



ГЕОГРАФИЯ

Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2021. Т. 21, вып. 3. С. 152–158

Izvestiya of Saratov University. Earth Sciences, 2021, vol. 21, iss. 3, pp. 152–158

<http://geo.sgu.ru>

<https://doi.org/10.18500/1819-7663-2021-21-3-152-158>

Научная статья

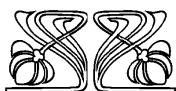
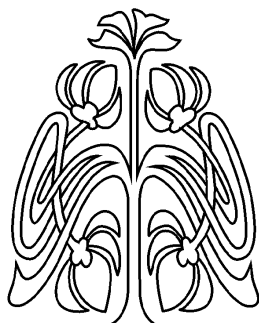
УДК [528.8+528.9]:[338.2+502/504]

Возможности применения космокартографических методов в стратегической экологической оценке

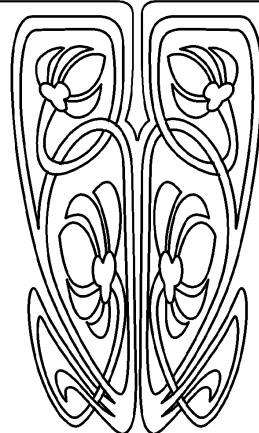
Я. А. Железнов

Кемеровский государственный университет, Россия, 650000, г. Кемерово, ул. Красная, д. 6

Железнов Ярослав Александрович, аспирант, yaroslav_zheleznov_93@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9450-1532>



НАУЧНЫЙ
ОТДЕЛ



Аннотация. В статье проведен анализ современного состояния космокартографических методов исследования и их применения в стратегической экологической оценке (СЭО) на примере обработки космокартографического материала и его цифровизации в целях формирования цифровой управленческой платформы, которая позволит в дальнейшем разработать необходимые меры для эффективного управления региональным природопользованием. Изучена возможность использования космокартографических методов при исследовании состояния геоэкосистем для решения узкоспециализированных задач в контексте СЭО. На конкретном примере обобщенно рассмотрены основные результаты применения данных методов для оценки геоэкологического состояния угледобывающих территорий Кемеровской области.

Ключевые слова: космокартографические методы, стратегическая экологическая оценка, СЭО, геоэкологическая оценка, мультиспектральные снимки, цифровая управленческая платформа

Благодарности и финансирование. Работа выполнена в рамках создания первого в России регионального экологического стандарта, разработка которого началась в 2019 году ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет» под руководством доктора экономических наук, профессора Г. Е. Мекуш.

Для цитирования: Железнов Я. А. Возможности применения космокартографических методов в стратегической экологической оценке // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2021. Т. 21, вып. 3. С. 152–158. <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2021-21-3-152-158>

Статья опубликована на условиях лицензии Creative Commons Attribution 4.0 International (CC-BY 4.0)

Article

Possibilities of using space-cartographic methods in strategic environmental assessment

Y. A. Zheleznov

Yaroslav A. Zheleznov, yaroslav_zheleznov_93@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9450-1532>

Kemerovo State University, 6 Krasnaya St., Kemerovo 650000, Russia

Abstract. This article analyzes the current state of space-cartographic research methods and their application in strategic environmental assessment using the example of processing space-cartographic material and its digitalization in order to form a digital management



platform that will further allow developing necessary measures for effective environmental management. The basics are briefly outlined and the possibility of using space-cartographic methods to study the state of geoecosystems for solving highly specialized problems in the context of strategic environmental assessment is considered. On a specific example, the main results of these methods application for assessing the geoeological state of the coal-mining areas of the Kemerovo Oblast in the context of strategic environmental assessment are considered.

Keywords: space mapping methods, strategic environmental assessment, geoeological assessment, multispectral shooting, digital management platform

Acknowledgments. The work was carried out as part of the creation of the first regional environmental standard in Russia, the development of which began in 2019 by the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Kemerovo State University» under the leadership of Doctor of Economics, Professor Galina E. Mekush.

