

МАКСИМ НИКОЛАЕВИЧ ТРИШКИН
аспирант, Университет Восточной Финляндии
maxim.trishkin@uef.fi

ЕВГЕНИЙ ВАЛЕРЬЕВИЧ ЛОПАТИН
доктор сельскохозяйственных наук, старший научный со-
трудник, Университет Восточной Финляндии, консалтинг-
овая компания Forgis Oy
eugene.lopatin@uef.fi

ОЛЬГА ИВАНОВНА ГАВРИЛОВА
кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры
лесного хозяйства лесоинженерного факультета, Петроза-
водский государственный университет
ogavril@psu.karelia.ru

ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ ВЕДЕНИЯ ЛЕСНОГО ХОЗЯЙСТВА НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ВРЕМЕННЫХ СЕРИЙ ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ

В работе предложен и протестирован новый метод оценки устойчивости ведения лесного хозяйства по принципам и критериям Российского национального стандарта сертификации лесного попечительского совета (FSC), позволяющий оценить 1/3 индикаторов стандарта методами дистанционного зондирования.

Ключевые слова: устойчивость, лесное хозяйство, дистанционное зондирование, лесная сертификация

В настоящее время понятие «устойчивое лесопользование», основанное на соблюдении экологических, экономических и социальных принципов ведения лесного хозяйства, не вызывает вопросов у большинства специалистов, работающих в лесном бизнесе. При этом одним из формальных критериев устойчивости лесопользования и продуктов, произведенных этими лесами, находящимися под устойчивым управлением, является наличие сертификата по системам FSC (Forest Stewardship Council) или PEFC (Programme for the Endorsement of Forest Certification schemes).

Сертификация лесов и лесопродукции по программе FSC начала работать гораздо раньше. Так, в 2011 году общая площадь FSC-сертифицированных лесов в России достигла почти 30,5 млн га. По данному показателю наша страна прочно удерживает второе место в мире после Канады. Кроме того, Россия стабильно удерживает лидерство по самым крупным сертификатам в мире, выданным на лесоуправление. Так, один из сертификатов, выданных в 2011 году, покрывает 3,7 млн га лесной аренды одного из сертифицированных предприятий [1].

Основным инструментом при принятии решения о выдаче сертификата PEFC или FSC является проведение полевого аудита. При этом есть ряд ограничений, в результате чего оценка качества ведения лесного хозяйства может стать субъективной:

1. Площадь полевого аудита является ограниченной, и за время, отведенное на аудит, невозможно проследить все участки, на которых предприятие ведет лесное хозяйство.
2. Оценка устойчивости ведения лесного хозяйства по принципам и критериям зависит от опыта аудитора и ряда факторов, прямо или косвенно влияющих на его решение.

3. Реальное состояние крупных лесных массивов, особенно если они расположены в разных концах мира, определить сложно.

Учитывая, что с 2009 года все спутниковые снимки Landsat с пространственным разрешением 15–90 м за период с 1974 по 2011 год распространяются бесплатно, стало возможным проведение анализа временных серий космических снимков на любом участке поверхности суши. При этом анализ существующих данных позволяет сделать вывод, что для любого участка boreальных лесов можно подобрать набор из 20–30 безоблачных снимков за период с 1974 по 2011 год. Это позволяет проводить анализ динамики изменения лесного покрова практически ежегодно.

Целью нашей работы является разработка методики оценки устойчивости ведения лесного хозяйства на основе анализа временных серий данных дистанционного зондирования Landsat. Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи.

1. Проанализировать Российский национальный стандарт лесной сертификации FSC для определения индикаторов, которые можно достоверно оценить по временными сериям данных дистанционного зондирования.
2. Проанализировать по выявленным индикаторам изменение практики ведения лесного хозяйства до и после получения сертификата FSC.
3. Разработать полностью автоматическую систему анализа, позволяющую производить поиск, получение и обработку необходимых данных дистанционного зондирования на любом участке местности.

