

## ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПОСЛЕДСТВИЙ ВЕДЕНИЯ ГОРНЫХ РАБОТ В РАЙОНЕ ШАХТЫ ИМ. В.Д. ЯЛЕВСКОГО В КУЗБАССЕ МЕТОДАМИ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ

Х.А. Ал-Шатери

Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС», Москва

**Аннотация:** Рассмотрена динамика изменений ландшафтов и видов землепользования ЛУЛК (LULC) в горнопромышленном районе Кузбасса. Выделены такие классы ландшафтов и землепользования, как лесные угодья, водные объекты, дороги, техногенные ландшафты, сельскохозяйственные угодья, луга и задернованные территории. Обсуждается влияние деятельности шахты им В.Д. Ялевского на изменение компонентов ландшафта с 1992 по 2019 г. Описаны изменения на 27-летнем интервале времени, обнаруженные с помощью снимков Landsat-4 TM, Landsat-8 OLI. При обработке изображений применялись контролируемые методы классификации с использованием метода максимальной вероятности в ENVI 5.1. (среда визуализации изображений). Исследование показало, что площадь нарушенных земель увеличивается, в то время как площади, занятые под сельское хозяйство, дороги, лесные и водные угодья сокращаются. Исследование продемонстрировало потенциал дистанционного зондирования и его методов для отслеживания динамики изменения структуры ЛУЛК в горнопромышленном районе. Результаты исследования могут быть использованы при выработке политики в отношении охраны и рационального использования природных ресурсов. Оценка качества полученных результатов дает высокие показатели (90,18–93,41 % точности), как для периода 1992–2006 гг., так и для периода 2006–2019 гг.

**Ключевые слова:** ландшафт, землепользование, дистанционное зондирование, выявление изменений, шахта им. В.Д. Ялевского.

**Для цитирования:** Ал-Шатери Х.А. Оценка экологических последствий ведения горных работ в районе шахты им. В.Д. Ялевского в Кузбассе методами дистанционного зондирования // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2020. – № 6-1. – С. 212–223. DOI: 10.25018/0236-1493-2020-61-0-212-223.

### Land use land cover change detection in the mining areas of V.D. Yalevsky coal mine- Russia

H.A. Al-Shateri

National university of science and technology «MISIS», Moscow, Russia

**Abstract:** The dynamics of land use/land cover (LULC) changes, the effect of coal mining on the LULC changes, and the regional environmental impact are discussed in this study. The different land use classes mainly Forest, Water Bodies, Road, Mining Area, Agriculture and

Grass in the study area of V.D. Yalovsky coal field area in Kemerovo region of Russia are identified. On the other hand the impact of V.D. Yalovsky coal mine activities on LULC change on the environment and territory are discussed. The LULC changes in the V.D. Yalovsky coal field area were analyzed for a period of 27 years e.g., from the year 1992 to 2019. The changes were detected on a 13-years time interval using Landsat-4 TM, Landsat-8 OLI. Furthermore supervised classification techniques using maximum likelihood method through ENVI (Environment for Visualizing Images) 5.1 software was utilized. In addition post classification change detection method through ENVI was used to investigate the changes. The study reveals decrement in LULC categories of forest to 25.35km<sup>2</sup>, water bodies to -0.94km<sup>2</sup>, agriculture to -98.48km<sup>2</sup>, road to -10.80km<sup>2</sup>. However increment in the rate of mining area to 100.72km<sup>2</sup> and grass cover 34.86 km<sup>2</sup> during the study period. Meanwhile 90.18 % overall accuracy and (0.87) kappa coefficient for 1992 classified image, 93.41 % overall accuracy and (0.91) Kappa coefficient for 2006 classified image and 88.69 % overall accuracy and (0.85) kappa coefficient for 2019 classified image were obtained.

**Key words:** Land use, Land cover, Change detection, V.D. Yalovsky coal mine area, Remote sensing.

**For citation:** Al-Shateri H.A. Land use land cover change detection in the mining areas of V.D. Yalovsky coal mine- Russia. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2020;(6-1):212-223. [In Russ]. DOI: 10.25018/0236-1493-2020-61-0-212-223.

---

## Введение

Ведение горных работ оказывает комплексное негативное воздействие на окружающую среду [1–5]. Несмотря на то, что имеются нормативы воздействия горнодобывающего предприятия на окружающую среду, интерес представляет отслеживание изменений ее компонентов за некий длительный промежуток времени. Обнаружение изменений — это процесс выявления различий в состоянии объекта или явления путем наблюдения за ним в разное время [6]. Изменения земной поверхности касаются как вопросов землепользования, так и мониторинга экологической ситуации, на что направлена технология ЛУЛК (LULC). Термин «землепользование» связан с целями, для которых используется конкретный участок земли, например, сельское хозяйство, урбанизация, добыча полезных ископаемых и т.д. Термин «ландшафт» связан с особенностями, которыми характеризуется поверхность земли.