For citation: Zheleznov Ya. A. Possibilities of using space-cartographic methods in strategic environmental assessment. *Izvestiya of Saratov University. Earth Sciences*, 2021, vol. 21, iss. 3, pp. 152–158 (in Russian). <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2021-21-3-152-158>

This is an open access article distributed under the terms of Creative Commons Attribution 4.0 International (CC-BY 4.0)

Введение

О необходимости использования новых методических подходов при стратегической экологической оценке свидетельствует резкое усиление действия природоохранного и ресурсопроизводящего факторов, а также массовое внедрение ГИС-технологий. Среди приоритетных направлений стратегической экологической оценки следует отметить применение космокартографических методов исследования. Научная и практическая значимость данных методов обусловлена обзорностью материалов дешифрирования мультиспектральных снимков и отражением на них связи между компонентами окружающей среды и отдельными видами антропогенно-техногенной деятельности. Благодаря относительно высокой скорости получения дистанционных материалов зондирования и возможности многократной съемки в разных диапазонах электромагнитного спектра одних и тех же территорий появляется возможность оперативного изучения и прогнозирования экологических процессов во времени, а также разработки комплекса природоохранных мероприятий и принятия конкретных региональных управленческих решений в природопользовании. Кроме того, на основе полученных результатов появляется возможность создания космокарт-схем экологического портрета территории на базе цифровой управленческой платформы. Данная платформа, в свою очередь, позволит оценивать, как в принципе может меняться экологическая нагрузка на отдельно взятую территорию.

Стратегическая экологическая оценка (СЭО) представляет собой оценку вероятных экологических и социально-экономических последствий реализации разных сценариев долгосрочного регионального развития. На сегодняшний день СЭО является методическим инструментом, который относительно недавно начал внедряться в России, однако в западных странах он успешно применяется уже несколько десятилетий. Объектами СЭО могут быть любые стратегические инициативы, планы и программы. Во многих государствах проводится стратегическая оценка

проектов законодательных и нормативных актов, международных соглашений, разного рода стратегий и концепций, планов развития отраслей, территориальных планов и схем развития.

Обзор литературы

Масштабные исследования на тему геоэкологического районирования, картографирования территории и эффективного природопользования в аспекте устойчивого эколого-экономического развития проводились под руководством Б. И. Кочурова [1–9]. Он же является основателем картографического направления в геоэкологических исследованиях. Именно под его началом была создана первая экологическая карта СССР в 1990 году, а также ряд территориальных экологических карт. Новые методические подходы к геоэкологической оценке территорий, разработанные для разных регионов России, были изложены в докладах О. Н. Грязнова, Л. А. Стороженко, В. Г. Заиканова, Т. Б. Минаковой, Т. Г. Рященко, И. И. Крапивинной, В. А. Акуловой и др. [10].

Общие вопросы обработки и анализа материалов дистанционного зондирования изложены во многих учебных пособиях и книжных изданиях [11–14]. Например, основы космического картографирования, методы дистанционных исследований и синтеза геоизображений для решения различных геоэкологических задач рассматривались в научных трудах следующих авторов: Л. А. Пластинина, В. М. Плюсина, Н. И. Чернышова, А. Д. Китова [15–19]. Работы А. В. Любимовой, В. А. Спиридонова и других авторов посвящены отдельным вопросам дистанционного зондирования окружающей среды и особенностям их применения при решении узкоспециализированных задач [20–21]. Отдельные вопросы мониторинга последствий разработки нефтегазовых месторождений и современного состояния ландшафтов нефтедобывающих территорий при помощи дистанционного зондирования рассматривались в работах К. В. Мячиной, М. Н. Алексеевой и И. Г. Ященко [22–24].

