

Кравцова В.И.¹

КОСМИЧЕСКИЕ СНИМКИ В ЭКОЛОГИЧЕСКОМ АТЛАСЕ РОССИИ

АННОТАЦИЯ

Новое издание Экологического атласа России (2017) оснащено космическими снимками, помогающими решить основную задачу атласа – показать современную экологическую обстановку на территории России, осветить разнообразие взаимоотношений природы и общества, используя доступные средства визуализации. Включение космических снимков в атлас связано с тем, что они объективно, беспристрастно передают современное состояние природы, отражая неблагоприятное антропогенное воздействие во всех средах – загрязнение воздуха и вод, нарушение и загрязнение земной поверхности, ее растительного покрова. В атласе приводятся материалы космической съемки в разной форме, решаемые ими задачи также различны. Выделено четыре целевых направления использования космической информации. **К первой** относятся снимки, преобразованные и превращенные в фотокарты разного тематического содержания, которые используются в атласе **на правах карт** (так же как и тематические карты, составленные по космическим снимкам). Это относится к материалам по миру в целом (огни Земли) и территории России, для которой приведены фотокарты состояния ее поверхности летом и зимой, а также фотокарты земных покровов, растительности, используемого для оценки продуктивности геосистем показателя «вегетационного индекса» NDVI и его сезонных изменений. **Вторую группу** составляют снимки, применяемые в качестве **дополнения к картам**, визуализирующие отображаемые на картах объекты. Они играют важную роль для лучшего понимания традиционных карт атласа. На снимках даны характерные примеры изображения всех основных типов ландшафтов в точном соответствии с легендой карты. Особенно ценно подобное дополнение для такого показателя, как структуры почвенного покрова, названия которых в легенде не позволяют пространственно представить эти структуры, а снимки успешно решают эту задачу. **К третьей группе** относятся снимки, отражающие **воздействие хозяйственной деятельности на окружающую среду** – загрязнение воздуха и вод, нарушения и загрязнение поверхности, особенно при добыче разнообразных полезных ископаемых. И, наконец, **четвертую** составляют снимки, показывающие плачевные **результаты антропогенного воздействия**, в первую очередь, в промышленных городах. Отдельно выделены промышленные города экологически уязвимых районов Севера. Две последние группы ввиду их особой важности наиболее разнообразны и многочисленны.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: космические снимки, отображение, визуализация, антропогенное воздействие, экологические проблемы.

¹ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Географический факультет, Ленинские горы, д. 1, 119991, Москва, Россия, e-mail: valentinamsu@yandex.ru

Valentina I. Kravtsova¹

SATELLITE IMAGES IN ECOLOGICAL ATLAS OF RUSSIA

ABSTRACT

The new edition of Ecological atlas of Russia (2017) is rigged with satellite images which helps to decide the main goal of atlas – to show the recent ecological situation at Russia territory, to discover diversity of nature and society connections, using accessible means of visualization. Including of satellite images into atlas caused with the obstacle that they impartiality show the recent stage of nature and reflect unfavorable anthropogenic impact to all mediums – air pollution and water contamination, disturbing and pollution of earth surface, its vegetation cover. Materials of satellite survey have been shown in atlas in different form and with various goals. Four tasks directions of satellite information applying may be named. *The first* of them includes satellite images, processed and transformed into photomaps of various thematic content. They represent in atlas *at rules of maps* (as well as thematic maps compiled by satellite images). Such are materials for the whole world (lights at the Earth) and the territory of Russia, for which the atlas contents: photomaps of its surface stage in winter and summer seasons; photomaps of land cover; vegetation cover; exponent "vegetation index" NDVI and its seasonal changes, using for estimation of geosystems productivity. *The second* group consist of images, using *as addition to maps* for visualization of mapped objects. They play important role for better understanding of some traditional maps. So images show characteristic oblique of different landscapes in accuracy corresponding with legend of the landscapes map. Such addition especially important for so exponent as soil cover structure: their names in legend does not let to represent these structures in space, but satellite images carry out this task. The third group includes images, which reflect influence of economics activity to environment – contamination of water and air, destruction and pollution of earth surface, especially under minerals exploration. And at least *the fourth* group consists of images, which shows sad *results of anthropogenic impact*, at first in industry towns. Industrial towns of the North regions, ecologically the most vulnerable, have been especially distinguished. The last two groups are the most numerous and multiform due to their grate importance.