Широко признается необходимость экологического мониторинга и количе-

ственной оценки изменений с помощью методов дистанционного зондирования и спутниковых снимков. Отслеживание изменений ЛУЛК с помощью спутниковых снимков широко используют во всем мире, что связано с проблемой глобальных экологических изменений и антропогенным нарушением окружающей среды [7]. Шахты, и особенно угольные разрезы, являются одними из самых масштабных преобразователей ландшафтов, и восстановление нарушенных земель до первоначального состояния сопряжено с большими трудностями [4]. В Кузбассе, например, добыча полезных ископаемых привела к значительным изменениям ландшафтной структуры, вызвала экологические нарушения [2]. Здесь же отмечаются индуцированные горными работами землетрясения [3]. Вместе с другими опасностями, возникающими при ведении горных работ [7, 13], это создает высокую социальную напряженность в регионе.

Для определения изменений ландшафтов спутниковые данные имеют

решающее значение и полезны для геоэкологических исследований [17]. Сегодня технология дистанционного зондирования позволяет экологам и природопользователям своевременно получать данные и наблюдать за периодическими изменениями [20]. Своевременный сбор данных дистанционного зондирования и применение технологии ГИС очень полезны для наблюдения и анализа периодических изменений почвенно-растительного покрова [20]. Стандартным методом, используемым для обнаружения изменений растительного покрова в землепользовании, является метод сравнения после классификации, который предполагает сравнение независимо полученных классифицированных изображений [5].

Одной из новых и современных шахт Кузбасса является шахта им. Ялевского В.Д., расположенная в Ерунаковском районе Кемеровской области. Этот район долгое время не осваивался, и на конец 20-го века здесь еще существовали лесные и лесостепные ландшафты, практически не затронутые угольной промышленностью. Поскольку в это время уже производилась съемка земной поверхности из космоса, имеется хорошая возможность использовать методы дистанционного зондирования для изучения влияния горнодобывающей деятельности на изменение ландшафтов Кузбасса. Результаты такого изучения могли бы быть использованы для разработки рекомендаций по минимизации воздействия на окружающую среду, а также для надлежащего управления земельными ресурсами и принятия решений [15, 16].

В настоящее время программа Landsat представляет собой архив пространственно-временных и многоспектральных снимков Земли, к которому можно получить доступ через Интер-

нет бесплатно и в большом масштабе. Основной целью работы является изучение изменений ландшафтов в районе шахты им. В.Д. Ялевского в Кузбассе по материалам Landsat (1992–2006 и 2019 гг.) и выявление изменений в процессе геологоразведочных и горных работ.

Район исследований находится в Кемеровской области с координатами 54°11'29.60» северной широты и 87°9'28.77» восточной долготы, высотой 278 м над уровнем моря. Общая экономика региона в значительной степени зависит от добычи угля. Климат района резко континентальный. Зимы морозные и длинные, лето прохладное и короткое. Самый теплый месяц — июль, со средней температурой +18,3 °С. Самый холодный — январь (средняя температура -15,9 °С). Среднегодовое количество осадков 620 мм. Расположение и карта исследуемой территории показаны на рис. 1.

В исследовании использовались спутниковые снимки Landsat. Приняты многолетние массивы данных Landsat, ряд технологий цифровой обработки изображений, подготовлены ландшафтные карты периодов 1992, 2006 и 2019 гг. С другой стороны, для определения каждого класса и категоризации значений DN в различных классах на исследуемой территории был использован алгоритм контролируемой классификационной методики Maximum Likability Classification (MLC), использовался также метод сравнения классификаций.

Спутниковые данные, используемые для классификации землепользования / почвенно-растительного покрова, получены с помощью тематического картографа Landsat-4 за период 1992 г. и период 2006 г., а данные Landsat-8, OLI — за 2019 г. Датчики Landsat-4 и 8 имеют спектральное разрешение 30 м и ширину



Рис. 1. Расположение Кузбасса и шахты им. В.Д. Ялевского  
 Fig. 1. Location map of the V.D. Yalovsky coal mine area

полосы обзора 185 км [21]. Кроме того, данные спутниковых снимков Sentinel-2A и Google Earth одновременно используются в качестве наземной информации для оценки точности. Эти наборы спутниковых данных были получены по адресу [22]. Все данные были запроецированы в одной и той же системе координат UTM (зона 45) North и WGS 84 datum. Область исследований попадает под траекторию 146 и строку 022 Всемирной координатной системы спутника Landsat. Данные наземной ситуации были получены с помощью снимков Google Earth и Sentinel-2A. Эти данные использовались для классификации и оценки точности классифицированных изображений. С использованием многолетних наборов данных TM Landsat были применены различные технологии цифровой обработки изображений района шахты им. В.Д. Ялевского.