Если анализировать зарубежный опыт, изучением изменений в землепользовании



урбанизированных территорий по космическим снимкам занимались Г. Роланд (Roland), М. Овер (Over) и М. Браун (Braun) [25]. В работах М. Брауна (Braun) и Х. Мартина (Martin) изложены основные результаты картографирования растительного покрова застроенных территорий с применением относительного показателя количества фотосинтетически активной биомассы [26]. Мониторингом нарушенных земель в горнодобывающих районах занимались китайские исследователи Ляньлянь Лю (Liu) и Цзянь Сон Чжоу (Zhou). На основе данных дистанционного зондирования ими проводилось изучение изменений землепользования и экологических проблем, вызванных деятельностью по добыче полезных ископаемых на территории северо-восточного Китая [27]. В научных трудах индийских специалистов Шивеша Кишора Карана (Karan), Суха Ранджана Самаддера (Samadder) и Субодха Кумара Мэтти (Maiti) отражены результаты оценки пространственно-временного распределения растительного покрова на рекультивируемых участках угольных шахт с использованием нормализованного разностного вегетационного индекса (NDVI) и нормализованного разностного индекса влажности (NDMI) [28].

Методы исследования

Под космокартографическими методами исследования автором понимаются такие, которые основаны на получении необходимой информации с помощью материалов дистанционного зондирования (в нашем случае космического зондирования) и построенных на их основе (космо) карт-схем для научного и практического изучения изображенных на них процессов и явлений.

В ходе выполнения научно-исследовательской работы для оценки геоэкологического состояния угледобывающих территорий Кемеровской области в контексте стратегической экологической оценки были использованы архивные данные космических съемок «Landsat» и материалы их обработки. Космические материалы были получены из базы данных снимков «Landsat» «Научного центра наблюдения природных ресурсов Земли» (“USGS Earth Resources Observation and Science (EROS) Center”). Более того, для решения некоторых задач и проведения аналитических исследований были использованы спутниковые материалы «Sentinel» с онлайн ГИС-платформы «Sentinel-hub Playground». Связано это с тем, что снимки «Sentinel» в отличие от снимков «Landsat» имеют немного большее пространственное разрешение спектральных каналов (10 м против 30 м соответственно), используемых для расчета индекса NDMI. Кроме того, ряд снимков «Landsat» изучаемой территории имели недостатки, связанные с исходными данными (высокой облачностью, дымкой, разными

дефектами изображения, такими как «CLS-off»), которые могли повлиять на точность результатов при расчете индексов.

При выполнении работы использовались методы сравнительного анализа и обобщения, геоэкоинформационного картирования, геоэкологического зонирования, обработки, дешифрирования и синтеза мультиспектральных изображений, цифровизации геоэкоинформации.

Результаты и их обсуждение

В настоящее время в качестве одного из примеров стратегической экологической оценки рассматривают оценку геоэкологического состояния той или иной территории, которая способствует созданию региональной стратегии социально-экономического развития. При этом для наибольшей результативности данной оценки автором рекомендуется использовать космокартографические методы исследования, результаты которых могут служить каркасом для создания цифровой региональной управленческой платформы в целях эффективного управления регионом и природопользованием.

Космокартографические методы подходят в первую очередь для изучения состояния почвенно-растительного покрова и земельных сельскохозяйственных угодий. Например, при анализе синтезированных мультиспектральных изображений определяются также отражательные характеристики почв, как альbedo и коэффициент спектральной яркости, а также параметры, учитывающие качественное состояние почв: цвет, эродированность, засоленность, заболоченность и др. С помощью мультиспектральных снимков можно получить информацию о прошлой антропогенно-техногенной деятельности. На основе разных комбинаций (синтеза) каналов электромагнитного спектра мультиспектральных изображений можно выделить земли как нарушенные в результате деятельности горнодобывающих предприятий, так и преобразованные в процессе сельскохозяйственной и иной деятельности.

