

МЕТОД ОБРАБОТКИ МУЛЬТИСПЕКТРАЛЬНЫХ СПУТНИКОВЫХ ДАННЫХ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ КОНТРОЛЯ ЗОН ПРОИЗРАСТАНИЯ БОРЩЕВИКА СОСНОВСКОГО

Д. М. Рыжиков^{а, 1}, инженер 1-й категории

^а«КосмоИнформ-Центр» Санкт-Петербургского государственного университета аэрокосмического приборостроения, Санкт-Петербург, РФ

Введение: в настоящее время важной задачей в ряде регионов Российской Федерации является выявление мест произрастания растений признанного сорным вида борщевик Сосновского, который не только вытесняет другие виды, занимая все новые площади, но и представляет опасность для животных и человека, так как вызывает ожоги и ряд болезней. Задача контроля зон произрастания борщевика Сосновского может эффективно решаться с применением данных дистанционного зондирования Земли. **Цель исследования:** разработка технологии контроля зон произрастания борщевика Сосновского на основе предложенного метода обработки мультиспектральных спутниковых данных. **Результаты:** разработан и реализован в виде программного комплекса в среде ERDAS Imagine Professional метод обработки мультиспектральных спутниковых данных для контроля зон произрастания борщевика Сосновского. Решение задачи контроля зон произрастания борщевика Сосновского по мультиспектральным спутниковым данным включает в себя ряд процедур: получение спутниковой информации; обнаружение зон произрастания борщевика Сосновского по спутниковым данным; отслеживание и анализ изменений зон произрастания борщевика Сосновского при помощи архивных данных; валидацию разработанного метода обработки мультиспектральных спутниковых данных для различных космических аппаратов. Валидация разработанного метода проводилась по показателю площади борщевика Сосновского в пределах исследуемых участков местности по результатам сравнения с материалами полевых экспедиций и верифицированными результатами обработки данных космического аппарата RapidEye. Публикация результатов обработки в тематическом геопортале обуславливает возможность удаленного доступа к результатам контроля зон произрастания борщевика Сосновского по сети Интернет. **Практическая значимость:** разработанная технология контроля зон произрастания борщевика Сосновского по мультиспектральным спутниковым данным позволяет определять координаты и площади этих зон, что является опорной информацией для оперативного мониторинга природных сред.

Ключевые слова — контроль природной среды, борщевик Сосновского, дистанционное зондирование Земли.

Введение

Контроль зон произрастания различных видов растений сельскохозяйственного назначения может эффективно проводиться с применением данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) [1–3]. Данные спутниковой съемки являются объективными, охватывают значительные площади, имеют низкую стоимость. В настоящее время важной задачей в ряде регионов Российской Федерации является выявление мест произрастания борщевика Сосновского (БС) в целях возможного его использования как ценного производственного сырья либо уничтожения в местах бесконтрольного распространения [4]. Выявление зон дает основание для составления прогноза распространения по конкретным территориям, а также оценки урожайности БС.

Вид растений борщевик Сосновского (лат. *Heracleum Sosnowskyi*), во второй половине XX в. выращиваемый в СССР в качестве кормовой

культуры, в настоящее время включен в реестр сорных растений. В последние годы угроза распространения БС на территории Российской Федерации стоит крайне остро [5, 6]. Растения данного вида постепенно вытесняют растения других видов, занимая все новые площади. Помимо этого, БС представляет опасность для животных и человека, так как вызывает ожоги и ряд болезней [7]. Однако в настоящее время существуют предложения по использованию БС в качестве сырья для производства спиртов и древесного угля. При этом возникает необходимость разработки метода обработки мультиспектральных спутниковых данных в целях получения достоверной информации о зонах и динамике распространения БС. Применяемый в настоящее время метод контроля БС путем проведения полевых исследований имеет ряд недостатков, таких как опасность для человека, высокая стоимость, малая исследуемая площадь, субъективный фактор анализа данных.

Решение задачи контроля зон произрастания БС по мультиспектральным спутниковым данным включает в себя несколько процедур: получение спутниковой информации; обнаружение зон произрастания БС по спутниковым данным;

¹ Научный руководитель — кандидат географических наук, заместитель директора ЦКУ «КосмоИнформ-Центр» Санкт-Петербургского государственного университета аэрокосмического приборостроения Е. Ф. Чичкова.

