

**БОРИС ВЛАДИМИРОВИЧ РАЕВСКИЙ**

кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник Института леса КарНЦ РАН  
*raevski@drevlanka.ru*

**ВИКТОР ВЛАДИМИРОВИЧ ТАРАСЕНКО**

заведующий сектором ГИС-технологий отдела геоинформационных систем РЦНИТ ПетрГУ  
*victor.tarasenko@karelia.ru*

**ВЛАДИМИР АЛЕКСАНДРОВИЧ АНАНЬЕВ**

кандидат сельскохозяйственных наук, заведующий лабораторией лесоведения и лесоводства Института леса КарНЦ РАН  
*ananyev@krc.karelia.ru*

## К ВОПРОСУ О КОЛИЧЕСТВЕННОЙ ОЦЕНКЕ СТЕПЕНИ ПОВРЕЖДЕНИЯ ЛЕСОВ НП «ВОДЛОЗЕРСКИЙ»

С использованием мультиспектрального космического снимка высокого разрешения и материалов цифровой картографической базы данных ГИС НП «Водлозерский» произведена оценка посткатастрофических потерь древесины в коренных высоковозрастных ельниках вдоль западного побережья оз. Водлозера, явившихся следствием массового ветровала и развившейся впоследствии вспышки численности короеда-тиографа в 2000–2006 годах.

Ключевые слова: мультиспектральный космический снимок, геоинформационные системы, катастрофические нарушения, коренные ельники

Как известно, малонарушенные массивы темнохвойной тайги представляют собой мозаику лесных биогеоценозов, основная доля которых характеризуется выраженной разновозрастностью древостоя, находится на финальной стадии растительной сукцессии и существует в динамически равновесном режиме так называемой оконной динамики.

Однако для естественных таежных лесов также характерны природные катастрофические явления, какими являются массовые ветровалы и пожары. В этом аспекте ветровал, произошедший в юго-западной части НП «Водлозерский» в мае 2000 года, представляет собой типичный пример масштабного обновления таежных лесов. Появление обширной компактной ветровальной площади и множества локальных вывалов, ухудшение общего жизненного состояния множества деревьев существенно изменяют экологическую обстановку в зоне ветровала. В короткие сроки запускаются механизмы сукцессии растительных сообществ и создаются особо бла-

гоприятные условия для развития популяций агрессивных видов стволовых вредителей. Так, уже упомянутым ветровалом оказались в разной степени затронуты коренные высоковозрастные ельники в полосе шириной до 5 км и длиной свыше 40 км вдоль всего западного побережья Водлозера. Только в районе турбазы Охтома общая площадь сплошного вывала составила не менее 637 га с объемом ветровальной древесины порядка 131,6 тыс. кбм [1]. Сложившиеся обстоятельства привели к возникновению здесь вспышки численности короеда-тиографа (*Ips typographus* (L)). Отработав за два года кормовую базу в виде ветровальной древесины, короед-тиограф стал заселять живые деревья ели и мигрировать в еловые насаждения по всему еловому массиву вдоль западного берега Водлозера и в районе Пильмасозера [2]. В результате всех произошедших событий коренные старовозрастные ельники указанного района понесли существенные итоговые потери в виде большого числа буреломных, ветровальных и сухостойных

деревьев, что потребовало достаточно оперативной, научно обоснованной оценки масштабов повреждений.

Для достижения поставленной цели специалистами таких учреждений, как Центр по проблемам экологии и продуктивности лесов РАН, Московский государственный университет леса, Институт леса Карельского научного центра РАН [4], [5], [6], была сделана попытка использовать материалы космической съемки высокого разрешения вкупе с материалами цифровой картографической базы данных геоинформационной системы парка (ЦКБД ГИС НП «Водлозерский») и данными наземных полевых учетов. В частности, все исследователи имели в своем распоряжении

цифровое изображение земной поверхности в мультиспектральном режиме, полученное с помощью спутника QuickBird (рис. 1). Для решения поставленных задач использовался синтез трех каналов снимка – ближнего инфракрасного (760–900 нм), красного (630–690 нм) и зеленого (520–600 нм). Дешифрирование снимков, то есть классификация пикселей по цветовым оттенкам и отнесение последних к целевым классам – курткам сухостоя и участкам ветровала, проводилась авторами указанных работ с использованием различных методических подходов и программного обеспечения. Последнее, собственно, и предопределило расхождения в итоговых оценках, что будет обсуждено ниже.