АНАЛИЗ ИНДИКАТОРОВ УСТОЙЧИВОСТИ ЛЕСОПОЛЬЗОВАНИЯ

Анализ литературы и Российского национального стандарта лесной сертификации FSC показал, что в стандарте используются 306 индикаторов [3], из них уникальными являются 148. Кроме того, 158 индикаторов опираются на другие или перекликаются с ними. Из 148 уникальных индикаторов дистанционными методами могут быть проверены 46 (табл. 1). Анализ всей совокупности индикаторов позволил выявить, что 15 % индикаторов могут быть оценены на основе анализа временных серий косми-

ческих снимков и геопространственного моделирования результатов их обработки. В связи с тем, что часть индикаторов стандарта перекликаются с другими или основаны на них, можно сделать вывод, что около 1/3 от их общего количества в стандарте могут быть проверены дистанционными методами. Таблица индикаторов (табл. 1) была сконвертирована в логическое дерево решений в программном продукте Definiens Image Intelligence Suite. Данный программный продукт позволяет проводить объективно-ориентированное дешифрирование временных серий космических снимков.

Таблица 1

Индикаторы Российского национального стандарта сертификации лесоуправления FSC-STD-RUS-01 2008-11, которые могут быть оценены дистанционно

Индикатор стандарта FSC	Значение	Метод оценки
Индикатор 1.5.1 и др. Компания должна осуществлять систему мер по выявлению, документированию и пресечению незаконных и несанкционированных видов деятельности на сертифицируемой территории	Выявление незаконных фактов рубки на основе серий данных дистанционного зондирования	Картографирование рубок с последующим анализом направленных на выявление: • Вид рубки • Площадей рубок, превышающих максимально допустимые размеры • Нарушение сроков примыкания лесосек • Общая площадь рубок
Индикатор 6.2.4–6.2.7 и др. Предприятие должно проводить полевые обследования и/или использовать другие методы выявления ключевых биотопов, реализовывать меры по сохранению редких и находящихся под угрозой видов	Выделение ключевых биотопов в рубках (определение размера группы, кол-ва отдельных единиц при сплошных рубках)	Картографирование сплошных рубок: • число ключевых биотопов, • площадь ключевых биотопов от площади вырубки
Индикатор 6.3.1. Предприятие должно вести регулярный учет изменений экологических характеристик состояния лесного участка	Определение лесопокрытой площади, состава, площади гарей и погибших насаждений и др.	Изменение во времени основных показателей лесного участка: • лесопокрытая площадь, • состав древостоеv, • площадь погибших насаждений, • площадь гарей, • распределение древостоеv по группам классов возраста
Индикатор 6.3.6. При отводе лесосек необходимо учитывать естественные границы выделов – ландшафт	Форма лесосек должна совпадать с формой выдела	Правильная форма, как правило, является индикатором того, что естественные границы не соблюдаются в рубках
Индикатор 6.3.4 и др. Должна существовать программа по переходу от сплошных рубок больших размеров к узколесосечным, постепенным (многоприемным) рубкам и/или выборочным рубкам	Присутствие выборочных / постепенных рубок	Динамика площадей по видам рубок за анализируемые отрезки времени
Индикатор 6.3.9–6.3.12, 6.3.14 и др. Предприятие должно: при сплошных рубках (а также после последнего приема постепенных рубок) площадью более 10 га сохранять мозаичный лесной ландшафт в виде полос и куртин леса, включающих редкие, нетипичные участки лесных насаждений, элементы девственного леса	На каждые 10 га сплошной вырубки необходимо оставлять не менее одной куртины (полосы) леса, чей размер не менее чем в полтора раза превышает среднюю высоту оставляемого древостоя	Картографирование по космоснимкам размеров лесосек и количество необходимых куртин в соответствии с размером рубки
Индикатор 6.3.5 и др. Предприятие должно имитировать естественную динамику леса при проведении лесохозяйственных мероприятий	В соответствии со стандартом не рекомендовано применять вырубки, превышающие по площади 30 га	Определение размеров лесосек и видов рубок
Индикатор 6.3.4. Предприятие должно принять меры по лесовосстановлению деградированных в результате хозяйственной деятельности лесных участков	Выявление участков, которые деградировали в результате хозяйственной деятельности	Картографирование восстановления участков рубок по временным сериям данных дистанционного зондирования
Индикатор 5.5.7. Предприятие должно вести лесохозяйственные мероприятия, которые не приведут к эрозии или заболачиванию почв	Оценка мест заготовки	Картографирование эрозионно опасных участков на основе анализа цифровой модели рельефа, сопоставление с картами проведенных рубок, картографирование заболоченных рубок