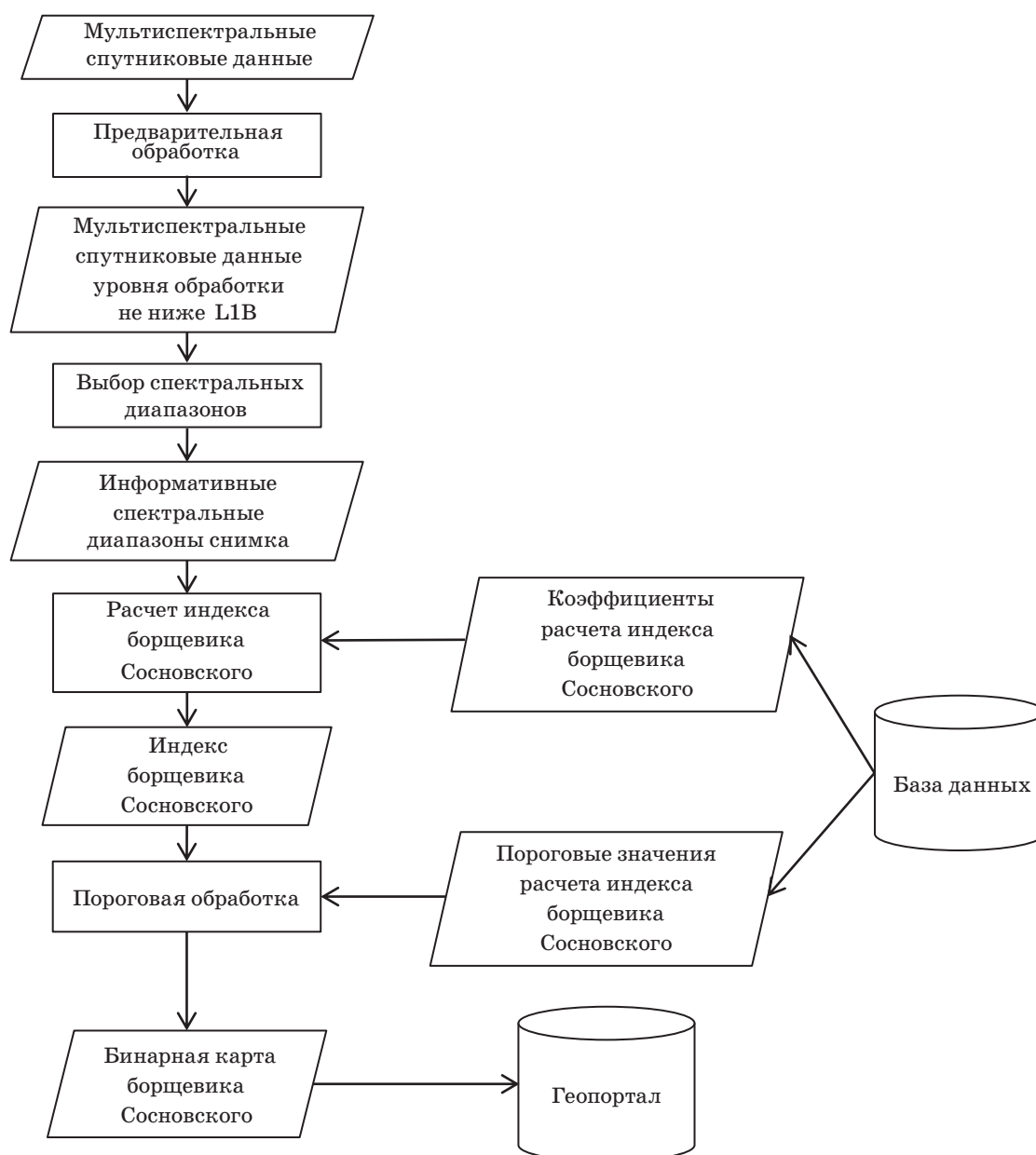
отслеживание и анализ изменений зон произрастания БС при помощи архивных данных; валидацию разработанного метода обработки мультиспектральных спутниковых данных для различных космических аппаратов (КА).

Структурная схема обработки мультиспектральных спутниковых данных для контроля зон произрастания борщевика Сосновского

В основе контроля зон произрастания БС лежит структурная схема обработки спутниковой информации (рис. 1).

Структурная схема реализована в виде программного комплекса обработки спутниковой информации в среде ERDAS Imagine Professional. Обработка спутниковых снимков производится с использованием попиксельного подхода.

В настоящее время в качестве исходной спутниковой информации для тематической обработки программным комплексом используются данные КА LandSat-8, Sentinel-2A (2B) и RapidEye уровня обработки L0 или L1B. В частности, для приведения исходных данных КА LandSat-8 к уровню обработки L1B необходимо проводить процедуру радиометрической калибровки, являющуюся стандартной операцией.



■ **Рис. 1.** Структурная схема обработки спутниковой информации для контроля зон произрастания БС
 ■ **Fig. 1.** Structural scheme of the satellite information processing for the area of Heracleum Sosnowskyi growth control

Выбор исходной спутниковой информации

Широкое разнообразие функционирующих на земной орбите КА ДЗЗ определяет необходимость выбора исходной спутниковой информации для решения поставленной задачи контроля. Как показали наземные наблюдения в Ленинградской области (ЛО), БС может расти как группами по 3–5 растений, так и единолично занимать до 100 % площади отдельных полей. Площадь отдельных ареалов может достигать значения нескольких гектаров. Исходя из пространственного разрешения (ПР) данных, регулярности съемки территорий, охватываемой площади и доступности данных производился выбор КА ДЗЗ для решения данной задачи. Установлено, что для контроля зон произрастания БС подходят данные с КА высокого и среднего ПР, например КА SPOT-7, «Ресурс-П/МБА», «Ресурс-П/ШМСА-ВР», «Канопус-В», LandSat-8, Sentinel-2A и RapidEye.

Для разработки метода обработки мультиспектральных спутниковых данных были выбраны данные с КА LandSat-8 (ПР — 30 м), Sentinel-2A (ПР — 10 м) и RapidEye (ПР — 6,5 м). Площади на поверхности Земли, охватываемые одним пикселем рассмотренных КА, следующие:

$$S_{LandSat-8} = 30 \times 30 \text{ м} = 900 \text{ м}^2 = 0,09 \text{ га};$$

$$S_{Sentinel-2A} = 10 \times 10 \text{ м} = 100 \text{ м}^2 = 0,01 \text{ га};$$

$$S_{RapidEye} = 6,5 \times 6,5 \text{ м} = 42,25 \text{ м}^2 \approx 0,004 \text{ га}.$$

При этом данные LandSat-8, Sentinel-2A — свободно распространяемые, периодичность съемки составляет 16 и 10 сут соответственно. RapidEye представляет собой группировку из пяти спутников с идентичными характеристиками, что обеспечивает периодичность съемки, равную 1 сут.