Рис. 1. Снимок Quickbird с наложенным слоем CLF 10

Снимок был получен в проекции Гаусса–Крюгера в системе координат 1942 года (Пулково, 7-я зона). При наложении слоев поквартальной и повыдельной баз данных ГИС парка, а также маршрутов полевых исследований с координатами учетных точек, взятых с помощью GPS, наблюдались определенные несоответствия. Поэтому была выполнена геометрическая корректировка совокупности фрагментов слоев: покрытые лесом земли (CLF10), не покрытые лесом земли (CLF30) и нелесные земли (CLF40) ЦКБД по лесному фонду Национального парка

«Водлозерский» по кварталам, покрывающим космический снимок. Указанная корректировка выполнялась с учетом данных полевых GPS-измерений местоположения соответствующих квартальных столбов таким образом, чтобы цифровые объекты слоев ЦКБД по лесному фонду перемещались эквидистантно для наиболее точного совпадения контуров выделов ЦКБД с ситуацией космического снимка.

Далее мы применяли технологию формирования цифровых векторных объектов по растровому изображению, которая осуществлялась в два этапа:

## I. Подготовка исходных данных:

1. Преобразование растрового изображения к формату TIFF/BMP, 256 цветов (8-бит);
2. Создание текстовой таблицы, содержащей матрицу координат (X, Y) центроидов пикселей растрового изображения (специальное программное обеспечение);
3. Создание в программном обеспечении (ПО) MapInfo таблицы, содержащей точечные объекты по данным матрицы координат текстового файла (стандартные процедуры MapInfo);
4. Регистрация растрового изображения в ПО MapInfo в проекции «план-схема» (1 единица – 1 пиксел);
5. Формирование рабочего набора MapInfo, содержащего растровое изображение и таблицу точечных объектов – центроидов пикселей.

## II. Формирование векторных объектов по классификатору:

1. Создание набора отдельных точек требуемых цветов (RGB-изображений) путем выбора на экране ПК точечных объектов (центроидов пикселей) для создания таблицы классификатора векторных объектов;
2. Выбор области растрового изображения, где будет производиться поиск соответствующих классификатору пикселей (часть растрового изображения или все растровое изображение);
3. Запуск процедуры поиска соответствующих классификатору пикселей для формирования таблицы ПО MapInfo, содержащей отдельные точечные объекты центроидов;
4. Трансформация таблицы векторных точечных объектов в требуемую систему координат (специальное программное обеспечение);
5. Регистрация растрового изображения в ПО MapInfo в требуемой проекции;
6. Формирование площадных квадратных ячеек, длина стороны которых соответствует размеру пикселя растрового изображения, зарегистрированного в выбранной системе координат.

На снимке были выбраны те участки, которые на основании натурных полевых исследований однозначно идентифицировались как куртины сухостоя и ветровала. В пределах этих участков вручную проводилось формирование набора точек требуемых цветов (различные оттенки зеленого цвета) для создания таблицы классификатора векторных объектов. Поиск соответствующих классификатору пикселей велся не в целом по снимку, а по отдельных областям (лесохозяйственным выделам), где вероятность ошибочной классификации была бы минимальной. По подсчетам Эйдлиной [6], 95 % площади сухостоя и более 97 % площади ветровала пришлось на еловые насаждения, а в ельниках, в свою очередь, 74 % площади сухостоя и 84,6 % площади ветровала оказалось сосредоточено в насаждениях 10–12-го классов возраста. Поэтому, руководствуясь тематической картой корен-

ных ельников Водлозерского лесничества, в кварталах, покрытых снимком, в анализ включались только выделы, представляющие собой в чистом виде именно такие насаждения, начиная с VIII класса возраста без облесенных болотных участков и облачности. Предпочтение отдавалось участкам, где естественные границы древостоя, видимые по снимку, максимально точно совпадали с границами выдела (векторный слой CLF10 ЦКБД).

Таким образом, в районе Пильмасозero – северо-западное побережье Водлозера были проанализированы 52 выдела в 10 кварталах. Сначала по снимку в гектарах определялась общая площадь области поиска (площадь векторного контура выдела). Далее подсчитывалось общее количество выбранных пикселей (точечных объектов), которое умножалось на площадь одного пикселя ( $5,76 \text{ м}^2$ ). Определялась доля (%) выбранной площади от общей площади поиска. Окончательная величина поврежденной площади (га) подсчитывалась как доля выбранной площади от площади выдела, которая была определена именно лесоустройством. Последняя не всегда точно совпадала с площадью поиска на снимке, вычисленной средствами MapInfo.

После этого рассчитывалось количество деревьев, которые могли находиться на поврежденной площади. Для этого поврежденная площадь, выраженная в квадратных метрах, делилась на площадь проекции кроны, равной  $9,4 \text{ м}^2$ . Такую величину площади проекции кроны имеют деревья ели в возрасте 160–200 лет. Расчитанное количество стволов умножалось на средний объем ствола. Данный параметр определялся по таблице объемов стволов ели для Карелии в соответствии со средним диаметром и высотой данного элемента леса на выделе [3]. Далее рассчитывались: общий объем погибшей древесины на выделе, его доля от запаса выдела и величина отпада на 1 га.

