

ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ НА ОСНОВЕ СНИМКОВ, ПОЛУЧЕННЫХ С ПОМОЩЬЮ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Гузьялия Альтавовна Мусина

Кемеровский государственный университет, 650000, Россия, г. Кемерово, ул. Красная, 6, аспирант, тел. (777)485-00-35, e-mail: storm2x@mail.ru

Дмитрий Сергеевич Ожигин

Карагандинский государственный технический университет, 100027, Республика Казахстан, г. Караганда, Бульвар Мира, 56, кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры «Маркшейдерское дело и геодезия», тел. (7212)56-26-27, e-mail: ozhigin.dima@mail.ru

Светлана Борисовна Ожигина

Карагандинский государственный технический университет, 100027, Республика Казахстан, г. Караганда, Бульвар Мира, 56, кандидат технических наук, доцент кафедры «Маркшейдерское дело и геодезия», тел. (7212)56-43-53, e-mail: osb66@mail.ru

В данной статье представлены результаты экологического мониторинга угольного разреза на территории Республики Казахстан на основе спутниковых данных (сезонных временных серий Landsat 4-5, 7, 8 (ETM+, OLI) и снимков с беспилотного летательного аппарата. Данный мониторинг выполнен при использовании спектрально - динамических признаков, извлекаемых из временных серий значений вегетационных индексов (NDVI), за период с 2002 года по 2016 год, за 2019 год с беспилотного летательного аппарата. Для реализации данного процесса использованы программные комплексы PhotoScan 1.2 и QGIS 3.6. Представленные методы дистанционного зондирования земли позволяют: расширить возможности экологического мониторинга за счет повышения периодичности получения актуальной информации; получения изображений хорошего качества; обработки информации в короткие сроки по различным индексам. Исследование подтверждает, что увеличение площади земель, нарушенных открытыми горными работами при разработке месторождений полезных ископаемых, отрицательно влияет на изменение показателей вегетационного индекса NDVI.

Ключевые слова: экологический мониторинг, дистанционное зондирование земли, беспилотные летательные аппараты, изменение ландшафта, добыча полезных ископаемых, программные комплексы AgisoftPhotoScan 1.2, QGIS 3.6.

ENVIRONMENTAL MONITORING ON THE BASES OF THE PICTURES RECEIVED BY OF PILOTLESS FLYING DEVICES

Guzialia A. Moosina

Kemerovo State University, 6, Krasnaya St., Kemerovo, 650000, Russia, Ph. D. Student, phone: (777)485-00-35, e-mail: storm2x@mail.ru

Dmitriy S. Ozhigin

The Karaganda state technical university, 56, Mira Blvd, Karaganda, 100027, Kazakhstan Republic, Ph. D., Senior Lecturer of «Mine Survey and Geodesy» Department, phone: (7212)56-26-27, e-mail: ozhigin.dima@mail.ru

Svetlana B. Ozhigina

The Karaganda state technical university, Mira Blvd, Karaganda, 100027, Kazakhstan Republic, Ph. D., Associate Professor of «Mine Survey and Geodesy» Department, phone: (7212)56-26-27, e-mail: osb66@mail.ru

Results of environmental monitoring of a coal section in the territory of the Republic of Kazakhstan on the basis of satellite data (the seasonal temporary Landsat 4-5, 7, 8 series (ETM, OLI)) and pictures from the pilotless flying device are presented in this article. This monitoring is when using spectrally - the dynamic signs taken from temporary series of values of vegetative indexes (NDVI) from 2002 for 2016, for 2019 from the unmanned aerial vehicle. For realization of this process the program PhotoScan 1.2 and QGis3.6 complexes are used. The presented methods of remote sensing of the earth allow: to expand possibilities of environmental monitoring due to increase in frequency of obtaining relevant information; obtaining images of high quality; information processing in short terms by various indexes. The research confirms that increase in acreage, the mineral deposits broken by open mining operations when developing, negatively influences change of indicators of the vegetative NDVI index.

Key words: environmental monitoring, remote sensing of the earth, unmanned aerial vehicles, change of a landscape, mining, program AgisoftPhotoScan 1.2, QGis 3.6 complexes.