Спутниковые данные сверхвысокого ПР (лучше 2 м), например WorldView-2,3, QuickBird, GeoEye, неэффективны при решении задачи контроля ввиду недостаточного процента покрытия исследуемой территории за один сезон и высокой стоимости.

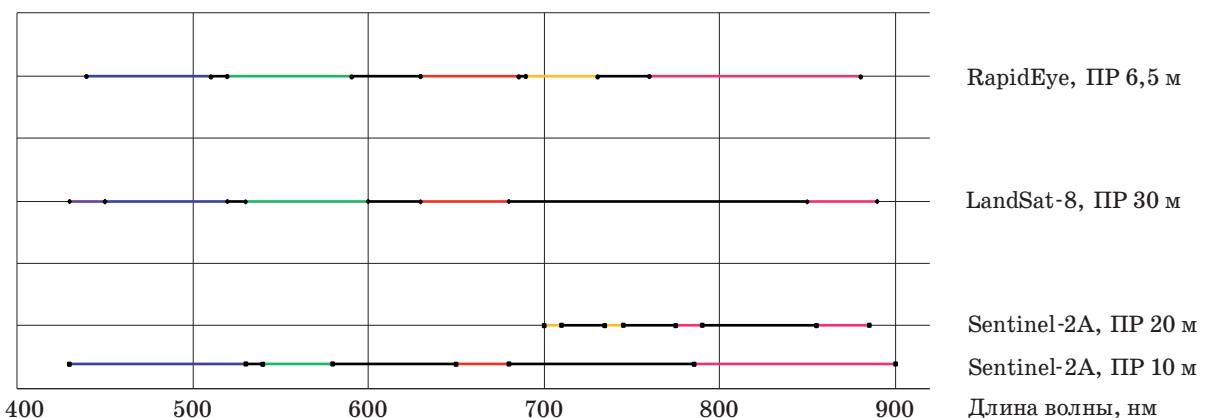
Спутниковые данные низкого ПР (250 м–1 км), например Terra/MODIS, Aqua/MODIS, Suomi/NPP, не использовались из-за недостаточного ПР. Площади пикселей изображений данных КА для большинства каналов съемки превышают 10 га.

При этом важным условием исследования является разработка универсального метода для решения задачи контроля БС по мультиспектральным спутниковым данным, что определяет использование в качестве информативных спектральных диапазонов тех из них, которые наиболее распространены среди современных систем ДЗЗ. Диаграмма спектральных диапазонов рассматриваемых КА в области видимого и ближнего инфракрасного излучения представлена на рис. 2.

Для всех рассмотренных систем общими являются синий, зеленый, красный и ближний инфракрасный съемочные диапазоны. Следует заметить, что каналы не полностью совпадают по диапазонам длин волн, так, например, ширина инфракрасного диапазона LandSat-8 составляет 40 нм, RapidEye — 120 нм, Sentinel-2A — 114 нм. Так как съемочный канал в фиолетовом диапазоне присутствует лишь у LandSat-8, его данные не использовались при разработке метода.

Информативные признаки зон произрастания борщевика Сосновского

Обнаружение зон произрастания БС по спутниковым данным производится на основе информативных признаков данного вида растений. В общем случае задача обнаружения объектов



■ Рис. 2. Спектральные диапазоны рассматриваемых КА ДЗЗ

■ Fig. 2. The spectral ranges of the Earth remote sensing satellites under consideration

подстилающей поверхности по мультиспектральным спутниковым снимкам заключается в распознавании этих объектов на фоне других объектов по определенным показателям. Необходимым условием обнаружения объектов подстилающей поверхности по спутниковым снимкам является наличие информативных признаков, характеризующих их отличительные особенности. Информативные признаки для решения задач обнаружения выбираются следующим образом: они должны с формальной точки зрения описывать объекты в виде определенного условия или критерия. Помимо этого, информативные признаки максимизируют различия между объектами интереса и другими объектами, а также минимизируют различия между объектами интереса [8–11].

При разработке метода обнаружения зон произрастания БС использовались мультиспектральные спутниковые данные КА RapidEye. На рис. 3, а и б приведены фрагменты снимков территории ЛО, на которых обнаружен БС.

Снимки представлены в естественных цветах (RGB — 3, 2, 1 — комбинация красного, зеленого и синего съемочных каналов). Целевой объект на изображениях выделяется ярким зеленым цветом. Спектральные яркости пикселей, соответствующих БС, отличаются от фоновых значений пикселей окружающей растительности и антропогенных объектов в рассмотренных спектральных диапазонах. По данным КА RapidEye для территории ЛО, полученных в 2011–2014 гг. (10 снимков), рассчитаны статистические харак-

теристики спектральных яркостей пикселей (математическое ожидание, дисперсия) для следующих типов поверхности: сельскохозяйственных полей; смешанных лесов; обнаженного грунта/почвы; болотистой растительности; урбанизированных зон; водных объектов; БС.

Для сельскохозяйственных полей выбрано по два тестовых участка на каждый снимок, соответствующих различным возделываемым сельскохозяйственным культурам или стадиям сельскохозяйственных работ. Для БС выбрано по три тестовых участка на каждый снимок, соответствующих различным фенологическим фазам БС. Для остальных типов поверхности выбрано по одному тестовому участку на снимок. Размер тестовых участков варьировался от 0,2 до 40 га.