Все три перечисленные выше набора данных прошли предварительную обработку и усовершенствование. Атмосферные, радиометрические и геометрические изображения корректируются с помощью программного обеспечения ENVI (Environment for Visualizing Images) 5.1. Операции укладки слоев использовались для объединения различных полос. Все полосы изображения были использованы для укладки слоев в Landsat-4 TM видимыми в коротковолновом инфракрасном диапазоне (полосы от 1 до 5 и 7) и (от 1 до 7) в Landsat-8, OLI с размером пикселя 30 м. Затем на каждый снимок накладывались файл исследуемой области в виде области интереса (ОИ) и полученное подмножество.

Во-вторых, карты ЛУЛК за 1992, 2006 и 2019 годы были подготовлены после редактирования и доработки. Были извлечены данные по классам в км<sup>2</sup>, процент-

ное изменение за каждый год измерялось по каждому типу ЛУЛК, а процентное изменение — по каждому отдельному году. Изменение в этой области также было отмечено как положительное или отрицательное, максимальное и минимальное. Шесть основных классов ЛУЛК были реализованы с помощью классификационных снимков и на основе алгоритмов МЛК и программного обеспечения ENVI 5.1. постклассифицированные изображения были очищены для получения более точных результатов и уменьшения ошибок в классификации [25]. Учтено, что при классификации изображений смешанные пиксели создают некоторую проблему из-за среднего пространственного разрешения наборов данных Landsat [24].

Оценка точности была проведена с использованием «матрицы путаницы» [18] и анализа «Карра» [223], изображения были проанализированы. Для оценки точности в программном обеспечении ENVI 9.1 использовались фунтовые достоверные данные и метод ROI с использованием изображений Sentinel-2A и «Google Планета Земля».

Для обнаружения и анализа изменений на земной поверхности используются различные методы. Метод классификации рангов доказал свою эффективность в качестве наиболее популярного подхода к анализу обнаружения изменений. Для этого необходимо сравнить независимые классифицированные изображения. Подход этого метода основан на последовательном проведении самостоятельной коррекции классифицированных изображений, составлении тематических карт, сравнении соответствующих меток для определения областей, в которых произошли изменения [19]. В данном случае исследование ЛУЛК по выявлению изменений для района шахты им. В.Д. Ялевского было проведено с использованием клас-

сификационного метода. Снимки были загружены с Landsat-4(TM) и Landsat-8 OLI с помощью программного обеспечения ENVI 5.1. В дополнение к получению динамических изменений в каталогах каждого класса в течение периода исследования (1992–2009 гг.) для расчета тенденции, общего числа классов, чистого изменения, изменения классов, процентного изменения и темпов каждого изменения ЛУЛК в период с 1992 по 2006 и 2019 годы были использованы метод сравнения классификации рангов и статистические данные обнаружения изменений с помощью программного обеспечения ENVI 5.1.

В районе исследования было зарегистрировано шесть основных категорий классов ЛУЛК — леса, водные объекты, дороги, техногенный ландшафт (горнодобывающая промышленность), сельскохозяйственные угодья и пастбища. Карты ЛУЛК района исследований, соответствующие трем различным периодам времени, представлены на (рис. 2). Пространственное распределение, статистические данные по площади шести категорий ЛУЛК и их процентное соотношение к площади, охватываемой каждой категорией ЛУЛК за каждый год также представлены в табл. 1. В табл. 2 показаны масштабы изменений в различных категориях землепользования за периоды 1992–2006 гг. и 2006–2019 гг. В табл. 3 приведены статистические данные по анализу выявления изменений за исследуемый период 1992–2019 гг. для каждого класса каталогов.

Результаты по различным масштабам рельефа местности и их изменениям представлены на рис. 2 и в табл. 1–3. Всклощенные районы на исследуемой площади в основном покрыты лесом, низменные участки заняты водоемами. Техногенные ландшафты распределены в основном вдоль лесных, луговых, водных и сельскохозяйственных угодий.