Кроме того, для оценки состояния растительных объектов следует проводить классификацию типа почв по отражательным характеристикам почвенного покрова на мультиспектральных снимках. Для изучения плоскостной эрозии почв подойдут материалы дистанционного зондирования в инфракрасном спектре излучения. Для примера, спектральные коэффициенты яркости генетических горизонтов дерново-подзолистых почв изменяются от 0,4 для гумусового горизонта до 0,7 для подзолистого [29]. Стоит также отметить, что каждый вид сельскохозяйственных культур имеет собственный спектральный коэффициент отражения, в результате чего возможно исследование биометрических характеристик растительности. Таким образом, путем сравнительного анализа можно провести оценку



хода сельскохозяйственных работ, например, с помощью зонирования территорий с учетом экономической ценности земель и разработать рекомендации по корректировке регламентов землепользования.

С помощью анализа мультиспектральных снимков представляется возможным изучение состояния лесной растительности, что позволит проводить мониторинг лесных массивов. По количественным и качественным характеристикам лесов оценивают развитие биогеоценозов под воздействием антропогенно-техногенных процессов.

На основе синтеза мультиспектральных изображений можно выявить загрязнение атмосферного воздуха дымными шлейфами, аэрозолями и газовыми смесями. Данная информация позволит провести оценку зоны влияния выбросов загрязняющих веществ и степени пылеаэрозольного загрязнения территории, что в дальнейшем может помочь при разработке природоохранных мер и принятии региональных управленческих решений.

Оценку источников и ореолов антропогенно-техногенного воздействия на геоэкосистемы на территориях с неблагоприятной радиационной обстановкой проводят с применением материалов аэрогамма-спектрометрической съемки. В пределах городских округов и крупных горнопромышленных комплексов рационально использовать материалы инфракрасной-тепловой и радиотепловой съемок. На территориях с интенсивным атмосферным переносом исследование загрязняющих веществ целесообразно проводить по материалам аэрозольной съемки [30].

Материалы космического зондирования позволяют выявить загрязнение водных объектов и прибрежных зон сточными водами, промышленными и сельскохозяйственными сбросами, нефтепродуктами и другими веществами. Использование космических методов также дает возможность определить потенциальные пути переноса загрязняющих веществ водными течениями. Стоит отметить, что мониторинг водных объектов дистанционными методами может выступать и как инструмент контроля деятельности золотодобывающих и иных предприятий.

Космокартографические методы находят широкое применение и при ландшафтно-эпидемиологической и гигиенической оценках территории [31–32]. Например, в научных трудах томских специалистов продемонстрировано использование космокартографической информации в антропоэкологическом и эпидемиологическом исследовании ряда сибирских городов. Ими же была разработана методика использования аэрокосмической информации для выявления техногенных зон с разным уровнем воздействия [33]. Так, появилась возможность оценивать уровень патологии отдельных городских территорий в настоящее время, а также прогнозировать его на 10–15 лет.

В целом результаты анализа мультиспектральных изображений позволяют провести оценку экономической ценности геоэкосистем, полученные данные могут быть использованы при разработке соответствующих космокартографических материалов как дополнение к земельному кадастру. На их основе можно оценивать величину издержек экосистемных услуг, в частности связанных с биоразнообразием, при разных вариантах землепользования, включая размещение горнодобывающих разрезов или строительство жилой территории [34]. Кроме того, применение материалов дистанционного зондирования разного масштабного уровня способствует последовательной детализации дешифровочной информации. Из этого следует, что на каждом последующем уровне будет повышаться точность получаемой информации, а ее детальность – увеличиваться. При этом информация более высокого уровня генерализации наносится на космокарты-схемы, создаваемые по материалам более низких уровней для выявления слабоконтрастных зон (аномалий), которые могут прояснить сущность тех или иных природных или антропогенно-техногенных процессов, протекающих в геоэкосистемах.