Введение

Вопросы экологии и природопользования, занимают очень важное место в программах развитых и развивающихся стран.

Казахстан - государство с добывающей и перерабатывающей промышленностью, темпы развития которых неуклонно растут. В эксплуатацию вводятся крупные промышленные объекты, которые оказывают негативное влияние на окружающую среду и ухудшают экологию Казахстана в целом [1]. Поэтому необходимо проводить постоянный мониторинг природно – территориальных комплексов. Одним из перспективных видов единой государственной системы мониторинга окружающей среды и природных ресурсов Республики Казахстан является космический мониторинг [2].

На сегодняшний день особую значимость при изучении природно – территориальных комплексов, обретают методы мониторинга с применением космических снимков и снимков с беспилотных летательных аппаратов (БПЛА), которые дают возможность получать актуальную информацию об объектах земной поверхности, а также позволяют объединить данные о состоянии окружающей среды на основе информации, полученной из снимков [3].

Снимки, полученные с помощью спутниковых систем и БПЛА, позволяют расширить возможности экологического мониторинга за счет повышения периодичности получения актуальной информации и панорамного изображения исследуемого объекта хорошего качества [4-6].

Беспилотный способ получения данных имеет следующие преимущества: оперативность применения от погодных условий; возможность применения камер с высокой разрешающей способностью; возможность пролета над исследуемым объектом на небольшой (необходимой) высоте; легкая досягаемость некоторых труднодоступных участков (скалы, овраги, заросли и пр.); небольшой состав исполнителей, участвующих в работе; возможность проведения

съемки в любое время дня и сезона года; отсутствие фактора субъективизма; автоматическая координатная привязка полученных изображений к местности; вследствие малых размеров и относительной бесшумности беспилотных летательных аппаратов снижается «фактор беспокойства окружающих» [7-9].

На протяжении многих лет, ученые разных стран занимаются изучением вопросов экологии и экологического мониторинга.

В научной статье на тему: «Перспективы экологического мониторинга сельскохозяйственных объектов с использованием беспилотных летательных аппаратов», Алексеенко Н.А. проводит анализ средств для создания надежной системы экологического мониторинга и дает обоснование тому, что применение беспилотных летательных аппаратов имеет огромный потенциал в сфере обеспечения необходимого уровня безопасности и разработки комплекса природоохранных мероприятий [10].

В настоящее время существует острая экологическая проблема, связанная с нарушением природного ландшафта в районе добычи угля открытым способом, где создаются большие и глубокие карьеры, отвалы и терриконики. Процессы выветривания горных пород приводят к образованию токсичных соединений, которые оказывают негативное влияние на окружающую среду и здоровье человека [11-13].

Общие запасы угля в Казахстане превышают 160 млрд. тонн. Насчитывается 10 бассейнов каменного и бурого угля. Разведано более 300 месторождений. В республике ежегодно добывается более 100 млн. тонн угля. Большинство месторождений каменного угля находится в Карагандинской, Павлодарской и Костанайской областях [14].

Методы и материалы

В качестве объекта исследования выбран угольный разрез, расположенный в Карагандинской области Республики Казахстан. Площадь разреза составляет – 5,03 км² [11,14].

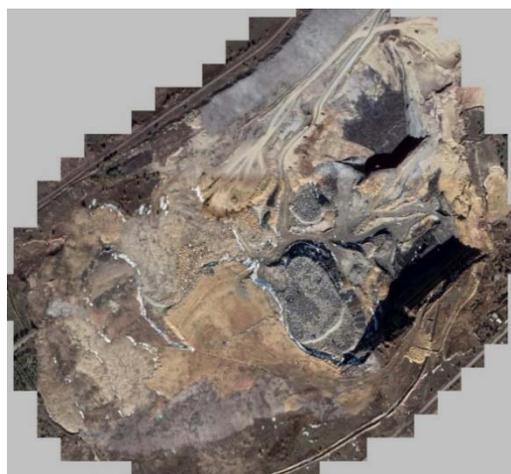
При проведении исследования исходили из предположения, что ежегодное изменение площади угольного разреза влияет на изменение вегетационного индекса NDVI.