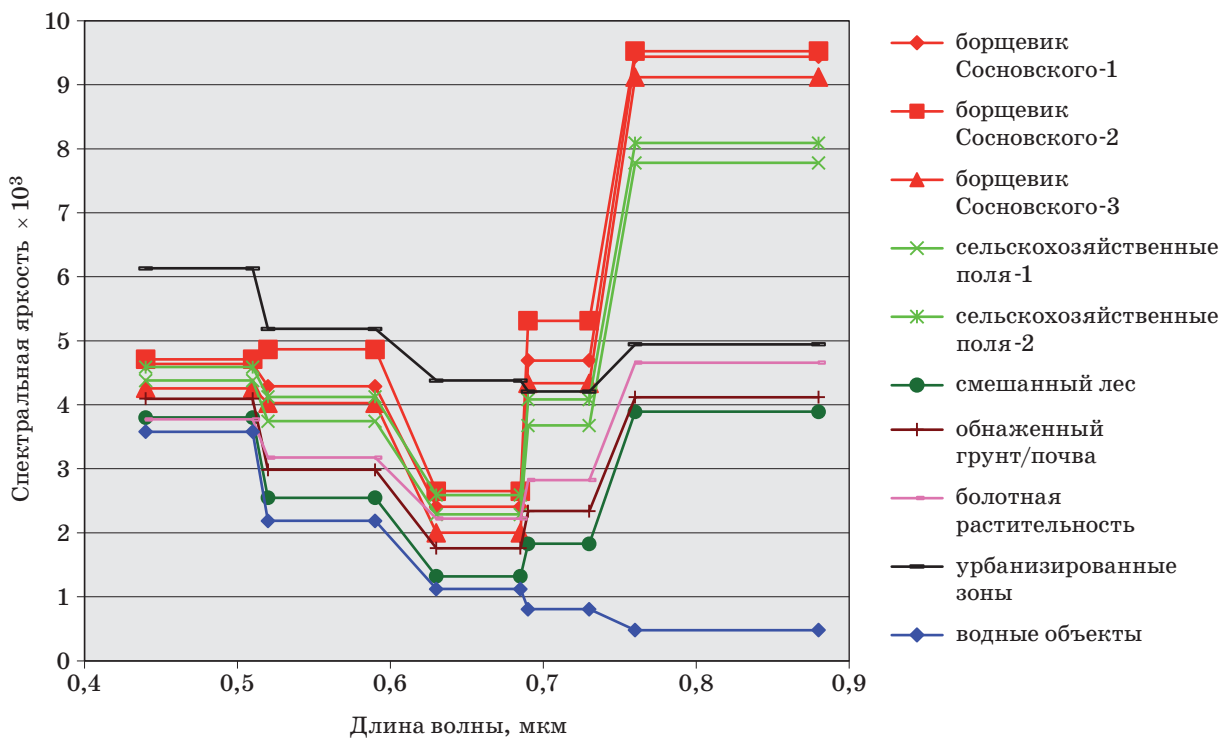
Зависимости средних значений спектральной яркости тестовых участков типов подстилающей поверхности от диапазонов длин волн каналов съемки КА RapidEye, проведенной 27.07.2013, представлены на рис. 4.

Исходя из отличий свойств отражения БС и других типов подстилающей поверхности, для решения задачи разработки метода обнаружения зон произрастания БС по мультиспектральным спутниковым данным выбраны следующие яркостные информативные признаки:

— БС имеет наиболее близкие значения (разница не более 250 ед.) в синем и зеленом спектральных диапазонах съемки, что объясняется более высокими значениями в зеленом диапазоне относительно синего по сравнению с другими рассмотренными классами объектов;



■ **Рис. 3.** Фрагменты снимков RapidEye, на которых присутствует БС (выделен красным): а — 27.07.2013, RGB — 3, 2, 1; б — 07.09.2013, RGB — 3, 2, 1
 ■ **Fig. 3.** Fragments of RapidEye images where the Heracleum Sosnowskyi is present (highlighted in red): а — 27/07/2013, RGB — 3, 2, 1; б — 07/09/2013, RGB — 3, 2, 1



■ **Рис. 4.** Зависимости средних значений спектральной яркости тестовых участков типов подстилающей поверхности от диапазонов длин волн каналов съемки КА RapidEye
 ■ **Fig. 4.** Dependencies of the average spectral brightness of the underlying surface types test sections from the wavelength ranges of the survey channels of the RapidEye satellite

— БС имеет наибольшие значения в ближнем инфракрасном спектральном диапазоне съемки (в некоторых случаях наряду с сельскохозяйственными полями);

— красный и крайний красный спектральные диапазоны съемки являются наименее информативными для обнаружения зон произрастания БС.

Тематическая обработка мультиспектральных спутниковых данных

Тематическая обработка мультиспектральных спутниковых данных состоит из двух этапов: попиксельного расчета индекса БС и пороговой обработки полученных данных (см. рис. 1).