Продолжение табл. 1

Индикатор стандарта FSC	Значение	Метод оценки
Индикатор 5.5.8. Предприятие должно вести свою хозяйственную деятельность, которая не будет негативно влиять на водоохраные функции лесов водохранилищных бассейнов в пределах сертифицируемой территории	Соответствие водоохраных зон требованиям лесного законодательства и сертификации. Так, водоохранная зона для рек < 10 км – 50 м, < 10–50 км – 100 м, > 50 км – 200 м	Картографирование водоемов, расчет буферных зон, картографирование рубок в пределах буферных зон
Индикатор 5.5.6. Предприятие должно вести щадящий режим лесохозяйственных мероприятий внутри водоохраных зон всех типов.	Запрещение сплошных рубок в водоохранной зоне, наличие сплошной рубки в водоохранной зоне (нарушение)	Картографирование водоемов, расчет буферных зон, картографирование рубок в пределах буферных зон.
Индикатор 5.5.1. Предприятие должно установить водоохраные зоны по соответствующим водотокам	Выделение водоохраных полос вокруг болот и водотоков (в том числе облесенных) можно выделить в виде особо защитных участков (ОЗУ) или неэксплуатационных площадей (НЭП)	Определение наличия ОЗУ и НЭП вокруг болот и водотоков
Индикатор 5.3.4, 6.2.6–6.2.10 и др. Предприятие должно определить свою хозяйственную деятельность для исключения уничтожения ценных местообитаний	Лесохозяйственная деятельность предприятия должна ограничивать рубки в ценных местообитаниях	При наличии карты ценных местообитаний возможно сравнение их расположения и мест расположения хозяйственной деятельности за ревизионный период
Индикатор 3.3.5. В соответствии со стандартом FSC предприятие должно определить ценные места в результате консультаций с коренными народами.	Определение расположения ценных мест для коренного населения на основе публичного отчета по лесной сертификации	При наличии карты ценных мест для коренного населения в публичном отчете возможно сравнение их расположения и мест расположения хозяйственной деятельности за ревизионный период
Индикатор 9.4.1. Предприятие должно принять эффективные меры по сохранению и усилению характеристик, ЛВПЦ должна оцениваться на основе результатов ежегодного мониторинга	Определение расположения и другой информации о ЛВПЦ на территории предприятия	При наличии карты ЛВПЦ возможно сравнение их расположения и мест расположения хозяйственной деятельности за ревизионный период

«МОДЕЛЬНЫЙ ЛЕС ПРИЛУЗЬЕ»

Концепция модельных лесов в России начала активно развиваться с 1990-х годов. Прилужский лесхоз в Республике Коми получил статус «Модельный лес Прилужье» в 1996 году. Территория модельного леса включает около 800 000 га леса в Республике Коми. Некоторые из модельных лесов послужили платформой для тестирования основных принципов и критериев сертификации. В 1999 году тестовый аудит по сертификации FSC был проведен на территории модельного леса. В течение следующих 3 лет велась активная подготовка по исправлению несоответствий и приведению системы менеджмента предприятия в соответствие с требованиями стандарта FSC. Как результат, в 2003 году «Модельный лес Прилужье» получил сертификат лесоуправления по системе лесного попечительского совета. В 2008 году «Модельный лес Прилужье» подтвердил право владения сертификатом лесоуправления еще на 5 лет [2].