Фотосъемка объекта была выполнена с помощью беспилотного летательного аппарата. Параметры съемки: количество позиций съемки – 514 шт.; высота полета - 100-120 м; разрешение съемки - 3.71 см/пикс; площадь покрытия - 5 км²; модель камеры - FC300SE 3.61 mm; разрешение - 4000 x 3000; фокусное расстояние - 3.61 мм; размер пикселя - 1.56 x 1.56 мкм.

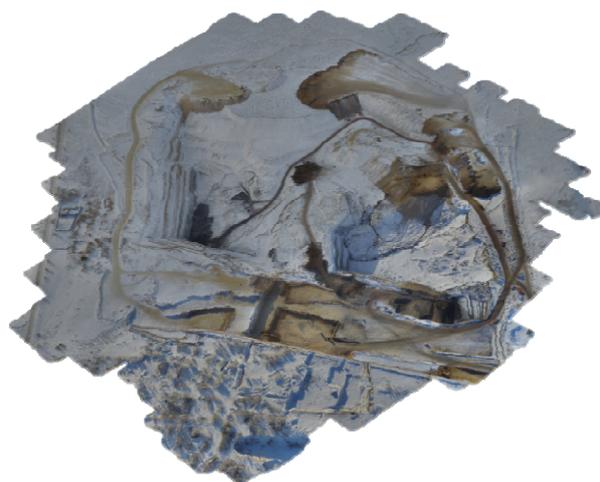
На рис. 1 представлено изображение объекта в двух вариантах:

- объект представлен, как целостное изображение склеенных фотографий, полученных с беспилотного летательного аппарата (рис. 1, а);

- 3D – модель объекта, которая была получена в результате обработки серии фотографий с помощью программного комплекса AgisoftPhotoScan [15,16] (рис. 1, б). 3D-моделирование позволило детально ознакомиться с изменениями ландшафта данного объекта.



a)

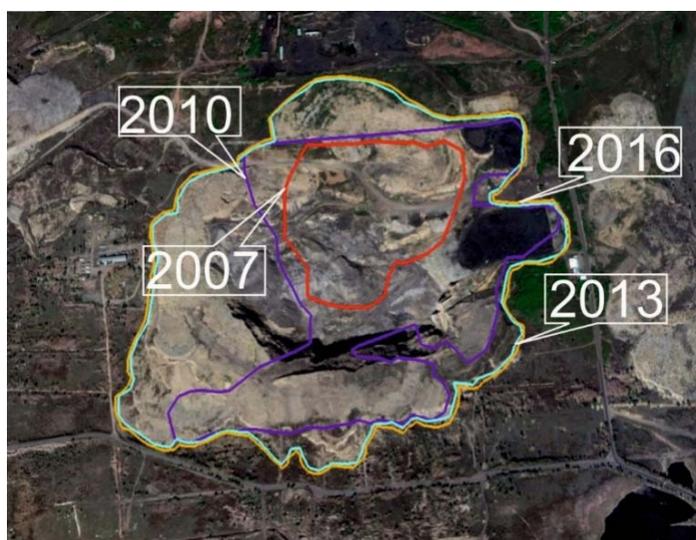


б)

Рис. 1. a) целостное изображение склеенных фотографий;
б) 3D – модель объекта.

Данный объект начал функционировать в 2002 году. Для проведения мониторинга вегетационного индекса NDVI данного объекта за период с 2002 по 2016 годы использованы сезонные снимки, сделанные с помощью спутников Landsat 4-5, 7, 8 (ETM+, OLI) [17].

В результате проведенного анализа снимков за период с 2002 по 2019 годы, можно увидеть, увеличение площади угольного разреза (рис. 2).



Год	$S, \text{ км}^2;$
2002 год	$S = 0,12 \text{ км}^2$
2007 год	$S = 0,18 \text{ км}^2$
2010 год	$S = 0,51 \text{ км}^2$
2013 год	$S = 0,84 \text{ км}^2$
2016 год	$S = 0,85 \text{ км}^2$
2019 год	$S = 0,85 \text{ км}^2$

Рис. 2. Изменение площади угольного разреза за период с 2002 по 2016 годы

Увеличение площади угольного разреза по годам (2002-2016 гг.) наглядно представлено на рис. 3.