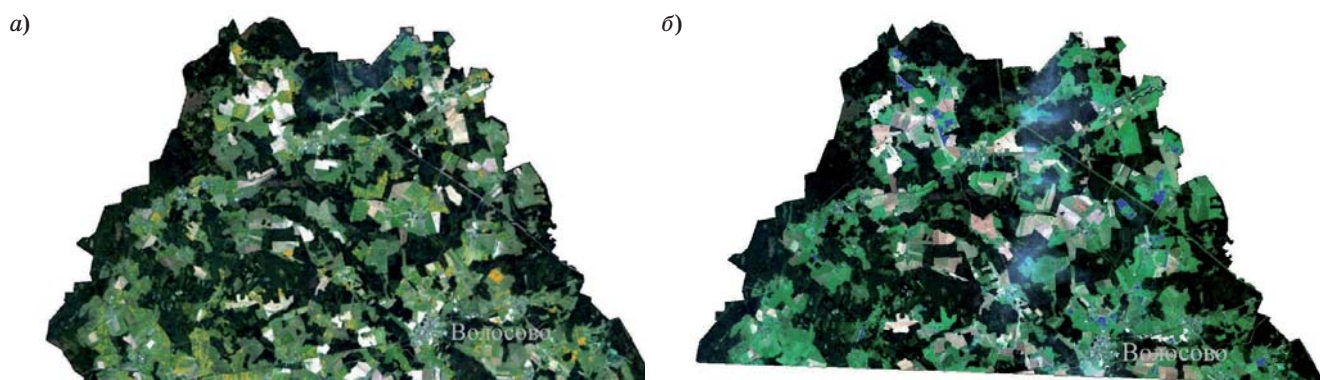
Расчет индекса БС базируется на методах спектральных преобразований и отношений, широко распространенных в ДЗЗ. Данные методы снижают влияние различий естественной освещенности и атмосферных искажений и являются наименее требовательными к выполнению предварительной обработки мультиспектральных спутниковых данных. Наиболее известна в настоящее время группа спектральных преобразований — индексы вегетации — показатели, отражающие состояние растительного покрова [12]. В результате проведенных исследований

установлено, что существующие индексы вегетации не применимы в качестве информативных признаков БС. Для решения задачи обнаружения зон произрастания БС разработано новое спектральное отношение [13], названное Heracleum Sosnowskyi Index (HSI). В настоящее время получен приоритет на изобретение для способа на основе HSI.

Разработанный индекс подразумевает использование коэффициентов для различных КА, которые хранятся в базе данных. Следует заметить, что природные объекты подвержены изменениям характеристик отражения в течение года [14]. Исходя из этого коэффициенты для расчета индекса БС подобраны эмпирическим путем с учетом смены фенологических фаз БС.

Расчитанный слой индекса HSI подвергается процедуре пороговой обработки. Пороговые значения выбирались на основе результатов обработки тестовых полигонов рассмотренных снимков. Пиксели, для которых значение индекса HSI превышает порог, маркировались как БС. В результате создавался бинарный растровый слой.

Как правило, на мультиспектральном спутниковом снимке имеются дефекты, «битые» пиксели, облачность, тени от облачности, которые могут привести к заведомо ложному результату. Поэтому требуется применение дополнительных



■ **Рис. 5.** Результат обнаружения зон произрастания БС, Волосовский район, ЛО: *а* — БС выделен оранжевым цветом, КА RapidEye, 07.09.2013; *б* — БС выделен синим цветом, КА Sentinel-2A, 22.08.2016

■ **Fig. 5.** The result of detection of the area of Heracleum Sosnowskyi growth, Volosovsky district, Leningrad Region: *a* — Heracleum Sosnowskyi — orange color, RapidEye, 07/09/2013; *б* — Heracleum Sosnowskyi — blue color, Sentinel-2A, 22/08/2016

критериев в виде пороговых значений, которые позволят устранить влияние этих эффектов [15].

В итоге процесса обработки спутниковых данных создается бинарный слой результатов обнаружения зон произрастания БС, который размещается в тематическом геопортальном проекте (рис. 5, *а* и *б*).

Представленная система обработки позволяет осуществлять контроль зон произрастания БС через анализ регулярно обновляющихся разновременных данных о зонах распространения БС, полученных на основе обработки спутниковой информации различных КА ДЗЗ. На следующих этапах контроля производится обнаружение изменений и определение динамики распространения БС (см. рис. 5). Все полученные результаты размещаются в геопортале в виде геопространственных слоев информации, что позволяет производить заключительный этап контроля, а именно анализ динамики зон произрастания БС.

Валидация метода обнаружения зон произрастания борщевика Сосновского по мультиспектральным спутниковым данным

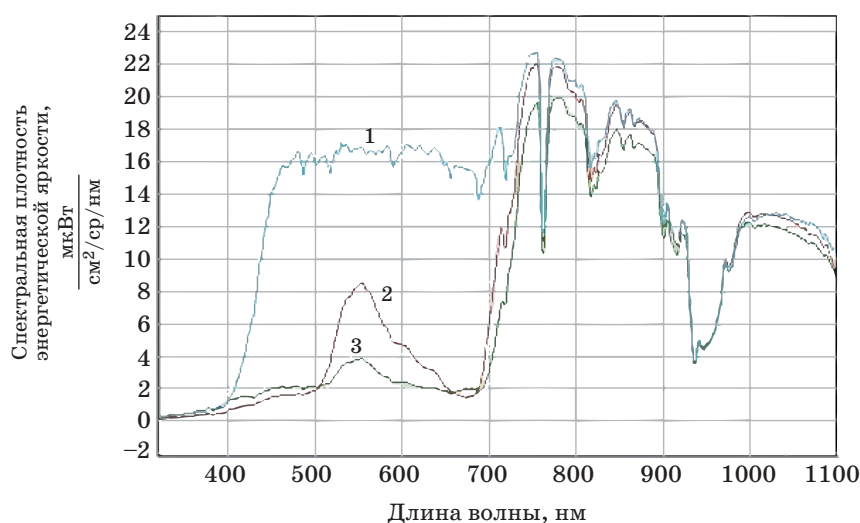
Валидация метода обнаружения зон произрастания БС проводилась на основе анализа результатов обработки мультиспектральных спутниковых данных КА RapidEye и материалов полевых исследований. Для проверки результатов обнаружения БС по спутниковым данным проведена серия полевых маршрутов в летний период 2016 г. При помощи полевого портативного спектрометра PSR-1100 произведены измерения для соцветий и листьев БС в отдельности (см. рис. 5, *б*), измеряемая величина — спектральная плотность