Важным итогом предварительной экологической оценки состояния территории для выполнения стратегической экологической оценки должно стать создание тематических и обзорных космокарт-схем. Итоговая интерпретационная космокарта-схема основного масштаба будет являться своего рода экологическим портретом, который позволит оценивать экологическую нагрузку территории, ознакомиться с текущим состоянием производства на любом предприятии, увидеть программу природоохранных мероприятий, а также узнать, какие наилучшие доступные технологии (НДТ) уже применяются, а какие только планируется внедрять. Таким образом, на основе космокартографических материалов и их цифровизации можно сформировать цифровую управленческую платформу, которая будет полезна как для создания эффективной системы управления регионом, так и природопользования. Интерактивные космокарты-схемы управленческой платформы, в свою очередь, позволят оценить, как в принципе может меняться экологическая нагрузка на отдельно взятую региональную территорию. Кроме того, на основе экологического портрета можно разработать дорожные карты по переходу предприятий на принципы применения НДТ. Конечным результатом внедрения региональной платформы должны стать снижение экологической нагрузки на геоэко-социосистемы и повышение экологической эффективности действующей промышленности изучаемой территории.

Теперь кратко рассмотрим полученные результаты применения космокартографических методов исследования на примере оценки гео-



экологического состояния угледобывающих территорий Кемеровской области в контексте стратегической экологической оценки.

При анализе мультиспектральных изображений с комбинацией каналов «Color Infrared», сочетающих диапазон волн, отражаемый растительностью, был исследован растительный покров угледобывающих территорий Кузбасса. Результаты показали, что коэффициенты спектральной яркости растительности на приграничных территориях с нарушенными землями на снимках 2019 года ниже, чем на снимках 2016 года. Это свидетельствует о снижении физиологических показателей фитоценозов в результате негативного воздействия действующих угольных предприятий, связанного с миграционными процессами химических элементов в почвенном покрове из техногенных участков в окружающую (природную) среду, приводящими не только к загрязнению почв, но и торможению процессов почвообразования, изменению качества состояния почв, накоплению загрязняющих веществ в растениях, уменьшению и потере биологического разнообразия территории. Все это осложняется близостью к населенным пунктам, что, в свою очередь, отражается на уровне и качестве жизни людей. Кроме того, результаты показали, что на всех снимках изучаемых территорий площадь вегетационного индекса NDVI с высокими показателями значительно сократилась по сравнению со снимками 10-летней давности, что свидетельствует о снижении количества фотосинтетически активной биомассы вблизи участков земель, нарушенных в результате угледобывающей деятельности. Другими словами, вегетационный период для растений сокращается, а объем производимой биомассы снижается. В данном случае, важно понимать тот факт, что территории интенсивной угледобычи в Кузбассе как раз совпадают с территориями массового сельскохозяйственного производства как в коллективных, так и личных подсобных хозяйствах.

Помимо зон угнетения растительности на территориях интенсивной угледобычи, фиксируются зоны с нарушенным гидрологическим режимом. На территориях, граничащих с горными выработками, средние показатели NDMI значительно снизились по сравнению с периодами прошлых лет. На всех исследуемых территориях фиксируется аномальный сдвиг значений NDMI, что свидетельствует о нарушении гидрологического режима местности. Сейчас в местах, где ранее протекали ручьи, исчезли естественные аномалии повышенных значений водного индекса, а на многих участках показатели вообще ушли в отрицательную зону. Повышенная трещиноватость грунта и исчезновение малых рек и ручьев вследствие угледобывающей деятельности значительно сократили поступление влаги в почву, что, в свою очередь, привело к снижению суммарной почвенной влажности, которая и отражается на

показателях водного индекса на мультиспектральных снимках. Таким образом, можно говорить о нарушении гидрологического режима изучаемых территорий, что также отражается на вегетационной активности растительного покрова, в частности сельскохозяйственных культур.