Доля погибшей древесины от запаса выдела была усреднена по всей выборке из 52 выделов, и эта расчетная величина была экстраполирована на 957 выделов в 70 кварталах по западному берегу Водлозера, которые находились в зоне ветровала и вспышки численности короеда-ти滂ографа. В расчет общих потерь древесины были включены только выделы, где представлены коренные высоковозрастные ельники. Средний класс возраста – 10.

В результате проведенных оценок была построена тематическая карта распределения обработанной выборки выделов по степени их повреждения, как по площади, так и по запасу (рис. 2). Анализ данных рисунков позволяет заключить, что кроме района турбазы Охтома, где, как было уже сказано, ряд выделов были вывалены практически полностью, на северо-западе Водлозера сильнее всех пострадал квартал 40. Некоторые выделы этого квартала потеряли свыше 80 % запаса. Как уже говорилось, ряд авторов по своим

оригинальным методикам оценивали потери древесины в данном районе с использованием одного и того же космического снимка и материалов

ЦКБД ГИС парка. В таблице приведены результаты трех независимых оценок одних и тех же выделов наиболее пострадавшего 40-го квартала.

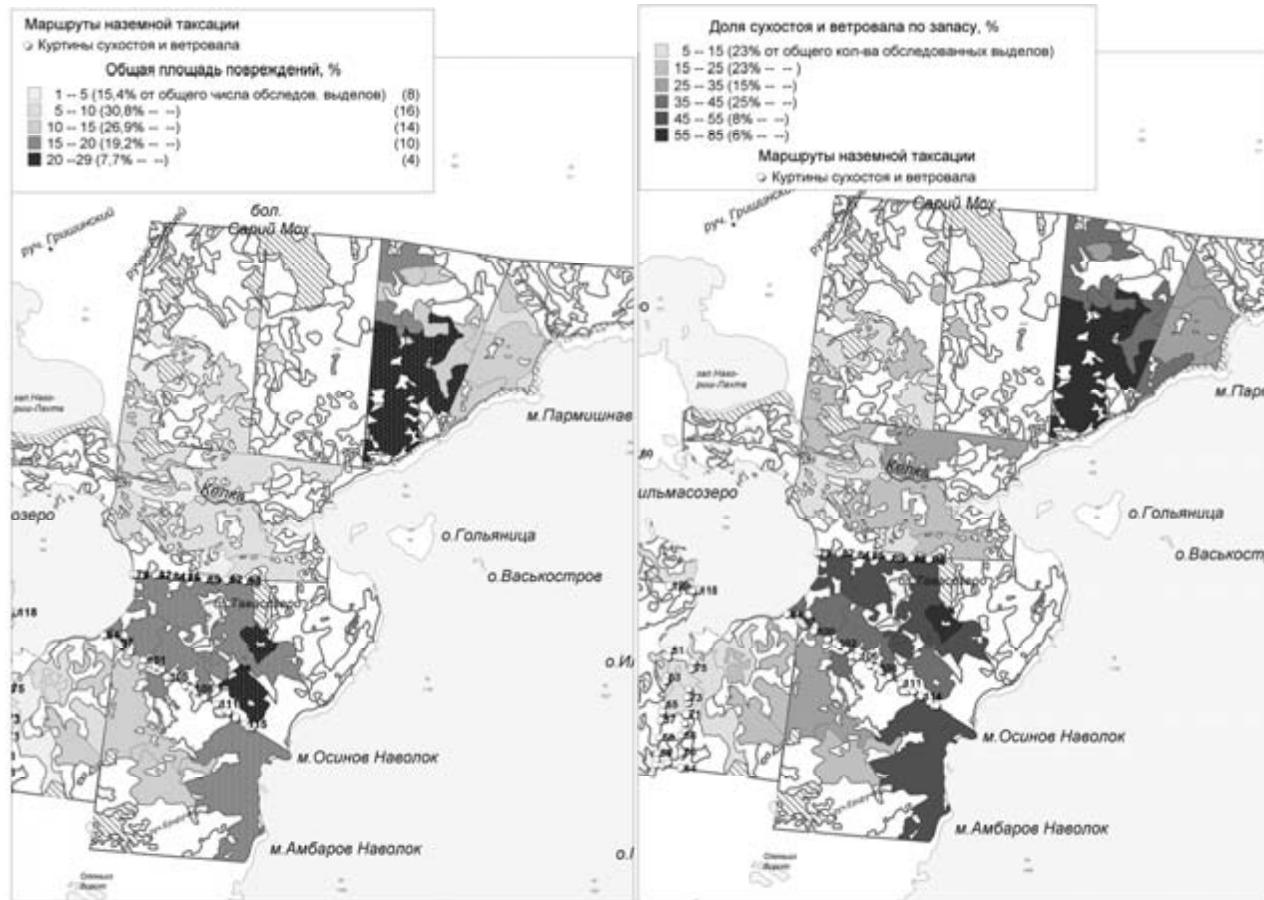


Рис. 2. Распределение выделов по степени повреждения

#### Данные о деструкции насаждений в квартале 40

Номер выдела	Потери запаса, % (наши дан- ные)	Общая площадь повреждений, %		
		наши данные	по [6]	по [2]
1	36,6	16,2	23,6	11,5
10	38,9	12,7	15,2	6,3
11	39,0	12,5	15,3	10,6
17	36,0	11,5	18,6	14,7
18	17,5	16,6	24,7	12,5
19	48,1	17,3	20,2	9,4
20	14,6	12,5	17,5	10,6
23	15,1	11,4	12,9	11,3
24	30,7	13,5	17,6	11,8
26	66,9	24,7	33,1	13,0
29	77,0	23,0	31,9	9,9
Среднее	38,2	15,6	20,9	11,1

Как следует из данных таблицы, наши оценки площади повреждений по данному кварталу занимают промежуточное положение, что, в общем, свидетельствует в пользу их взвешенности.

В целом же по всей выборке из 52 выделов усредненная доля потерь древесины составила 26,7 % от запаса выдела. Таким образом, по нашей оценке, всего по западному побережью Водлозера в отпад перешло 902 605 км<sup>3</sup> древесины, или 1 988 117 деревьев, то есть почти 2 млн стволов. Необходимо отметить, что в 2005 году было предпринято маршрутное обследование окрестностей Пильмасозера на предмет оценок потерь древесины от всех вышеназванных нарушений. Всего было обследовано 5 кварталов, в том числе кварталы 55, 71, 72, 73, 74. Результаты глазомерных оценок дали итоговую среднюю величину потери древесины в размере 29,7 % от запаса на поврежденных участках. Таким образом, расхождение с результатом оценки по снимку составило всего 3 %.