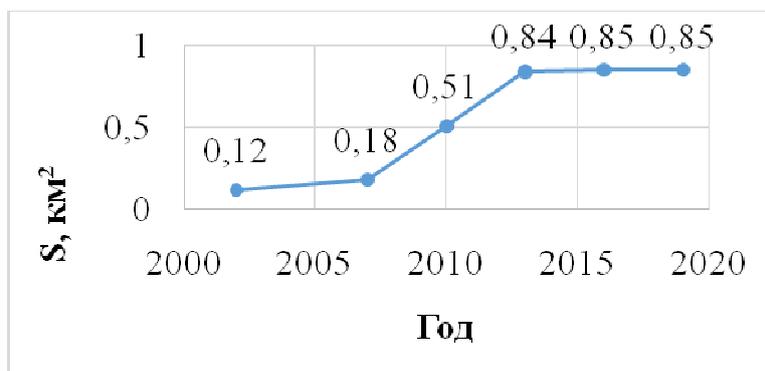


Рис. 3. График изменений площади угольного разреза по годам

С увеличением площади земель, нарушенных открытыми горными работами, изменяется вегетационный индекс NDVI.

Главным преимуществом использования вегетационного индекса является легкость его получения и широкий диапазон решаемых с его помощью задач. Так, NDVI часто используется как один из инструментов при проведении более сложных типов анализа, результатом которых могут являться карты продуктивности лесов и сельскохозяйственных земель, карты ландшафтов и природных зон, почвенные, аридные, фитогидрологические, фенологические и другие эколого-климатические карты [18].

С помощью программного комплекса QGis 3.6. составлена карта оценки биомассы растений в радиусе 10 км от исследуемого объекта, а также выполнена координатная привязка [12, 19].

Для отображения индекса NDVI используется стандартная непрерывная градиентная шкала, показывающая значения в диапазоне от -1 до 1. Благодаря особенности отражения в NIR - RED областях спектра природные объекты, не связанные с растительностью, имеют фиксированное значение NDVI, что позволяет использовать этот параметр для их идентификации [20].

Для исследования использовались спутниковые данные (сезонных временных серий Landsat 4-5, 7, 8 (ETM+, OLI) и снимки с беспилотного летательного аппарата. Выбор данных проходил по следующим критериям: снимки должны быть за период с мая по сентябрь; минимальная облачность; влажность менее 20 %.

Результаты

Изменения показателя вегетационного индекса NDVI по годам эксплуатации угольного разреза представлено на рис. 4–6.

В результате анализа полученных данных составлен график (рис. 7), который наглядно демонстрирует уменьшение процентного содержания растительного покрова в период с 2002 по 2016 года.