KEYWORDS: satellite images, reflection, visualization, anthropogenic impact, ecological problems.

ВВЕДЕНИЕ

Космические снимки объективно, беспристрастно фиксируют состояние земной поверхности, отражают его на строго определенный момент времени, когда производилась съемка. Они передают картину экологического неблагополучия, указывают на его источники и причины, в том числе противоправные действия человека на земле, могут служить и уже используются как юридические документы при решении спорных вопросов природопользования. Постоянное совершенствование космических снимков, повышение пространственного разрешения и повторяемости съемки, освоение новых спектральных диапазонов делает их одним из надежных средств экологического мониторинга. Поэтому широкий круг специалистов по экологическим проблемам заинтересован в привлечении космических материалов, освоении работы с ними. В дополнение к этим несомненным достоинствам снимки выразительно передают картину земной поверхности, привлекают

¹ Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Leninskie Gory, 1, 119991, Moscow, Russia, e-mail: valentinamsu@yandex.ru

внимание узнаваемостью ее деталей, побуждают к ее дальнейшему исследованию, порождают творческую мысль.

Несомненные достоинства космических снимков при рассмотрении и решении разнообразных экологических проблем обусловили их включение в новое издание Экологического атласа России [Касимов и др., 2009], в котором содержится более 100 документов, основанных на материалах космической съемки, и им посвящено 50 страниц, т. е. 10 % объема атласа.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В атлас включены как оригинальные космические снимки на конкретную дату, составляющие большую часть приводимых материалов, так и некоторые результаты их обработки на пути от снимка к карте. Это прежде всего сочленение массивов снимков для покрытия обширных территорий, к каким относится Россия; объединение снимков за разные даты для характеристики определенного временного интервала, например, создание сезонных изображений; выделение на снимках исследуемых объектов или выполнение компьютерной классификации, завершающейся по существу тематической фотокарты; и, наконец, создание по снимкам тематической карты, отражающей состояние объектов на определенную дату или их изменение за определенный интервал времени.

Большая часть показанных в атласе космических снимков, иллюстрирующих в локальных масштабах антропогенное воздействие на природу и его результаты в виде нарушений поверхности, деградации растительности, загрязнения воздуха и вод, представляют собой фрагменты снимков со спутников Meteor, Ресурс-Ф, Landsat, SPOT, а также снимков высокого разрешения со спутников Ikonos, QuickBird, GeoEye, включенных в бесшовные покрытия информационных систем «Космоснимки», GoogleEarth, рекомендуемых нами для тематического картографирования [Кравцова, 2017]. Визуальный анализ этих детальных снимков выполнен с привлечением всех возможных материалов о территории, в том числе широко представленных в Интернете, а анализ результатов антропогенного воздействия в промышленных городах проведен на основе их эколого-экономико-географических исследований [Битюкова, 2015]. Региональный анализ изменений природных геосистем в результате антропогенного воздействия проводился на основе автоматизированной обработки полученных в разные годы снимков со спутников Landsat, SPOT, для чего разработаны специальные методы компьютерной классификации [Экология Севера, 2003]. Космические изображения, охватывающие территорию России в целом, получены со спутника Terra по материалам съемки системой MODIS, методы обработки которых для создания фотокарт и тематических карт разработаны в ИКИ РАН [Барталев, Лупян, 2013]. Ночная фотокарта мира получена НАСА по снимкам спутника DMSP.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Как указывалось, в атласе приводятся материалы космической съемки как оригинальные, так и в разной степени обработанные на пути от снимка к карте. Решаемые ими задачи различны; можно выделить четыре целевых направления использования космических материалов. **К первому** относятся снимки, преобразованные и превращенные в фотокарты разного тематического содержания, которые включены в атлас *на правах карт* (так же как и тематические карты, составленные по космическим снимкам). Это относится к материалам по миру в целом и территории России. Атлас открывает фотокарта ночных огней Земли, на которой кроме освещения городов и дорог зафиксированы огни нефтегазовых факелов, лесных и травяных пожаров, прожекторов ночного лова рыбы. Для России в целом представлены фотокарты (сочлененные из снимков на нескольких витках компо-