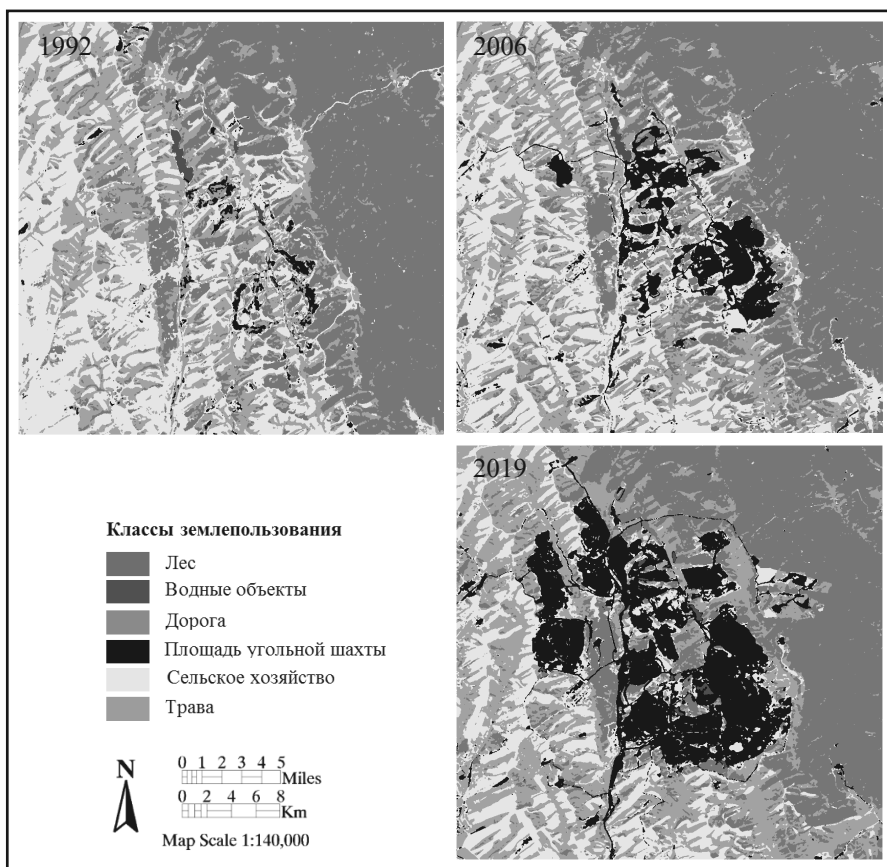


Рис. 2. Карта землепользования 1992, 2006 и 2019 гг.

Fig. 2. Land use Map of 1992, 2006 and 2019

Площадь лесов составляет самую большую категорию в исследуемом районе и имеет тенденцию к увеличению с 1992 по 2006 год. Лесные площади составляли 241,01 км<sup>2</sup> (39,16 %) в 1992 году и увеличились до 245,40 км<sup>2</sup> (39,87) в 2006 году, однако в 2019 году сократились до 215,66 км<sup>2</sup> (35,04).

Водные объекты занимают меньшую часть исследуемой территории, и их площадь постепенно уменьшается. Площадь водоемов составляла 2,12 км<sup>2</sup> (0,34 %) в 1992 году, 1,94 км<sup>2</sup> (0,32 %) в 2006 году и 1,18 км<sup>2</sup> (0,19 %) в 2019 году.

Площадь, занимаемая дорогами, составляла 12,26 км<sup>2</sup> (1,99 %) в 1992 году,

4,67 км<sup>2</sup> (0,76 %) в 2006 году и 1,46 км<sup>2</sup> (0,24 %) в 2019 году. Луговые площади постепенно увеличивались с 142,60 км<sup>2</sup>. С 23,17 % в 1992 году до 151,60 км<sup>2</sup> (24,63 %) в 2006 году и до 177,46 км<sup>2</sup> (28,83 %) в 2019 году. Как следствие горных работ, в районе наблюдается увеличение площадей отвалов в течение исследуемого периода времени. Площадь техногенных ландшафтов, которая в 1992 году составляла более 10,68 км<sup>2</sup> (1,74 %), в 2006 году возросла до 43,89 км<sup>2</sup> (7,13 %), а в 2019 году увеличилась до 111,40 км<sup>2</sup> (18,10 %).

Площадь сельскохозяйственных угодий сократилась с 206,83 км<sup>2</sup> (33,60 %) в 1992 году до 168,01 км<sup>2</sup> (27,30 %)

в 2006 году и еще больше — до 108,35 км<sup>2</sup> (17,60 %) — в 2019 году. Можно предположить несколько причин сокращения площадей сельскохозяйственных угодий. Но очевидно, одна из них связана с трансформацией естественных ландшафтов в техногенные.

Результаты анализа изменений за исследуемый период (1992–2019 гг.) для каждого класса приведены в табл. 3. Из таблицы видно, что площадь лесных угодий увеличивалась на 0,31 км<sup>2</sup>/год в период 1992–2016 гг. и затем уменьшалась на 2,29 км<sup>2</sup>/год в период 2006–2019 гг. Общее уменьшение лесных площадей составило 25,35 км<sup>2</sup> (–0,94 км<sup>2</sup>/год).

Площадь водных объектов уменьшилась на –0,17 км<sup>2</sup> (–0,01 км<sup>2</sup>/год) в течение 1992–2006 гг., и на 0,77 км<sup>2</sup>

(–0,06 км<sup>2</sup>/год) в течение 2006–2019 гг. Сокращение суммарной площади водоемов за период исследований составило –0,94 км<sup>2</sup> (–0,03 км<sup>2</sup>/год).

Площадь дорог уменьшилась на 7,59 км<sup>2</sup> (–0,54 км<sup>2</sup>/год) в течение 1992–2006 гг., и на –3,21 км<sup>2</sup> (–0,25 км<sup>2</sup>/год) в течение 2006–2019 гг.

Прирост площадей техногенных ландшафтов и задернованных территорий составили 33,21 км<sup>2</sup> (2,37 км<sup>2</sup>/год) и 9 км<sup>2</sup> (0,64 км<sup>2</sup>/год) соответственно в период 1992–2006 гг., а также 67,51 км<sup>2</sup> (5,19 км<sup>2</sup>/год) и 25,86 км<sup>2</sup> (1,99 км<sup>2</sup>/год) соответственно в период 2006–2019 гг.