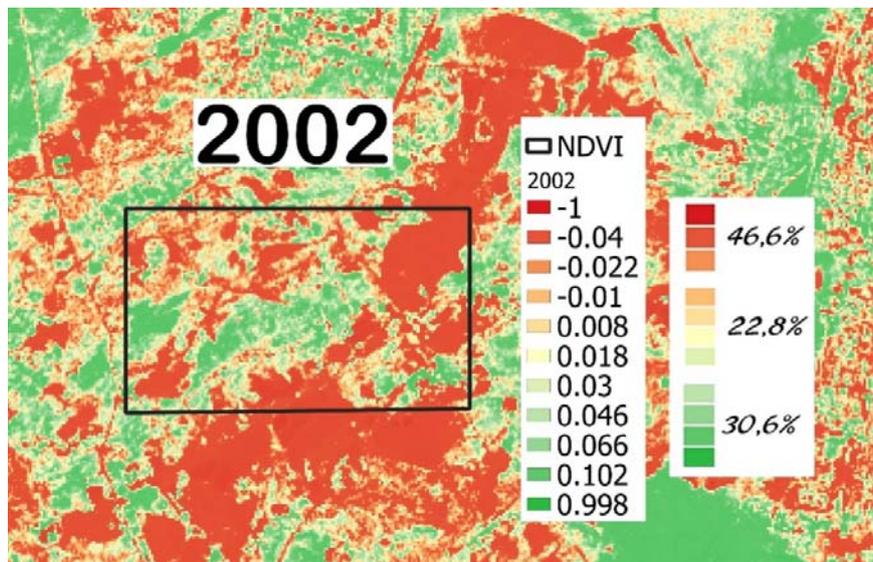


Рис. 4. Показатель вегетационного индекса NDVI в сентябре 2002 года

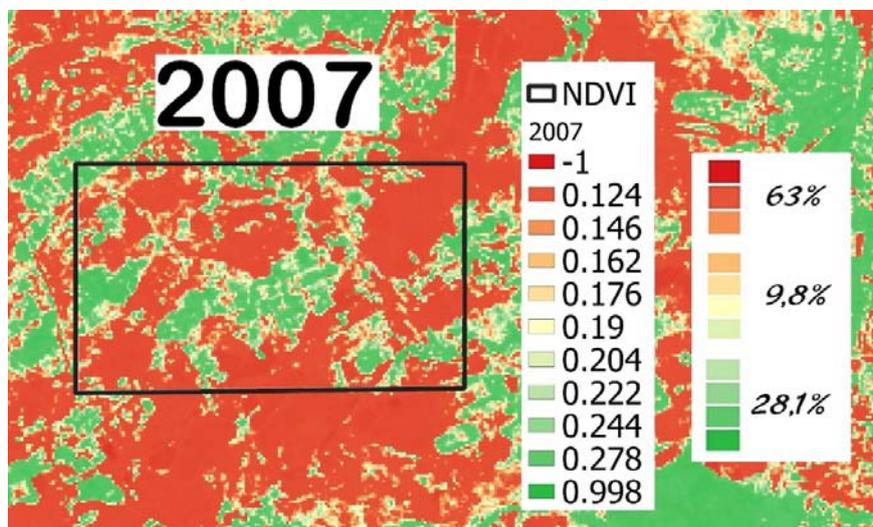


Рис. 5. Показатель вегетационного индекса NDVI в июне 2007 года

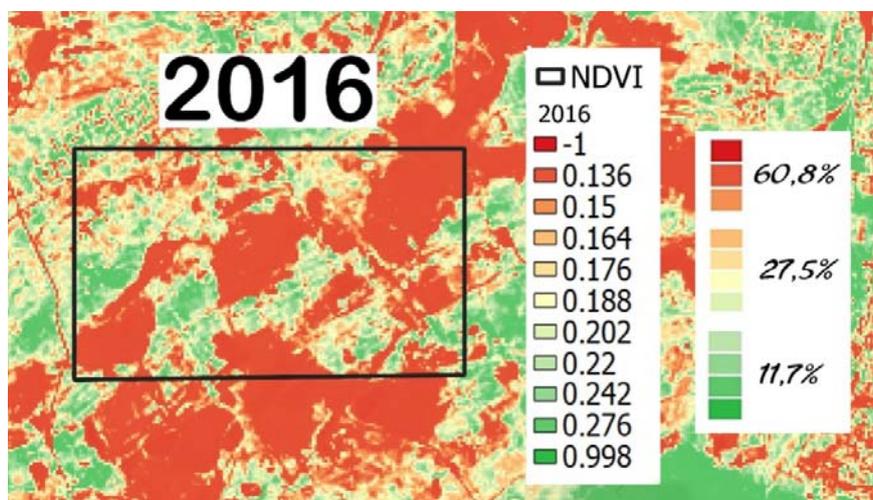


Рис. 6. Показатель вегетационного индекса NDVI в сентябре 2016 года

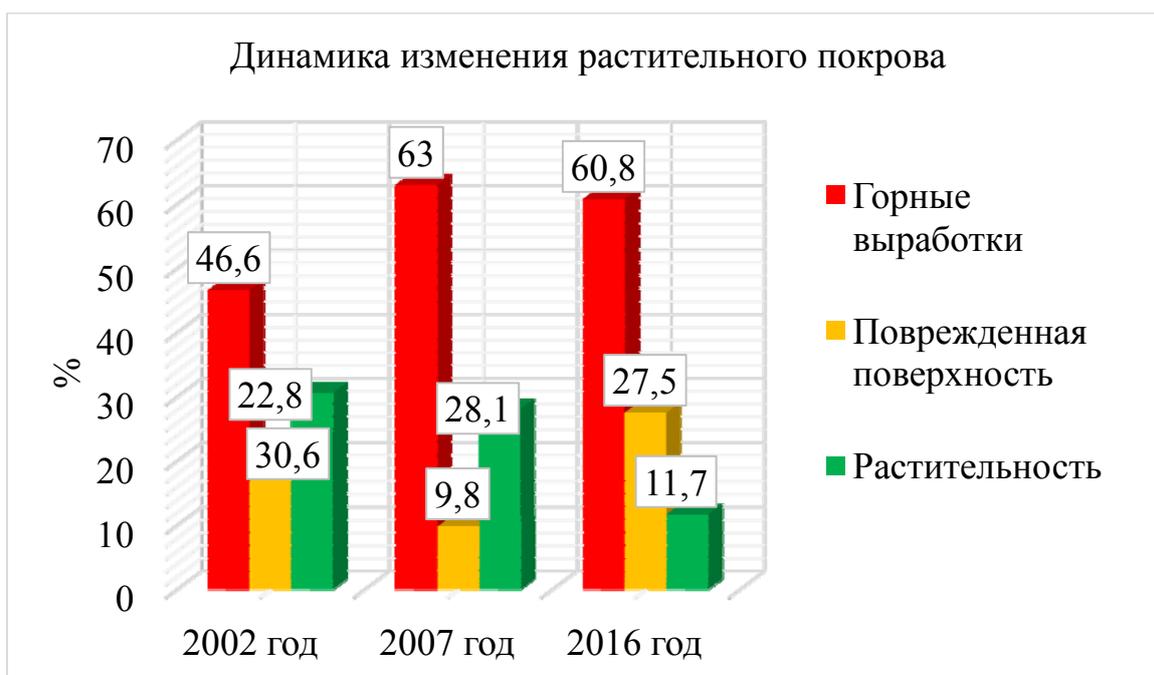


Рис. 7. График изменений вегетационного индекса NDVI

Выводы

График изменения вегетационного индекса NDVI демонстрирует, что в результате воздействия горных работ произошло физическое изменение ландшафта земной поверхности, которое повлияло на ухудшение биологических характеристик почвы. Постоянное распространение пыли, глины, песка, гравия отрицательно отразилось на процентном содержании растительного покрова. На 2016 год данный показатель составляет всего 11,7 %, в сравнении с показателями за 2007 год – 28,1%, 2002 год – 30,6% [20, 21].

Заключение

Человек и природа неразрывно связаны друг с другом, ухудшение окружающей среды незамедлительно сказывается на здоровье человека. Поэтому проведение наблюдений за различными промышленными объектами, за влиянием выбросов в окружающую среду всегда будет актуально [22]. А применение беспилотного летательного аппарата, наряду с данными со спутников, обеспечит получение оперативной информации в очень короткие сроки и сократит время обработки полученных данных [23].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Нурмадиева Г.Т., Жетписбаев Б.А. Влияние экосистемы на здоровье человека в промышленно развитых регионах Казахстана. Наука и Здоровоохранение. – 2018. – Т. 4. - С. 110-132.