зитные изображения MODIS, очищенные от влияния облаков, теней, различий в условиях наблюдения на разных пролетах спутника), отражающие состояние экосистем суши в разные сезоны года – зимой и летом. Другая фотокарта, показывающая земельные покровы России, представляет собой часть глобальной карты GLC (Global Land Cover), ее легенда включает 17 типов покровов, распространенных на территории нашей страны. Дистанционный мониторинг продукционных процессов экосистем, развития фитомассы осуществляется на основе определяемого по снимкам показателя «вегетационного индекса» NDVI, поэтому в атлас включены фотокарты сезонных изменений NDVI. Современный растительный покров России охарактеризован на детальной фотокарте, для создания которой по снимкам MODIS с привлечением более детальных снимков разработан специальный метод локально-адаптивной классификации [Барталев и др., 2011].

Вторую группу составляют снимки, используемые в качестве *дополнения к картам*, визуализирующие отображаемые на картах объекты. Такое дополнение играет важную роль для лучшего понимания традиционных карт атласа. Примером служит ландшафтная карта. На включенных в атлас снимках со спутника Landsat даны характерные примеры изображения всех основных типов ландшафтов в точном соответствии с легендой карты. На рис. 1 приведены фрагменты снимков для субарктических, бореальных и суббореальных ландшафтов равнин, иллюстрирующие: типичные тундровые ландшафты (средняя часть полуострова Ямал) (рис. 1, а); южнотаежные восточноевропейские ландшафты (Ярославская область, бассейн р. Костромы) (рис. 1, б); степные типичные восточноевропейские ландшафты (Среднерусская возвышенность, Воронежская область) (рис. 1, в); пустынные прикаспийские (Чеченская республика, Ногайские пески) (рис. 1, г).