энергетической яркости. Сравнение графиков, полученных по данным спутниковой съемки КА RapidEye (см. рис. 4) и по измерениям спектрометра (рис. 6), показывает, что основные яркостные информативные признаки обнаружения БС по спутниковым данным подтверждаются результатами полевых измерений.

На следующем этапе проводилась валидация разработанного метода по показателю площади БС в пределах исследуемого участка местности. Результаты расчета площадей по разработанному методу обнаружения БС сравнивались с материалами полевых экспедиций. В качестве исследуемых участков выбраны территории вблизи поселков Разметелево (Всеволожский район, ЛО), Мельниково (Приозерский район, ЛО), Янино (Всеволожский район, ЛО), Федоровское (Тосненский район, ЛО), для которых были проведены маршрутные исследования в 2014–2016 гг.

По результатам обработки спутниковых данных и материалов полевых экспедиций среднеквадратическое отклонение площади исследуемых участков составило 7 %. Полученный результат обусловлен недостаточным ПР для обнаружения каждого растения БС и признан удовлетворительным. Для проведения валидации метода обнаружения зон произрастания БС планируется использование результатов дешифрирования аэрофотосъемки. Для этих целей достаточно и экономически оправдано проведение аэрофотосъемки с беспилотного летательного аппарата.

Валидация разработанного метода обнаружения для КА LandSat-8 и Sentinel-2A проведена по верифицированным результатам обработки данных КА RapidEye. Необходимость проведения валидации разработанного метода возникает также в случае использования данных новых космиче-



■ **Рис. 6.** Зависимости спектральной плотности энергетической яркости от длины волны, полевые измерения 12.07.2016: 1 — соцветие БС, стадия цветения; 2 — лист БС; 3 — травянистая растительность

■ **Fig. 6.** Dependence of brightness spectral density from wavelength, field measurements 12/07/2016: 1 — inflorescence of *Heracleum Sosnowskyi*, flowering stage; 2 — sheet *Heracleum Sosnowskyi*; 3 — grassy vegetation

ских аппаратов, отличающихся по орбитальным, спектральным и пространственным параметрам съемки.

Заключение

Метод обработки мультиспектральных спутниковых данных для решения задачи контроля зон произрастания БС разработан на основе данных КА RapidEye и использовался при выполнении государственного контракта № 22 от 19.08.2015 г. (заказчик — Комитет по агропромышленному и рыбохозяйственному комплексу Ленинградской области). Метод адаптирован к данным КА LandSat-8 и Sentinel-2A. В соответствии с разработанными требованиями к ПР и составу спектральных диапазонов снимков, используемых в качестве исходных данных, метод и технология могут быть адаптированы для КА SPOT-6,7, LandSat-7 (архивные данные), «Ресурс-П/МВА», «Ресурс-П/ШМСА-ВР», «Канопус-В» и др.

Разработанная технология контроля позволяет определять координаты и площади зон произрас-

тания БС, что может служить опорной информацией для оперативного мониторинга природных сред, осуществляемого в настоящее время территориальными управлениями по сельскому хозяйству, а также рядом академических и отраслевых организаций и институтов, выполняющих исследования в области экологии, природопользования и сельского хозяйства. Данный метод применим для оценки общей урожайности БС в пределах отдельных регионов Российской Федерации.

Использование в качестве исходной информации спутниковых снимков ряда КА обеспечивает возможность оперативного получения и обновления результатов контроля. Публикация результатов обработки в тематическом геопортале обуславливает возможность удаленного доступа к результатам контроля БС по сети Интернет для принятия управленческих решений в сфере сельского хозяйства и природопользования.

Разработанный метод может быть использован для контроля различных растительных компонентов ландшафта, а также для составления фитоэкологических, флористических и прогнозных карт в задачах биогеографии и экологии.

Литература

1. Ткачева А. А., Фаворская М. Н. Моделирование трехмерных сцен лесных участков по данным лазерного сканирования и аэрофотоснимкам // Информационно-управляющие системы. 2015. № 6. С. 40–49. doi:10.15217/issn1684-8853.2015.6.40
2. Зинченко В. Е., Лохманова О. И., Калиниченко В. П., Глухов А. И., Повх В. И., Шляхова Л. А. Космиче-

ский мониторинг земель сельскохозяйственного назначения юга России // Исследование Земли из космоса. 2013. № 3. С. 33–44.