По результатам синтеза мультиспектральных изображений исследуемых районов суммарная площадь территории, нарушенной горными разработками, составила 101 634,6 га (4,77% от суммарного покрытия исследуемой площади материалами космических съемок), из них 25,0% (25 408,4 га) приходится на участки, формально не отнесенные к категории нарушенных земель. Естественно, все это сказывается на социально-экономической ценности земель. В результате деградации почвенно-растительного покрова, а также нарушения гидрологического режима происходит снижение ценности этих территорий с точки зрения кадастровой стоимости земли для дальнейшего рекреационного и сельскохозяйственного использования. Территории, которые не попадают под регулирующее действие законодательства в области рекультивации нарушенных земель, но по факту являются нарушенными, уже не пригодны для дальнейшего использования и изымаются из сельскохозяйственного оборота. В результате этого регион несет определенный экономический ущерб от недоиспользования земельного ресурса.

На основе полученных результатов обработки, дешифрирования и синтеза мультиспектральных изображений проведено геоэкологическое картирование природно-техногенных систем изучаемой территории. Были выделены следующие территориальные зоны по степени изменения геоэкосистем:

- с относительно низкой степенью изменения геоэкосистем (в 4 муниципальных образованиях);
- со средней степенью изменения геоэкосистем (в 7 муниципальных образованиях);
- с высокой степенью изменения геоэкосистем (в 17 муниципальных образованиях);
- с очень высокой степенью изменения геоэкосистем (в 6 муниципальных образованиях).

Помимо этого, по запросу специалистов Кемеровского государственного университета угольными предприятиями была предоставлена информация о применяемых НДТ, после чего экспертным путем была определена экологическая эффективность каждой технологической операции, используемой в угледобывающей промышленности. На основе этих данных все угольные предприятия Кузбасса были ранжированы по принципу «светофора», другими словами, каждому предприятию был присвоен соответствующий цвет – красный, желтый или зеленый. Зеленый цвет означает, что промышленные производства применяют экологически эффективные технологии. Желтый цвет – применяемые технологии имеют умеренный эффект.



Красный – что применяемые технологии мало-эффективны. Вся эта информация была нанесена на космокартографическую основу с помощью ГИС-технологий. Кроме того, были подготовлены космокарты-схемы лицензионных участков угледобывающих предприятий, промышленных стоков и применяемых на них очистных сооружений, предприятий, признанных объектами I категории опасности, ресурсоснабжающих и других организаций, редких и исчезающих видов растений и животных, занесенных в Красную

книгу Кемеровской области. Таким образом, для достижения стратегической экологической цели на основе космокартографического материала и его цифровизации была сформирована цифровая (интерактивная) управленческая платформа, которая в дальнейшем позволит не только оценивать, как в принципе может меняться экологическая нагрузка на отдельно взятую территорию, но и принимать решения о разработке конкретных мер для управления как регионом, так и его природопользованием (рисунок).



Схема работы цифровой региональной управленческой платформы на примере интерактивной пространственной системы для управления земельными ресурсами и мониторинга антропогенно-техногенного изменения земель Кемеровской области. Цифрами на рисунке обозначен алгоритм работы цифровой платформы: 1 – открытие портала интерактивной космокарты-схемы «Экологический портрет региона»; 2 – выбор интересующей региональной территории; 3 – открытие тематических космокарт-схем выбранной территории и поиск интересующей информации о предприятиях; 4 – открытие «экологических паспортов» о текущем состоянии территории или производства

Заключение

Результаты исследования показали возможность применения космокартографических методов при изучении состояния экосистем в контексте стратегической экологической оценки. Эти методы позволяют не только оценивать, как может меняться экологическая ситуация на конкретной территории во времени, но и осуществлять выработку мер по ликвидации и снижению негативного воздействия на данной территории.