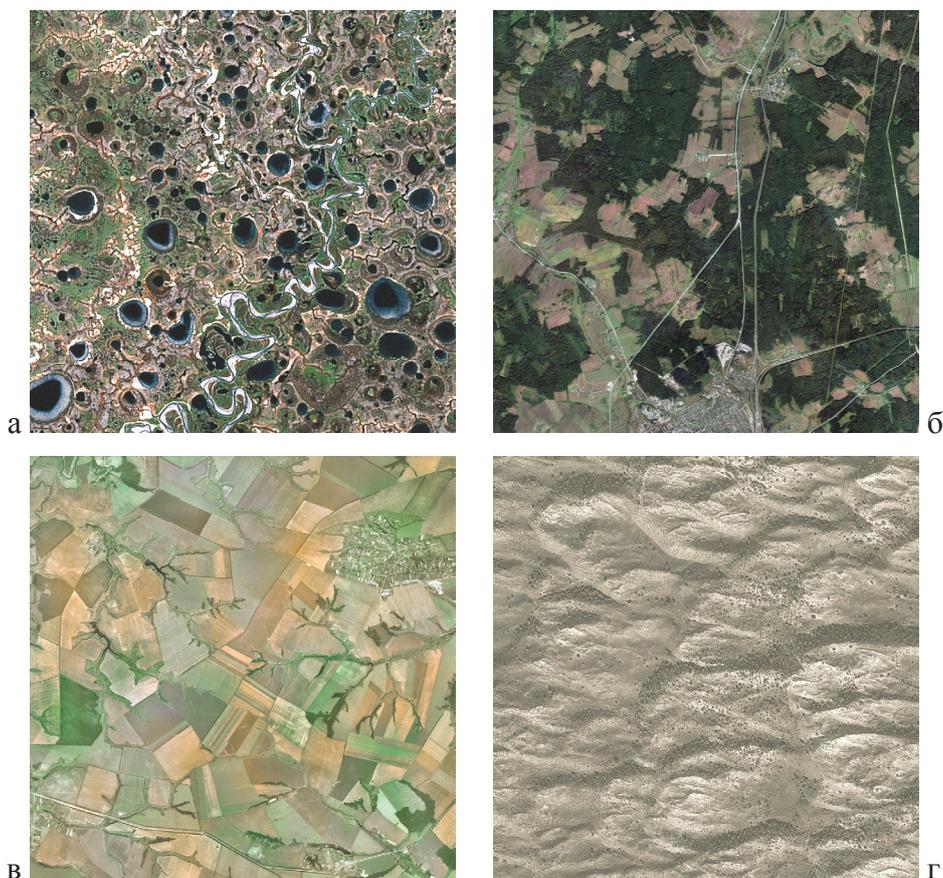


Рис. 1. Изображение некоторых типов ландшафтов на космических снимках
 Fig. 1. Image of some types of landscapes at satellite pictures

Особенно ценно подобное дополнение для карты такого показателя, как структура почвенного покрова. Названия выделяемых структур в легенде, иногда довольно сложные, не позволяют пространственно представить особенности этих структур на местности, а снимки успешно решают эту задачу. На рис. 2 представлены примеры изображения на снимках полигонально-валиковых структур криогенных комплексов на Южном Таймыре (рис. 2, а), линейных грядовых и мелкопятнисто-западинных структур на Приобском плато (рис. 2, б), древовидных (эрозионных) и спорадически пятнистых агрогенно модифицированных структур на Среднерусской возвышенности (рис. 2, в), высотно-дифференцированных кольцевых вулканогенных структур на Камчатке (рис. 2, г).

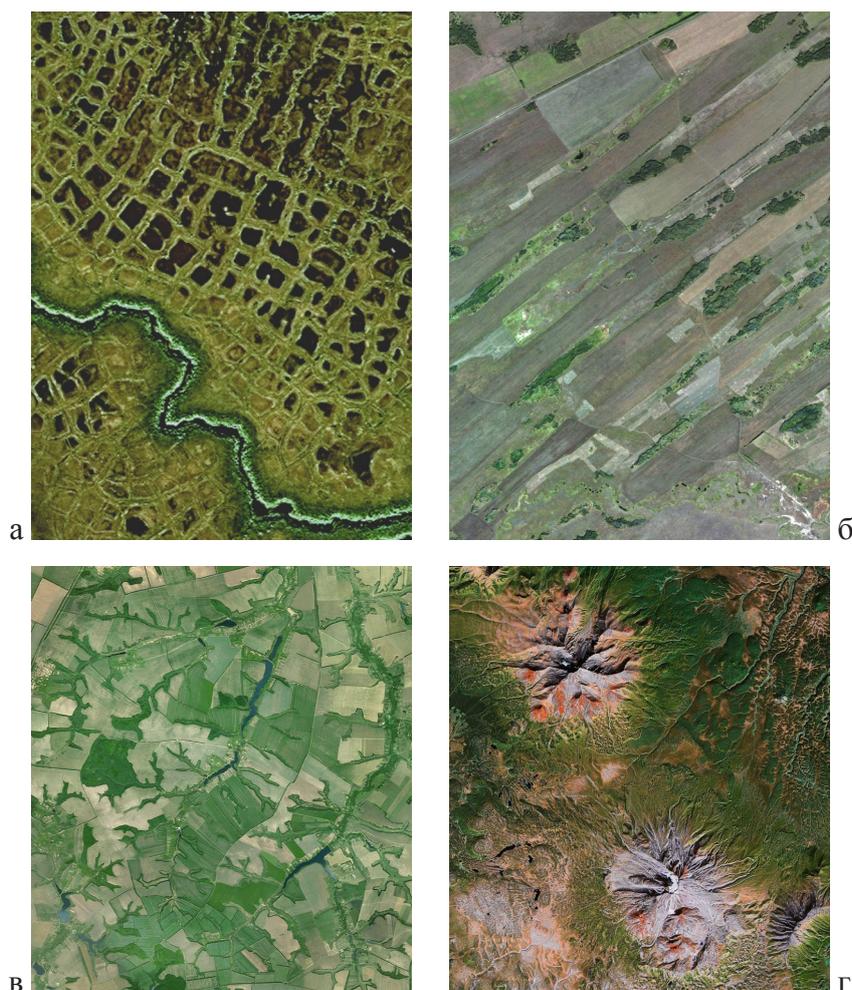


Рис. 2. Отображение некоторых типов структур почвенного покрова на космических снимках