3. Кобелева Н. В., Чичкова Е. Ф. Использование аэрокосмических данных для выявления и картографирования структурно-динамических особенностей спонтанных и антропогенных фитоэкосистем // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса: Тез. докл. 14-й Всерос. от-

- крытой конф., Москва, 14–29 ноября 2016 г. С. 33. <https://elibrary.ru/item.asp?id=28175366> (дата обращения: 15.10.2017).
4. Жиглова О. В. Использование геоинформационных технологий при выявлении очагов борщевика Сосновского // Защита и карантин растений. 2012. № 5. С. 8–9.
 5. Симонов Г. А., Никульников В. А., Затеев В. С. Борщевик Сосновского — злостный засоритель полей // Ученые зап. Орловского государственного университета. Сер. Естественные, технические и медицинские науки. 2011. № 3. С. 324–326.
 6. Иванов М. Ф. Борьба с борщевиком Сосновского в Новгородской области // Защита и карантин растений. 2012. № 10. С. 26–27.
 7. Лунева Н. Н. Борщевик Сосновского в Российской Федерации // Защита и карантин растений. 2014. № 3. С. 12–18.
 8. Хименко В. И., Охтилев М. Ю., Ключарев А. А., Матяш В. А. Анализ информативных признаков в задачах обработки данных аэрокосмического мониторинга // Информационно-управляющие системы. 2017. № 2. С. 2–12. doi:10.15217/issn1684-8853.2017.2.2
 9. Рыжиков Д. М. Автоматизация дешифрирования космических снимков по эталонному спектральному образу лиственного леса // Научная сессия ГУАП. Ч. II. Технические науки: сб. докл. СПб., 2015. С. 292–297.
 10. Кондратьев К. Я., Федченко Н. П. Спектральная отражательная способность и распознавание растительности. — Л.: Гидрометеоиздат, 1982. — 216 с.
 11. Лебедев В. В., Гансвинд И. Н. Проектирование систем космического мониторинга. — М.: Наука, 2010. — 388 с.
 12. Черепанов А. С. Вегетационные индексы // Геомастика. 2011. № 2. С. 98–102.
 13. Рыжиков Д. М., Тимофеев А. С. Технология мониторинга борщевика Сосновского с онлайн геопортальной поддержкой [Электронный ресурс] // Дистанционное зондирование Земли — сегодня и завтра: материалы 2-й Междунар. конф. 2014. — 1 электрон. опт. диск (CD-ROM).
 14. Григорьев А. Н. Методика формирования спектральных характеристик объектов на основе мультимедийных данных космической гиперспектральной съемки // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2014. Т. 11. № 2. С. 175–184.
 15. Чичкова Е. Ф., Кондратьев С. А., Рыжиков Д. М., Тимофеев А. С., Шмакова М. В. Идентификация типов подстилающей поверхности по данным спутниковой съемки Landsat с целью оценки биогенной нагрузки на Финский залив // Ученые зап. Российского государственного гидрометеорологического ун-та. 2016. № 43. С. 246–254.

UDC 528.8, 58.084

doi:10.15217/issn1684-8853.2017.6.43

Heracleum Sosnowskyi Growth Area Control by Multispectral Satellite Data

Ryzhikov D. M.^a, First Category Engineer, ryzhikov89@yandex.ru

^aCSS «KosmoInform-Center» Saint-Petersburg State University of Aerospace Instrumentation, 67, B. Morskaya St., 190000, Saint-Petersburg, Russian Federation

Introduction: An important problem in some regions of Russian Federation is identifying the areas where *Heracleum Sosnowskyi* grows, an invasive weed dangerous for animals and humans, causing burns and certain diseases. The areas of *Heracleum Sosnowskyi* growth can be effectively monitored using Earth remote sensing data. **Purpose:** On the basis of the proposed method for multispectral satellite data processing, a technology should be developed for *Heracleum Sosnowskyi* growth area control. **Results:** A method for *Heracleum Sosnowskyi* growth area control has been developed and implemented as a software package in ERDAS Imagine Professional environment. The solution of the problem includes a number of procedures: obtaining the satellite data; detecting *Heracleum Sosnowskyi* growth areas from these data; monitoring and analysis of changes in these areas with the help of archival data; validation of the developed method of multispectral satellite data processing for various satellites. The indicator for the method validation was the area covered by *Heracleum Sosnowskyi* within the surveyed zones. Field expedition materials were compared with the verified results of RapidEye satellite data processing. The results of the processing are published in a thematic geoportal project, providing the possibility of remote access to them over the Internet. **Practical relevance:** The developed control technology allows you to determine the coordinates and areas of *Heracleum Sosnowskyi* growth zones, which can serve as reference information for the operational monitoring of natural environments.

Keywords — Environmental Control, *Heracleum Sosnowskyi*, Earth Remote Sensing.

References

1. Tkacheva A. A., Favorskaya M. N. Modeling of 3D Forest Scenes by Laser Scanning and Air Photo Data. *Informatsionno-upravliaiushchie sistemy* [Information and Control Systems], 2015, no. 6, pp. 40–49 (In Russian). doi:10.15217/issn1684-8853.2015.6.40
2. Zinchenko V. E., Lokhmanova O. I., Kalinitchenko V. P., Glukhov A. I., Povkh V. I., Shljakhova L. A. Land Monitoring from Space of Agricultural Fields in the Southern Part of Russia. *Issledovanie Zemli iz kosmosa*, 2013, no. 3, pp. 33–44 (In Russian).
3. Kobeleva N. V., Chichkova E. F. The Use of Aerospace Data to Identify and Mapping the Structural and Dynamic Features of Spontaneous and Anthropogenic Phytoecosystems. *Sbornik tezisov dokladov Chetyrnadcatoy Vserossijskoj otkrytoy konferencii "Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniia Zemli iz kosmosa"* [Abstracts of the Four-