Итоговым результатом стратегической экологической оценки автором предлагается считать не экологический доклад о выполнении СЭО, как это происходит в настоящий момент, а цифровую управленческую платформу, в основе которой будет лежать интерактивная космокарта-схема «Экологический портрет региона», позволяющая оценивать экологическую нагрузку территории, ознакомиться с текущим состоянием производства на любом предприятии, увидеть программу природоохранных мероприятий, а также узнать, какие НДТ уже применяются, а какие только планируется внедрять. В свою очередь, цифровая управленческая платформа позволит разработать необходимые меры для управления регионом и его природопользованием.

Библиографический список

1. Кочуров Б. И., Горохов А. Н. Подходы к составлению геоэкологической карты Якутии // Арктика XXI век. Естественные науки. 2015. № 1(2). С. 62–65.
2. Кочуров Б. И., Горохов А. Н. Геоэкологическая карта Якутии : принципы и методы составления // Проблемы региональной экологии. 2014. № 6. С. 6–10.
3. Кочуров Б. И., Лобковский В. А., Смирнов А. Я. Концепция эффективного природопользования в аспекте устойчивого развития // Проблемы региональной экологии. 2013. № 3. С. 136–143.
4. Кочуров Б. И. Геоэкология : экодиагностика и эколого-хозяйственный баланс территории. Смоленск : Смоленский государственный университет, 1999. 154 с.
5. Кочуров Б. И. Экодиагностика и сбалансированное развитие : учеб. пособие. Москва ; Смоленск : Маджента, 2003. 384 с.
6. Кочуров Б. И., Карандеев А. Ю. Геоэкологическое картографирование и оценка городского пространства с применением сеточного векторного ГИС-анализа // ИНТЕРКАРТО. ИНТЕРГИС. 2018. Т. 24, № 1. С. 310–320.
7. Горбанев В. А., Кочуров Б. И. Проблемы территориального районирования России : национальные и международные аспекты // Вестник МГИМО-Университета. 2018. № 4. С. 23–54.