Наблюдается уменьшение площади сельскохозяйственных угодий: 38,82 км<sup>2</sup> (–2,77 км<sup>2</sup>/год) в период 1992–2006 гг. и 59,66 км<sup>2</sup> (–4,59 км<sup>2</sup>/год) в период 2006–2019 гг.

Таблица 1

**Распределение классов ЛУЛК по площадям в районе шахты им. В.Д. Ялевского (в км<sup>2</sup>, в скобках – в процентах)**

**The distribution of classes LULC on the areas near the mine to them. V. D. Eletsкого (in km<sup>2</sup> in parentheses are in percentage)**

Категория землепользования	1992, %		2006, %		2019, %	
	км <sup>2</sup>	(%)	км <sup>2</sup>	(%)	км <sup>2</sup>	(%)
Лесные угодья	241,01	(39,16)	245,40	(39,87)	215,66	(35,04)
Водные объекты	2,12	(0,34)	1,94	(0,32)	1,18	(0,19)
Дороги	12,26	(1,99)	4,67	(0,76)	1,46	(0,24)
Техногенные ландшафты	10,68	(1,74)	43,89	(7,13)	111,40	(18,10)
Сельскохозяйственные угодья	206,83	(33,60)	168,01	(27,30)	108,35	(17,60)
Луга и задернованные площади	142,60	(23,17)	151,60	(24,63)	177,46	(28,83)

Таблица 2

**Темпы изменения и чистое изменение ЛУЛК в районе шахты им. В.Д. Ялевского (изменение выражено в км<sup>2</sup>/год).**

**The rate of change and net change of the LULC in the area of the V. D. Yalovsky mine (the change is expressed in km<sup>2</sup>/year)**

Категория землепользования	1992–2006	км <sup>2</sup> /год	2006–2019	км <sup>2</sup> /год	Чистое изменение 1992–2019	км <sup>2</sup> /год
Лесные угодья	4,38	0,31	–29,74	–2,29	–25,35	–0,94
Водные объекты	–0,17	–0,01	–0,77	–0,06	–0,94	–0,03
Дороги	–7,59	–0,54	–3,21	–0,25	–10,80	–0,4

Категория землепользования	1992–2006	км <sup>2</sup> /год	2006–2019	км <sup>2</sup> /год	Чистое изменение 1992–2019	км <sup>2</sup> /год
Техногенные ландшафты	33,21	0,54	67,51	5,19	100,72	3,73
Сельскохозяйственные угодья	-38,82	-2,77	-59,66	-4,59	-98,48	-3,65
Луга и задренованные площади	9,00	0,64	25,86	1,99	34,86	1,29

Таблица 3

*Матрица изменения ЛУЛК в районе шахты им В.Д. Ялевского за 1992–2019 гг. (км<sup>2</sup>)*

*Matrix of changes in the LULC in The area of the V. D. Yalovsky mine for 1992–2019 (km<sup>2</sup>)*

Категория землепользования	Лес	Водные объекты	Дороги	Техногенные ландшафты	Сельскохозяйственные угодья	Луга и задренованные территории	Всего, 1992 г.
Лесные угодья	187,78	0,03	0,57	0,28	15,15	11,85	215,66
Водные объекты	0,21	0,32	0,04	0,01	0,21	0,38	1,18
Дороги	0,38	0,01	0,09	0,08	0,48	0,43	0,46
Техногенные ландшафты	26,66	1,63	8,76	6,14	35,44	32,77	111,40
Сельскохозяйственные угодья	8,50	0,07	1,97	2,39	80,89	14,52	108,35
Луга и задренованные территории	17,47	0,07	0,84	1,78	74,65	82,65	177,46
Всего, 2019 г.	241,01	2,12	12,26	10,68	206,83	142,60	
Изменения в классе	53,23	1,79	12,18	4,54	125,94	59,95	
Разница в изображении	-25,35	-0,94	-10,80	100,72	-98,48	34,86	

Исследование показывает, что в течение 1992–2019 гг. максимальные положительные изменения наблюдаются в зоне добычи полезных ископаемых, в то время как максимальные отрицательные изменения зафиксированы для сельскохозяйственных угодий (табл. 2).

Результаты оценки точности классифицированных изображений показали, что общая точность и коэффициент каппа составили 90,18 % и 0,87

для классифицированных изображений 1992 года, 93,41 % и 0,91 для 2006 года, 88,69 % и 0,85 для 2019 соответственно.

### **Заключение**

Космические снимки использовались для анализа изменений ландшафтов в районе шахтного поля шахты им В.Д. Ялевского в Ерунаковском районе Кузбасса за период с 1992 по 2019 гг. Было выделено шесть основных ланд-



шафтных классов ЛУЛК (LULC): лесные угодья, водные объекты, сельскохозяйственные угодья, дороги, техногенные ландшафты, луга и задержанные территории.