- teenth All-Russian Open Conf. "Current Problems in Remote Sensing of the Earth from Space", Moscow, November 14–29, 2016, pp. 33 (In Russian). Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=28175366> (accessed 15 October 2017).
4. Zhiglova O. V. The use of Geoinformation Technologies in the Detection of Heracleum Sosnowskyi Outbreaks. *Zashchita i karantin rastenii*, 2012, no. 5, pp. 8–9 (In Russian).
 5. Simonov G. A., Nikulnikov V. A., Zateev V. S. Heracleum Sosnowskyi — Malicious Weed of Fields. *Uchenye zapiski Orlovskogo gosudarstvennogo universiteta. Ser. Estestvennye, tekhnicheskie i meditsinskie nauki*, 2011, no. 3, pp. 324–326 (In Russian).
 6. Ivanov M. F. Struggle against the Heracleum Sosnowskyi in the Novgorod region. *Zashchita i karantin rastenii*, 2012, no. 10, p. 26–27 (In Russian).
 7. Luneva N. N. Heracleum Sosnowskyi in Russian Federation. *Zashchita i karantin rastenii*, 2014, no. 3, pp. 12–18 (In Russian).
 8. Khimenko V. I., Okhtilev M. Yu., Klucharev A. A., Matiash V. A. Informative Feature Analysis in Data Processing for Aerospace Monitoring. *Informatsionno-upravlyaiushchie sistemy [Information and Control Systems]*, 2017, no. 2, pp. 2–12 (In Russian). doi:10.15217/issn1684-8853.2017.2.2
 9. Ryzhikov D. M. Automation of the Space Images Interpretation by Deciduous Forest Spectral Signature. *Nauchnaia sessia GUAP. Chast' II. Tekhnicheskie nauki*, 2015, pp. 292–297 (In Russian).
 10. Kondratyev K. Y., Fedchenko Y. P. *Spektral'naiia otrazhatel'naiia sposobnost' i raspoznavanie rastitel'nosti* [Spectral Reflectance and Vegetation Recognition]. Leningrad, Gidrometeoizdat Publ., 1982. 216 p. (In Russian).
 11. Lebedev V. V., Gansvind I. N. *Proektirovanie sistem kosmicheskogo monitoringa* [Remote Sensing Systems Design]. Moscow, Nauka Publ., 2010. 388 p. (In Russian).
 12. Cherepanov A. S. Vegetation indexes. *Geomatika*, 2011, no. 2, pp. 98–102 (In Russian).
 13. Ryzhikov D. M., Timofeev A. S. Technology of Heracleum Sosnowskyi Monitoring with Online Geoportals Support. *Materialy vtoroj Mezhdunarodnoi konferentsii "Distantionnoe zondirovanie Zemli — segodnia i zavtra"* [Proc. of the 2nd Intern. Conf. "Earth Remote Sensing — Today and Tomorrow"], 2014 (In Russian). — 1 electron. opt. disk (CD-ROM).
 14. Grigoriev A. N. The Method of Formation of Objects Spectral Characteristics on the basis of Multitemporal Data of Space Hyperspectral Remote Sensing. *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniia Zemli iz kosmosa*, 2014, vol. 11, no. 2, pp. 175–184 (In Russian).
 15. Chichkova E. F., Kondratyev S. A., Ryzhikov D. M., Timofeev A. S., Shmakova M. V. Identification of the Land Surface types on LandSat Data to Assess the Nutrient Load of the Gulf of Finland. *Uchenye zapiski Rossiiskogo gosudarstvennogo gidrometeorologicheskogo universiteta*, 2016, no. 43, pp. 246–254 (In Russian).

**Научный журнал
«ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩИЕ СИСТЕМЫ»
выходит каждые два месяца.**

Стоимость годовой подписки (6 номеров) для подписчиков России — 6000 рублей, для подписчиков стран СНГ — 6600 рублей, включая НДС 18%, таможенные и почтовые расходы.

Подписку на печатную версию журнала можно оформить в любом отделении связи по каталогу:

«Роспечать»: № 15385 — полугодовой индекс,
а также через посредство подписных агентств:
«Северо-Западное агентство „Прессинформ“»
Санкт-Петербург, тел.: (812) 335-97-51, 337-23-05,
эл. почта: press@crp.spb.ru, zajavka@crp.spb.ru,
сайт: <http://www.pinform.spb.ru>

«МК-Периодика» (РФ + 90 стран)
Москва, тел.: (495) 681-91-37, 681-87-47,
эл. почта: export@periodicals.ru, сайт: <http://www.periodicals.ru>

«Деловая пресса»
Москва, тел.: (495) 962-11-11, эл. почта: podpiska@delpress.ru,
сайт: <http://delpress.ru/contacts.html>

«Коммерсант-Курьер»
Казань, тел.: (843) 291-09-99, 291-09-47, эл. почта: kazan@komcur.ru,
сайт: <http://www.komcur.ru/contacts/kazan/>

«Урал-Пресс» (филиалы в 40 городах РФ)

Сайт: <http://www.ural-press.ru>

«Идея» (Украина)

Сайт: <http://idea.com.ua>

«ВТЛ» (Узбекистан)

Сайт: <http://btl.sk.uz/ru/cat17.html> и др.

На электронную версию нашего журнала (все выпуски, годовая подписка, один выпуск, одна статья) вы можете подписаться на сайтах НЭБ: <http://elibrary.ru>;

РУКОНТ: <http://www.rucont.ru>; ИВИС: <http://www.ivis.ru/>

Полнотекстовые версии журнала за 2002–2016 гг.
в свободном доступе на сайте журнала (<http://www.i-us.ru>),
НЭБ (<http://www.elibrary.ru>)
и Киберленинки (<http://cyberleninka.ru/journal/n/informatsionno-upravlyayushchiesistemy>).