов леса с доминированием ели, 15 группами типов леса с доминированием мелколиственных пород (в основном березы), 4 группами типов леса с доминированием сосны и 5 классами, представленными свежими вырубками.

Таким образом, проведенный анализ позволяет на количественном уровне оценить состояние и типологическое разнообразие лесных насаждений на субрегиональном уровне на основе полевых измерений, дистанционной информации и свойств рельефа.