Fig. 2. Image of some types of soil cover structures at satellite pictures

К третьей группе относятся снимки, отражающие *воздействие хозяйственной деятельности* на природу во всех ее средах – загрязнение воздуха и вод, нарушения и загрязнение поверхности, особенно при добыче разнообразных полезных ископаемых. Специальная подборка снимков показывает источники антропогенного воздействия. Загрязнение воздуха проиллюстрировано снимками Landsat и GeoEye с дымовыми факелами промышленных предприятий в Подмоскowie и Москве, над которой в ясную зимнюю погоду клубятся дымы 11 ТЭЦ. Четко отражается оно и в загрязнении снежного покрова вокруг городов центральной части Европейской России на обзорных снимках среднего разрешения с метеорологического

спутника. Загрязнение вод показано на примере участка «полосатой» Ангары со струями мутной воды вдоль левого берега из-за активных лесозаготовок и молевого сплава древесины и вдоль правого в связи с разработкой золоторудного рассыпного месторождения. А для оз. Имандра на Кольском полуострове приведен пример благотворного влияния перехода горнообогатительного предприятия по добыче апатитов в Хибинах на внутренний водооборот. Сравнение снимков со спутника Landsat, полученных в 1978 г., со снимками Ресурс-Ф, сделанными после этого перехода, в 1984 г., показывает резкое уменьшение загрязнения озера.

Специальная подборка снимков посвящена состоянию лесной растительности, ее нарушенности, причинам гибели лесов. В качестве главной причины рассмотрены лесные пожары. На снимках показаны дымовые факелы на территориях массового возгорания лесов в Западной Сибири. На примере участка в Магаданской области по серии разновременных снимков Landsat прослежено зарождение, развитие и последствия лесного пожара. Проиллюстрирована возможность долговременного мониторинга лесов, поврежденных насекомыми-вредителями, например, сибирским шелкопрядом в Красноярском крае. Показано отображение сухостойных лесов, поврежденных короедом-типографом, на космических снимках очень высокого разрешения.

Большой массив снимков высокого разрешения иллюстрирует нарушения природной среды при горной добыче, разработке месторождений полезных ископаемых (рис. 3). Показано воздействие на природу в процессе нефтедобычи в Западной Сибири (рис. 3, а), Коми, Башкирии, Татарстане, на Дальнем Востоке и на шельфе Арктики (рис. 3, б), при добыче угля в Кузбассе (рис. 3, в), на Северном Урале и Дальнем Востоке, железной руды в КМА и на Урале, апатито-нефелиновой руды в Хибинах, золота и алмазов в Якутии (рис. 3, г).