Прослежена тенденция изменений ландшафтов в течение периода с 1992 по 2019 г. Наблюдается прямое влияние добычи на большинство категорий ЛУЛК наряду с другими факторами. Данное исследование помогает в принятии решений по рекультивации земель и управлению земельными ресурсами в районе. Это исследование с использованием Landsat-4 (TM) и Landsat-8 (OLI) дало удовлетворительные результаты для классификации шести основных классов земного покрова рудника В.Д. Ялевского района. Доминирующим классом LULC была территория шахты. Результаты


ясно показывают, что площадь горнодобывающей промышленности увеличивается, в то время как сельское хозяйство, дороги, леса и вода сокращаются. Использование этого подхода в этом районе наглядно продемонстрировало потенциал дистанционного зондирования и его методов для измерения динамики изменения структуры ЛУЛК в районе, характеризующемся притоком полезных ископаемых. С другой стороны, исследование поможет правительству и агентству по охране окружающей среды (EPA) выработать политику в отношении потенциальных экологических изменений в этой области.

#### **Благодарность**

Автор благодарит г-на Маневича Александра Ильича за помощь.

#### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. *Бабков-Эстеркин В.И. и др.* Горное дело и окружающая среда. Учебное пособие для инженеров и магистров. Часть 3. — М.: МГГУ, 1999. — 70 с.
2. *Gendler S.G., Kovshov S.V.* Estimation and reduction of mining-induced damage of the environment and work area air in mining and processing of mineral stuff for the building industry. *Eurasian mining*. 2016, №1. С. 45—49. DOI 10.17580/em.2016.01.08.
3. *Batugin A.* Critically Stressed Areas of Earth's Crust as Medium for Man-caused Hazards / *E3S Web of Conferences*, 56, 02007 (2018). Doi. 10.1051/e3sconf/20185602007.
4. *Hendrychova M., Kabrna M.* An analysis of 200 year long changes in a landscape affected by large scale surface coal mining: History, present and future // *Applied Geography*. 2016. — Vol. 74. — P. 151—159. — DOI: 10.1016/j.apgeog.2016.07.009.
5. *Singh A.* Digital change detection techniques using remotely sensed data // *International Journal of Remote Sensing*. — 1989. — Vol. 10 — no. 6. — P. 989—1003. DOI: 10.1080/01431168908903939.
6. *Ruiz-Luna A., Berlanga-Robles C.A.* Land use, land cover changes and coastal lagoon surface reduction associated with urban growth in northwest Mexico // *Landscape Ecol.* 2013. — Vol 18. — no. 2. — P. 159—171. DOI: 10.1023/A:1024461215456.
7. *Lambin E.F., Geist H.J., Lepers E.* Dynamics of landuse and land cover change in tropical regions // *Annual Review of environment and resources*. — 2003. — Vol. 28. — P. 205—241. DOI: 10.1146/annurev.energy.28.050302.105459.
8. А.И. Копытов, Ю.А. Манаков, А.Н. Куприянов. Развитие угледобычи и проблемы сохранения экосистем в Кузбассе. Уголь. — 2017. — № 3. — С. 72—77. DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2017-3-72-77>
9. *Малашкина В.А.* Направления повышения эффективности подземной дегазации для улучшения условий труда шахтеров угольных шахт. // *Горный информационно-аналитический бюллетень (ГИАБ)*. — 2018 — № 7. — С. 69—75. DOI: 10.25018/0236-1493-2018-7-0-69-75