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты наших исследований и работы других авторов убедительно показывают высокую эффективность комплексного использования космических снимков высокого разрешения

и ГИС данной особо охраняемой территории для целей лесного и лесопатологического мониторинга. Без использования данных дистанционного зондирования Земли (ДДЗ) невозможна точная количественная оценка последствий различного рода катастрофических нарушений в

крупных лесных массивах. Особенно актуальным в свете сказанного является дальнейшее совершенствование методики дешифрирования такого рода снимков, что предполагает совместную работу специалистов в самых разных областях знаний.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. А наньев В. А., Полевой А. В., Раевский Б. В., Грабовик С. И., Хумала А. Э., Щербаков А. Н. Изучение биоэкологических последствий массового ветровала в НП «Водлозерский» // Структура и динамика природных экосистем и формирование народной культуры на территории НП «Водлозерский»: Материалы отчетной конф. о науч. деятельности НП «Водлозерский» по итогам 2002–2004 годов. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2005. С. 15–17.
2. Полевой А. В., Щербаков А. Н., Хумала А. Э., Налдеев Д. Ф. Вспышка короедатипографа (*Ips typographus* L.) как одно из последствий массового ветровала в национальном парке «Водлозерский» // Водлозерские чтения: Материалы науч.-практ. конф., посвящ. 15-летию НП «Водлозерский». Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2006. С. 96–102.
3. Третьяков Н. В., Горский П. В., Самойлович Г. Г. Справочник таксатора. М.: Лесная промышленность, 1965. 458 с.
4. Хумала А. Э., Полевой А. В., Шалаев В. С., Галкин Ю. С., Щербаков А. Н., Налдеев Д. Ф., Никула А., Ройниен Х. Оценка возможности применения аэрокосмических методов для мониторинга лесного покрова в Национальном парке «Водлозерский» // Водлозерские чтения: Материалы науч.-практ. конф., посвящ. 15-летию НП «Водлозерский». Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2006. С. 106–112.
5. Шаталов А. В., Жирин В. М., Сухих В. И., Эйдлина С. П. К оценке повреждения лесов Национального парка «Водлозерский» по космическим изображениям // Водлозерские чтения: Материалы науч.-практ. конф., посвящ. 15-летию НП «Водлозерский». Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2006. С. 102–106.
6. Эйдлина С. П. Оценка потерь древесины в Национальном парке «Водлозерский» на основе материалов космической съемки высокого разрешения // Водлозерские чтения: Материалы науч.-практ. конф., посвящ. 15-летию НП «Водлозерский». Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2006. С. 113–118.