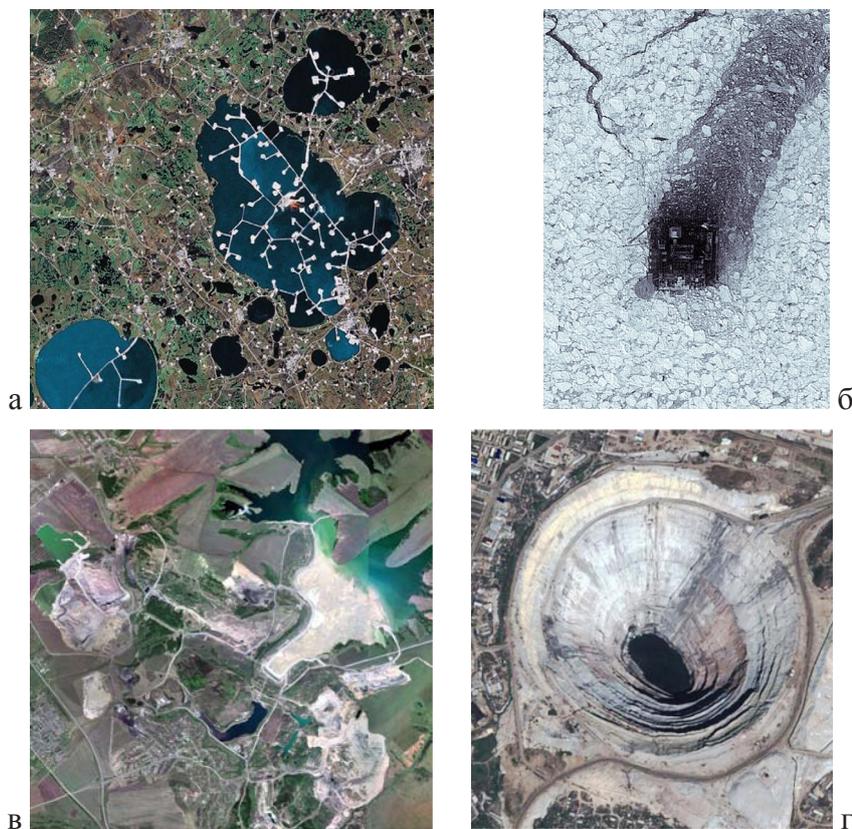


Рис. 3. Отражение воздействия на природную среду при добыче полезных ископаемых

Fig. 3. Reflection of impact at environment under mineral exploration

И, наконец, *четвертую группу* составляют снимки, показывающие плачевные *результаты антропогенного воздействия*, в первую очередь, в промышленных городах (рис. 4).



Рис. 4. Экологические проблемы промышленных городов
Fig. 4. Ecological problems in industrial towns

Две последние группы ввиду их особой важности наиболее разнообразны и многочисленны. Воздействие черной металлургии показано в Нижнем Тагиле, где предприятия горно-металлургического комбината занимают центральную часть города, а Горбуновский карьер открытой добычи руды вклинивается в его территорию. Влияние цветной металлургии хорошо видно в Ачинске с его глиноземным комбинатом, окруженным гроздьями «красного шлама» (рис. 4, а), тонкозернистый осадок которых загрязнен щелочью и представляет опасность для окружающей природы и человека. Влияние энергетики показано на примере Рефтинской ГРЭС в Свердловской области (рис. 4, б), – крупнейшей тепловой электростанции России, работающей на экибастузском каменном угле; труба этой ГРЭС высотой 330 м – одна из высочайших в мире – хотя и обеспечивает высокую степень рассеивания выхлопов, все же не спасает от загрязнения окружающие почвы, растительность и воды. Проблемы на предприятиях химической промышленности ярко проявились на снимках г. Дзержинского на Оке вблизи Нижнего Новгорода, где отходы химического производства сконцентрированы в шламовом озере, прозванном Белым морем (рис. 4, в). В г. Березники, расположенном на шахтных выработках одного из богатейших в мире Верхнекамского месторождения калийных и магниевых солей, разрабатываемого с XVII в., возникла опасность проседания грунта и образования провалов, которые происходили в 1986, 2007, 2010, 2011 гг.;

снимки показывают некоторые из них. На примере промышленности строительных материалов в г. Асбесте показано, что такое производство может быть и экологически чистым (рис. 4, г). Карьер по добыче хризотил-асбеста вынесен за пределы поселка, а большие зоны отвалов вскрышных пород удалены от города и рекультивируются, зарастая мелколесьем.

В атласе особо выделены промышленные города экологически уязвимых районов Севера – Кировск, Мончегорск, Воркута, Норильск. Для Норильска космические снимки показывают распространение ядовитых серноокислых дымов никелеплавильных и медноплавильных заводов, гибель лесов под их воздействием, опасное перемещение техногенных отвалов породы. Представлена составленная по снимкам Landsat фотокарта повреждений растительности в окрестностях Норильска. Для Мончегорска по снимкам Landsat 1970–1990-х гг. прослежена деградация экосистем и с учетом полевых и аэровизуальных наблюдений и геохимических исследований [Экология Севера..., 2003] составлены карты промышленного воздействия на растительность.