10. *Баловцев С.В.* К методике прогноза взрывобезопасности выемочных участков угольных шахт // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2018. — №11. — С. 218–226. DOI: 10.25018/0236-1493-2018-11-0-218-226.
11. *Скопинцева О.В., Ганова С.Д., Демин Н.В., Папичев В.И.* Комплексный метод снижения пылевой и газовой опасностей в угольных шахтах // Горный журнал. — 2018. — № 11. — С. 97–100. DOI: 10.17580/gzh.2018.11.18.
12. *Kulikova E.Y., Ivannikov A.L.* The terms of soils removal from the defects of the underground structures' lining. In: IOP Conf. Series: Journal of Physics: Conf. Series 1425 (2020) 012062; doi:10.1088/1742–6596/1425/1/012062
13. *Slastunov, S.V., Kolikov, K.S., Ermak, G.P., & Yutyayev, E.P.* (2015). Safety of coal mining in long-run development. *Gornyi Zhurnal*, 2015(4), 46–49. doi:10.17580/gzh.2015.04.08
14. *Batugin A., Myaskov A., Ignatov Yu., Khotchenkov Ev., Krasnoshtanov D.* To the re-using of data on rockbursts for up to date research of the geodynamic safety problem. In: Proceedings of World Multidisciplinary Earth Sciences Symposium (WMESS-2018), Praga, on September 03–07, 2018. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, (2018). doi:10.1088/1755–1315/221/1/012089
15. *Bocco, G., Mendoza, M., Velazquez, A.* Remote sensing and GIS-based regional geomorphological mapping—a tool for land use planning in developing countries // Science direct, geomorphology-2009.- *Geomorphology*. — Vol. 39. — no. 3–4. pp. 211–219. DOI: 10.1016/S0169–555X(01)00027–7.
16. *Turner B.L., Lambin E.F., Reenberg, A.* The emergence of land change science for global environmental change and sustainability // *Publmed.gov*. — 2007. — Vol. 104. — no. 52. — P. 1–7. — DOI: 10.1073/pnas.0704119104.
17. *Yuan F., Sawaya K.E., Loeffelholz B.C., Bauer M.E.* Land cover classification and change analysis of the twin cities (Minnesota) metropolitan area by multitemporal Landsat remote sensing // *Remote Sensing of environment*. — 2005. — Vol. 98. — P 317–328. — DOI: 10.1016/j.rse.2005.08.006.
18. *Story M., Congalton R.G.* Accuracy assessment: A user's perspective // *Photogrammetric engineering and remote sensing*. — 1986. — Vol. 52. — no. 3. — P. 397–399. DOI: 0099-1112/86/5203-397\$02.25/0.
19. *Shivangi M., Priyanka Sh., Priyanka D.* Change detection techniques in Remote sensing — A review // *International journal of wireless and mobile communication for industrial systems*.-2017. — Vol. 4. — no. 1. — P. 1–8. — DOI: 10.21742/ijwmcis.2017.4.1.01.
20. *El Gammal E.A., Salem S.M., El Gammal A.E.A.* Change detection studies on the world's biggest artificial lake (Lake Nasser, Egypt) // *Egypt Journal of Remote Sensing & Space Science*. — 2010. — Vol. 13. — no. 2. — P. 89–99. — DOI: 10.1016/j.ejrs.2010.08.001.
21. *Landsat science*, URL:<http://landsat.gsfc.nasa.gov>
22. *Earth explorer, 2020*, URL:<http://earthexplorer.usgs.gov/>
23. *Lea C., Curtis A.C.* Thematic Accuracy Assessment Procedures // *National park service vegetation inventory*. — 2010. — Version 2.0. — Natural resource report NPS/NRPC/NRR-2010/204. — National park Service, Fort Collins, Colorado, USA.
24. *Lu D., Weng Q.* Urban classification using full spectral information of Landsat ETM+ imagery in Marion County Indiana // *Photogrammetric engineering and remote sensing*. — 2005. — Vol. 71. — no. 11. — P. 1275–1284. DOI: 10.14358/PERS.71.11.1275.
25. *Harris P.M., Ventura S.J.* The integration of geographic data with remotely sensed imagery to improve classification in an urban area // *Photogrammetric engineering and remote sensing*. — 1995. — Vol. 61. — no. 8. — P. 993–998. 

## REFERENCES

1. *Babkov-Esterkin V.I.* i dr. *Gornoe delo i okruzhayushchaya sreda* [Mining and Environment]. Uchebnoe posobie dlya inzhenerov i magistrov. Moscow, 1999. Tom Chast' 3. [In Russ]