ДАННЫЕ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ

Выбранный тестовый участок (path 172, row 18 в системе WRS-2 программы Landsat) попадает в границы проекта «Модельный лес Прилужье». Для анализа использовали малооблачные снимки (облачность менее 20 %), полученные спутниками Landsat 5 и Landsat 7. Спутник Landsat 5 (запущен 1 марта 1984 года) позволяет получать снимки поверхности Земли с пространственным разрешением 30 м в 6 спектральных диапазонах. Спутник Landsat 7 (запущен

15 апреля 1999 года) позволяет получать снимки поверхности Земли с пространственным разрешением 30 м в 6 спектральных диапазонах и 15 м в пахроматическом режиме. В настоящее время спутник Landsat 7 функционирует с отклонениями в работе камеры и фактически непригоден для качественного картографирования лесного покрова.

Временные серии данных дистанционного зондирования спутника Landsat (табл. 2) на тестовом участке «Модельный лес Прилужье» были обработаны по единой методике (3), основанной на знании принципов изменения спектральных характеристик лесного покрова при ведении лесного хозяйства (на основе анализа 5-спектрального канала). Основными картографируемыми и анализируемыми во времени параметрами были:

1. Рубки с расчетом площадей и классификацией по видам.
2. Сроки примыкания лесосек.
3. Число и площадь ключевых биотопов в пределах сплошных рубок.
4. Лесопокрытая площадь.
5. Состав древостоев (хвойные, лиственные).
6. Площадь погибших насаждений.
7. Площадь гарей.
8. Распределение древостоев по группам классов возраста (молодняки, средневозрастные, спелые и перестойные).
9. Форма лесосек.
10. Период восстановления рубок.
11. Рубки в эрозионно опасных участках, определенных по цифровой модели рельефа.

12. Заболоченные вырубки.
13. Рубки в пределах буферных зон водоемов.
14. Оставленные особо защитные участки и не-эксплуатационные площади вдоль болот и водотоков.
15. Сопоставление мест рубок с картой ценных местообитаний.
16. Сопоставление мест рубок с картой интересов местного населения.
17. Сопоставление мест рубок с картой лесов высокой природоохранной ценности.

Таблица 2

**Использованные данные
дистанционного зондирования**

Период	Дата съемки	Спутник
До получения FSC-сертификата	22.02.1985	Landsat 5
	22.05.1986	Landsat 5
В процессе получения FSC-сертификата	14.04.2000	Landsat 7
	17.08.2001	Landsat 7
После получения FSC-сертификата	26.04.2006	Landsat 5
	15.05.2007	Landsat 5
	22.04.2009	Landsat 5
	22.07.2010	Landsat 5

ВЫВОДЫ

Статистический анализ результатов обработки данных дистанционного зондирования за периоды до, в процессе и после получения FSC-сертификата по 17 параметрам не позволил выявить статистически значимые отличия между этими этапами.

Несмотря на множество усилий по ведению устойчивого лесного хозяйства по принципам и критериям FSC, индикаторы в пределах тестового участка «Модельный лес Прилузье», определенные дистанционно, не показали в целом увеличения устойчивости лесопользования.

Результаты проведенного исследования легли в основу полностью автоматической системы анализа, позволяющей производить поиск, получение и обработку необходимых данных дистанционного зондирования на любом участке местности. Использование этой системы позволяет увеличить площадь исследования и проанализировать другие модельные леса, созданные в России за период с 1990 года. Система может стать основой для проведения независимого мониторинга устойчивости ведения лесного хозяйства предприятиями лесного комплекса России.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лесной попечительский совет Россия. Площадь FSC сертифицированных лесов в России превысила 30 млн га [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://fsc.ru/index.php?mod=news&id=197>
2. Модельный лес «Прилузье». Коми региональный некоммерческий фонд Серебряная Тайга [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.silvertaiga.ru/page/109/>
3. Российская Национальная Инициатива Лесного Попечительского совета. Российский Национальный Стандарт Добровольной Лесной Сертификации по Схеме Лесного Попечительского Совета. Одобрен Координационным советом Национальной инициативы ЛПС от 25.12.2007 года [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://fsc.ru/pdf/RNS.pdf>
4. Köhl M., Magnussen S., Marchetti M. Sampling Methods, Remote Sensing and GIS Multiresource Forest Inventory. 2006.