Космические снимки в атласе отражают и еще одну проблему городов – процессы урбанизации. Сравнительный анализ снимков 1991 и 2001 гг. показал темпы роста застройки на территории ближнего Подмосковья в период начала бурного загородного строительства. Составленные на эти годы карты иллюстрируют рост площадей пригородной застройки в полтора раза и отражают состояние экологического каркаса территории.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Новое издание Экологического атласа России представляет собой первый опыт широкого оснащения тематического атласа космическими снимками, играющими не только иллюстративно-познавательную роль, но дополняющими и раскрывающими содержание экологических карт. По части сюжетов обработанные космические снимки в виде тематических фотокарт включены в атлас на правах карт. Космическое сопровождение, несомненно, будет способствовать лучшему пониманию экологических проблем, широкому привлечению к ним общественности, определению правильных путей их решения.

БЛАГОДАРНОСТИ

Работы по оснащению Экологического атласа России космическими снимками были поддержаны грантом РГО № 28/07/2012.

ACKNOWLEDGEMENTS

Study for rigging of Ecological atlas of Russia with satellite images were supported by RGS grant No 28/07/2012.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Барталев С.А., Егоров В.А., Еришов Д.В., Исаев А.С., Лупян Е.А., Плотников Д.Е., Уваров И.А. Спутниковое картографирование растительного покрова России по данным спектрорадиометра MODIS // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2011. Т. 8, № 4. С. 285–302.
2. Барталев С.А., Лупян Е.А. Исследования и разработки ИКИ РАН по развитию методов спутникового мониторинга растительного покрова // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2013. Т. 10, № 1. С. 197–214.
3. Битюкова В.Р. Эколого-экономическая оценка антропогенного воздействия / Регионы и города России: интегральная промышленная оценка экологического состояния. М.: ИП Филимонов, 2015. С. 13–200.

4. *Касимов Н.С., Котова Т.В., Тикунов В.С.* Экологический атлас России: новый проект // *Материалы Междунар. конф. «Устойчивое развитие территорий: теория ГИС и практический опыт» ИнтеркартоИнтерГИС-17.* Барнаул, 2011. С. 277–282.
5. *Кравцова В.И.* Новый ракурс проблемы «разрешение-охват» в дистанционном зондировании: тематическое картографирование на базе GoogleEarth / *Картография в цифровую эпоху. Сер. Вопросы географии.* Т. 144. М.: Издательский дом «Кодекс», 2017. С. 392–407.
6. *Экология Севера: дистанционные методы изучения нарушенных экосистем (на примере Кольского полуострова).* М.: Научный мир, 2003. 248 с.

REFERENCES

1. *Bartalev S.A., Egorov V.A., Ershov D.V., Isaev A.S., Lupyay E.A., Plotnikov D.E., Uvarov I.A.* Satellite mapping of Russia vegetation cover by MODIS spectroradiometer data. *Sovremennye problemy distancionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa.* 2011. Т. 8, No 4. P. 285–302 (in Russian).
2. *Bartalev S.A., Lupyay E.A.* IKI RAS investigations and working-out in development for satellite monitoring of vegetation cover. *Sovremennye problemy distancionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa.* 2013. Т. 10, No 1. P. 197–214 (in Russian).
3. *Bitukova V.R.* Ecological-economical estimation of anthropogenic damage. *Regiony i goroda Rossii – integralnaya promyshlennaya ocenka ehkologicheskogo sostoyaniya.* М.: IP Filimonov, 2015. P. 13–200 (in Russian).
4. *Ecology of the north: remote sensing of ecosystems disturbance (case study of Kola Peninsula).* М.: Nauchnyj mir, 2003. 248 p. (in Russian).
5. *Kasimov N.S., Kotova T.V., Tikunov V.S.* Ecological atlas of Russia: the new project. *Materialy mezhdunarodnoj konferencii "Ustojchivoe razvitie territorij: teoriya GIS i prakticheskij opyt" Iinterkarto/interGIS-17.* Barnaul, 2011. P. 277–282 (in Russian).
6. *Kravtsova V.I.* A new turn of "resolution-swath" problem in remote sensing: thematic mapping based at Google-Earth. *Kartografiya v cifrovuyu ehpohu. Seriya "Voprosy geografii".* Т. 144. М.: izdatelskij dom "Kodeks", 2017. P. 392–407 (in Russian).