2. Приказ министра охраны окружающей среды Республики Казахстан от 31 мая 2007 года № 172-п. «Об утверждении правил форм и сроков обмена информацией по ведению Единой государственной системы мониторинга окружающей среды и природных ресурсов».
3. Якушев В.П., Блохина С.Ю. Состояние и перспективы использования дистанционного зондирования Земли в интересах сельского хозяйства. / Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. - 2018.- Т 15. - № 5.- С. 257-262.
4. Зинченко О.Н. Беспилотный летательный аппарат: применение в целях аэрофото съемки для картографирования (часть 1). - 2013. - [Электронный ресурс]. - [Режим доступа]: <http://www.racurs.ru>.
5. Присяжнюк С.П. Беспилотные летательные аппараты в лесопромышленном комплексе: возможности новых технологий. Геоинформатика. – 2012 - № 1. - С. 6-10.
6. Викторов С.В. Лидарные комплексы беспилотных летательных аппаратов экологического назначения (классификация и тенденции развития) Журнал: Региональная экология. – 2016. - № 4 (46). - С. 95-101.
7. Алексеенко Н.А., Медведев А.А., Карпенко И.А. Опыт использования беспилотных летательных аппаратов в биогеографических исследованиях на территории заповедника «Белогорье». Материалы международной научно- практической конференции (памяти проф. Петина а.н.) Проблемы природопользования и экологическая ситуация в европейской россии и на сопредельных территориях. – Белгород, 2017. - С. 439-445.
8. Батоцыренов Э.А., Бешенцев А.Н. Использование беспилотных летательных аппаратов в географических исследованиях // Материалы Всероссийской научно-практической конференции. - 2018. - С.20-23.
9. Изображения Земли из космоса: примеры применения: Научно-популярное издание. – М.: ООО Инженерно – технологический центр «Сканэкс», 2005. - 110с.
10. Вторый В.Ф., Вторый С.Ф. Перспективы экологического мониторинга сельскохозяйственных объектов с использованием беспилотных летательных аппаратов. Теоретический научно – практических журнала. - ИАЭП, 2017.- Вып. 92.- С. 158-165.
11. Хохряков В. С. Открытая разработка месторождений полезных ископаемых.— М.: Недра, 1991. – 198 с.
12. Руководство пользователя программой QGis3.6 [Электронный ресурс]. - [Режим доступа]: https://docs.qgis.org/2.18/ru/docs/user_manual/
13. Давыдов Ю.Н. Строительство рудных и угольных карьеров. /Электронный учебник. КарГТУ, 2004.
14. Сайт министерства индустрии и инфраструктурного развития республики Казахстан. Комитет геологии и недропользования [Электронный ресурс]. - [Режим доступа]: <http://geology.miid.gov.kz/ru/pages/spravochnik-mestorozhdeniy-kazahstana>
15. Электронный источник: EarthExplorer [Электронный ресурс]. - [Режим доступа]: <https://earthexplorer.usgs.gov/>
16. Руководство пользователя программой Agisoft Photoscan [Электронный ресурс]. - [Режим доступа]: https://www.agisoft.com/pdf/photoscan-pro_1_1_ru.pdf
17. Болсуновский, М.А. Современные подходы к организации оперативного космического мониторинга. Текст. / М.А. Болсуновский // Геоматика. 2010. - № 3. - С. 13 - 18.
18. Повх В.И., Гарбузов Г.П., Шляхова Л.А. Космический мониторинг сельскохозяйственных угодий Ростовской области // Исследование Земли из космоса, 2006.- №3. - С.89-96.
19. Изображения Земли из космоса: примеры применения: Научно – популярное издание. – М.: ООО Инженерно – технологический центр «Сканэкс», 2005. – 110 с.
20. Гонсалес. Р. Цифровая обработка изображений. Текст. / Р. Гонсалес, Р. Вудс. М.: Техносфера, 2006. - 1072 с.

21. Викторов С.В. Лидарные комплексы беспилотных летательных аппаратов экологического назначения (классификация и тенденции развития) Журнал: Региональная экология. 2016. - № 4 (46) - С. 95-101.

22. Давыдов Ю.Н., Немова Н.А., Т.Д. Мальченко Т.Д. Способы вскрытия и строительство карьеров. Уч. Пособие. – Караганда.:КарГТУ, 2008. - 100 с.

23. Савиных В.П. Применение информационных технологий в исследовании Земли из космоса. Международный научный журнал. Перспективы Науки и Образования. 2016. - 1(19). - С. 22-25.

© Г. А. Мусина, Д. С. Ожигин, С. Б. Ожигина, 2019