2. Gendler S.G., Kovshov S.V. Estimation and reduction of mining-induced damage of the environment and work area air in mining and processing of mineral stuff for the building industry. *Eurasian mining*. 2016, no. 1. pp. 45 – 49. DOI 10.17580/em.2016.01.08.
3. Batugin A. Critically Stressed Areas of Earth's Crust as Medium for Man-caused Hazards. *E3S Web of Conferences*, 56, 02007 (2018).Doi. 10.1051/e3sconf/20185602007.
4. Hendrychova M., Kabrna M. An analysis of 200 year long changes in a landscape affected by large scale surface coal mining: History, present and future. *Applied Geography*. 2016. Vol. 74. pp. 151 – 159. DOI: 10.1016/j.apgeog.2016.07.009.
5. Singh A. Digital change detection techniques using remotely sensed data. *International Journal of Remote Sensing*. 1989. Vol. 10 no. 6. P. 989 – 1003. DOI: 10.1080/01431168908903939.
6. Ruiz-Luna A., Berlanga-Robles C.A. Land use, land cover changes and coastal lagoon surface reduction associated with urban growth in northwestern Mexico. *Landscape Ecol*. 2013. Vol 18. no 2. pp. 159–171. DOI: 10.1023/A:1024461215456.
7. Lambin E.F., Geist H.J., Lepers E. Dynamics of land use and land cover change in tropical regions. *Annual Review of environment and resources*. 2003. Vol. 28. pp. 205 – 241. DOI: 10.1146/annurev.energy.28.050302.105459.
8. A.I. Kopytov, Yu.A. Manakov, A.N. Kupriyanov. Coal mining and issues of ecosystem preservation in Kuzbass. *Ugol'*. 2017. no. 3. pp. 72 – 77. DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2017-3-72-77> [In Russ]
9. Malashkina V.A. Coal mine degasification efficiency enhancement to improve working conditions of miners. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2018 no. 7. pp. 69 – 75. DOI: 10.25018/0236-1493-2018-7-0-69-75 [In Russ]
10. Balovtsev S.V. Explosion safety procedure for working areas in coal mines. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2018. no. 11. pp. 218 – 226. DOI: 10.25018/0236-1493-2018-11-0-218-226. [In Russ]
11. Skopintseva O.V., Ganova S.D., Demin N.V., Papichev V.I. Comprehensive method of reducing dust and gas hazards in coal mines. *Gornyj zhurnal*. 2018. no. 11. pp. 97 – 100. DOI: 10.17580/gzh.2018.11.18. [In Russ]
12. Kulikova E.Y., Ivannikov A.L. The terms of soils removal from the defects of the underground structures' lining. In: *IOP Conf. Series: Journal of Physics: Conf. Series* 1425 (2020) 012062; doi:10.1088/1742 – 6596/1425/1/012062.
13. Slastunov, S.V., Kolikov, K.S., Ermak, G.P., & Yutyaev, E.P. (2015). Safety of coal mining in long-run development. *Gornyi Zhurnal*. 2015(4), 46 – 49. doi:10.17580/gzh.2015.04.08.
14. Batugin A., Myaskov A., Ignatov Yu., Khotchenkov Ev., Krasnoshtanov D. To the re-using of data on rockbursts for up to date research of the geodynamic safety problem. In: *Proceedings of World Multidisciplinary Earth Sciences Symposium (WMESS-2018)*, Praga, on September 03 – 07, 2018. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, (2018). doi:10.1088/1755 – 1315/221/1/012089.
15. Bocco, G., Mendoza, M., Velazquez, A. Remote sensing and GIS-based regional geomorphological mapping – a tool for land use planning in developing countries. *Science direct, geomorphology-2009. Geomorphology*. Vol. 39. no. 3 – 4. pp. 211–219. DOI: 10.1016/S0169 – 555X(01)00027 – 7.
16. Turner B.L., Lambin E.F., Reenberg, A. The emergence of land change science for global environmental change and sustainability. *Publmed.gov*. 2007. Vol. 104. no. 52. pp. 1 – 7. DOI: 10.1073/pnas.0704119104.
17. Yuan F., Sawaya K.E., Loeffelholz B.C., Bauer M.E. Land cover classification and change analysis of the twin cities (Minnesota) metropolitan area by multitemporal Landsat remote sensing. *Remote Sensing of environment*. 2005. Vol. 98. pp. 317 – 328. DOI: 10.1016/j.rse.2005.08.006.
18. Story M., Congalton R.G. Accuracy assessment: A user's perspective. *Photogrammetric engineering and remote sensing*. 1986. Vol. 52. no. 3. P. 397–399. DOI: 0099 – 1112/86/5203 – 397\$02.25/0.

19. Shivangi M., Priyanka Sh., Priyanka D. Change detection techniques in Remote sensing A review. *International journal of wireless and mobile communication for industrial systems*. 2017. Vol. 4. no. 1. pp. 1–8. DOI: 10.21742/ijwmcis.2017.4.1.01.
20. El Gammal E.A., Salem S.M., El Gammal A.E.A. Change detection studies on the world's biggest artificial lake (Lake Nasser, Egypt). *Egypt Journal of Remote Sensing & Space Science*. 2010. Vol. 13. no. 2. P. 89–99. DOI: 10.1016/j.ejrs.2010.08.001.
21. Landsat science, URL:<http://landsat.gsfc.nasa.gov>.
22. Earth explorer, 2020, URL:<http://earthexplorer.usgs.gov>.
23. Lea C., Curtis A.C. Thematic Accuracy Assessment Procedures. National park service vegetation inventory. 2010. Version 2.0. Natural resource report NPS/NRPC/NRR-2010/204. National park Service, Fort Collins, Colorado, USA.
24. Lu D., Weng Q. Urban classification using full spectral information of Landsat ETM+ imagery in Marion County Indiana. *Photogrammetric engineering and remote sensing*. 2005. Vol. 71. no. 11. pp. 1275–1284. DOI: 10.14358/PERS.71.11.1275.
25. Harris P.M., Ventura S.J. The integration of geographic data with remotely sensed imagery to improve classification in an urban area. *Photogrammetric engineering and remote sensing*. 1995. Vol. 61. no. 8. pp. 993–998.

### **ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ**

*Ал-Шатери Хошманд Ахмед Азиз* — аспирант кафедры безопасности и экологии горного производства, Горный институт, Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС», Ленинский пр., 4, Москва, 119049, e-mail: hoshmendg@gmail.com.

### **INFORMATION ABOUT THE AUTHOR**

*Al-shateri Hoshmand Ahmed Azeez*, PhD Student, Department of Safety and Ecology of Mining, e-mail: hoshmendg@gmail.com, National university of science and technology «MISIS», Russia.

Получена редакцией 11.03.2020; получена после рецензии 06.04.2020; принята к печати 20.05.2020.

Received by the editors 11.03.2020; received after the review 06.04.2020; accepted for printing 20.05.2020.