8. Карандеев А. Ю., Кочуров Б. И. Геоэкологическая оценка на основе сеточного векторного анализа с помощью инфраструктуры геоэкологических данных // Экология урбанизированных территорий. 2015. № 2. С. 78–82.
9. Таргаева Е. Е., Андреева О. С., Кочуров Б. И. Основные подходы в формировании экологического каркаса индустриальных городов Кузбасса // Экология урбанизированных территорий. 2019. № 3. С. 15–21.
10. Сергеевские чтения. Инженерно-экологические изыскания в строительстве : теоретические основы, методика, методы и практика. Вып. 8. Материалы годичной сессии Научного совета РАН по проблемам геоэкологии, инженерной геологии и гидрогеологии. Москва : ГЕОС, 2006. 392 с.
11. Аковецкий В. И. Дешифрирование снимков. Москва : Недра, 1983. 374 с.
12. Виноградов Б. В. Аэрокосмический мониторинг экосистем. Москва : Наука, 1984. 320 с.
13. Бабаянц П. С., Керцман В. М. Дистанционный экологический мониторинг промышленных центров // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. 1997. № 4. С. 34–38.
14. Габрук С. В., Гершензон В. Е. Космические системы дистанционного зондирования Земли. Москва : А и Б, 1997. 296 с.
15. Пластинин Л. А., Плюснин В. М., Чернышов Н. И. Ландшафтно-аэрокосмические исследования экзогенного рельефообразования в Кодаро-Удоданском горном районе. Иркутск : ИГУ, 1993. 200 с.
16. Пластинин Л. А., Плюснин В. М. Основы дистанционного зондирования и космического картографирования Земли. Иркутск : ИрГТУ, 2006. 116 с.
17. Плюснин В. М. Аэрокосмические методы исследования Земли. Иркутск : ИГУ, 1997. 123 с.
18. Плюснин В. М. Ландшафтный анализ горных территорий. Иркутск : Издательство Института географии СО РАН, 2003. 257 с.
19. Китов А. Д. Компьютерный анализ и синтез геоизображений. Новосибирск : Издательство СО РАН, 2000. 219 с.
20. Любимова А. В., Спиридонов В. А. Методика обработки материалов дистанционного зондирования в задачах природопользования // Геоинформатика. 1999. № 3. С. 18–21.
21. Назаров И. М., Николаев А. Н., Фрицман Г. Д. Основы дистанционных методов мониторинга загрязнения природной среды. Ленинград : Гидрометеиздат, 1983. 280 с.
22. Алексеева М. Н., Яценко И. Г. Экологический мониторинг нефтедобывающих территорий на основе космических снимков // ИНТЕРЭКСПО ГЕО-СИБИРЬ. 2013. № 2. С. 101–106.
23. Мячина К. В. К анализу изменений степных ландшафтов в районах нефтегазодобычи с использованием космических изображений // Бюллетень Оренбургского научного центра УрО РАН. 2014. № 4. С. 1–8.
24. Мячина К. В. Анализ космических изображений с расчетом NDVI для изучения динамики ландшафтного покрова территории нефтяного месторождения в Оренбургской области // Известия ОГАУ. 2013. № 4(42). С. 206–209.
25. Roland G., Over M., Braun M. A method to map land-use change and urban growth in north Rhine-Westphalia (Germany) // Proceedings of the 2nd Workshop of the EARSeL SIG on Land Use and Land Cover. Bonn, 2006. P. 102–111.
26. Braun M., Martin H. Mapping imperviousness using NDVI and linear spectral unmixing of ASTER data in the Cologne-Bonn region (Germany) // Proceeding of the SPIE 10th International Symposium on Remote Sensing. Barcelona, 2003. P. 1–11.
27. Liu L., Zhou J. S. Long-term remote sensing monitoring coal mining activity in resource-based cities : a case study of Qitaihe City, Northeastern China // IOP Conference Series : Earth and Environmental Science. 2017. Vol. 52, № 1. P. 012088.
28. Karan S. K., Samadder S. R., Maiti S. K. Assessment of the capability of remote sensing and GIS techniques for monitoring reclamation success in coal mine degraded lands // Journal of environmental management. 2016. Vol. 182. P. 272–283.
29. Социально-экономические исследования с использованием спутниковой информации (сельское, лесное хозяйство). URL: <http://meteovlab.meteorf.ru/> (дата обращения: 01.03.2021).
30. Поцелуев А. А., Ананьев Ю. С., Житков В. Г. Дистанционные методы геологических исследований, прогнозирования и поисков месторождений полезных ископаемых. Томск : ТПУ, 2014. 304 с.
31. Казначеев В. П., Медуа А. И. Возможности применения космических снимков Земли при ландшафтно-эпидемиологических исследованиях // Космические исследования антропоэкологической ситуации Сибири и Дальнего Востока. Новосибирск, 1982. Вып. 1. С. 3–29.
32. Потапов А. И., Гильденскиольд Р. С., Винокур И. Л. Гигиенические аспекты космического картографирования и ранжирования территории России (проблемы и пути реализации) // Здравоохранение Российской Федерации. 1992. Т. 2. С. 18–21.
33. Волкотруб Л. П., Новиков Ю. В., Васильев Н. В. Использование аэрокосмической информации в антропоэкологических и эпидемиологических исследованиях // Аэрокосмические методы в геоэкологии. Киев : Наукова думка, 1992. 205 с.
34. Экологический доклад о выполнении стратегической экологической оценки «Комплексной программы социально-экономического развития Новокузнецкого муниципального района до 2025 г.». Новокузнецк : ИнЭКА, 2017. 130 с.

Поступила в редакцию 21.03.2021, после рецензирования 03.04.2021, принята к публикации 15.05.2021

Received 21.03.2021, revised 03.04.2021, accepted 15.05.2021