

*Э. В. Кандаурова¹ *, С. Ю. Кацко¹, И. П. Кокорина²*

Геоинформационное картографирование угольных месторождений Кемеровской области

¹ Сибирский государственный университет геосистем и технологий, г. Новосибирск, Российская Федерация

² Институт систематики и экологии животных СО РАН, г. Новосибирск, Российская Федерация

* e-mail: s.katsko@ssga.ru

Аннотация. Статья посвящена разработке геоинформационной системы для анализа запасов и прогнозных ресурсов угля в Кемеровской области. Одной из главных проблем, рассмотренных в исследовании, является отсутствие тематических карт и ГИС угольных разрезов на территории региона. В статье подробно описываются этапы работы с данными и обработки картографической информации, такие как выбор космических снимков, тематическое дешифрирование угольных разрезов и шахт, определение масштабного ряда проекта, создание общегеографической основы ГИС, создание атрибутивной таблицы тематических слоев. Результатом работы является ГИС запасов и прогнозных ресурсов угля Кемеровской области, которая может быть использована для проведения исследований и решения производственных задач в сфере добычи угля.

Ключевые слова: геоинформационное картографирование, автоматизированное дешифрирование, полезные ископаемые

*E. V. Kandaurova¹ *, S. Yu. Katsko¹ *, I. P. Kokorina²*

Geoinformation Support for the Coal Industry of the Kemerovo Region

¹ Siberian State University of Geosystems and Technologies, Novosibirsk, Russian Federation

² Institute of Systematics and Ecology of Animals, Novosibirsk, Russian Federation

*e-mail: s.katsko@ssga.ru

Abstract. The article is devoted to the development of a geographic information system for analyzing coal reserves and forecasted resources in the Kemerovo region. One of the main issues addressed in the study is the lack of thematic maps and GIS of coal deposits in the region. The article provides a detailed description of the stages of data processing and cartographic information, such as selection of satellite images, thematic deciphering of coal seams and mines, determination of the project's scale range, creation of the general geographic basis of GIS, and creation of the attribute table of thematic layers. The result of the work is a GIS of coal reserves and forecasted resources in the Kemerovo region, which can be used for research and solving production tasks in the coal mining industry.

Keywords: geoinformation mapping, automated interpretation, minerals

Введение

Разработка и создание геоинформационных систем, как основы для исследований и решения производственных задач, является актуальным научным вопросом, поэтому целью работы выбрано создание ГИС запасов и прогнозных ресурсов угля Кемеровской области.

Проблема, с которой связано исследование, заключается в том, что на данный момент в общем доступе отсутствуют географические карты и ГИС разрезов и шахт на территорию Кемеровской области, отсутствует технология дешифрирования нарушенных земель в результате добычи полезных ископаемых. Для достижения этой цели необходимо решить следующие задачи:

- выбрать космические снимки;
- выполнить тематическое дешифрирование угольных разрезов и шахт;
- определить масштабный ряд проекта;
- создать общегеографическую основу ГИС;
- создать атрибутивную таблицу тематических слоев.

Методы и материалы

Россия на 2022 год занимает лидирующее положение по величине запасов природного газа в мире, четвертое место по величине запасов угля и шестое по величине запасов нефти. Большие объемы производства требуют ведения эффективной статистической работы и обработки информации, поэтому основное внимание на горнодобывающих производствах уделяют созданию и ведению ГИС, позволяющих собирать, хранить, анализировать данные о запасах и прогнозных ресурсах полезных ископаемых [1–3].

Технологии космического мониторинга позволяют эффективно отслеживать различные аспекты промышленности. Аэрокосмическая информация, как правило, представляется в виде данных со спутников дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ). За последнее время было запущено множество таких спутников, наиболее примечательными и известными из которых являются спутники миссий Landsat и Sentinel. Данные спутники обладают высококачественной съемочной аппаратурой и высокоточными сенсорами, способными улавливать изменения в видимом и инфракрасном спектре длин волн.

Анализ аэрокосмической информации дает возможность создавать электронные карты местности с учетом актуальных изменений на исследуемых территориях, что, в совокупности с цифровыми моделями рельефа (ЦМР), картографической и атрибутивной информацией, обеспечит мониторинг, оценку динамики и прогнозирование состояния объекта в целом [4].

Кузнецкий угольный бассейн – один из крупнейших угледобывающих районов в России, находящийся на территории Кемеровской области и частично на территориях Новосибирской области и Алтайского края. В 20-х годах XX века он стал энергетической базой СССР. В 2022 году общий объем экспорта угля из региона составил 230 млн. тонн, из них в страны Евросоюза было отгружено 36,3 млн. тонн (около 29 %) [5].

В административном плане Кузбасс почти полностью расположен в пределах Кемеровской области, за исключением Завьяловского и Доронинского районов (Новосибирская область), удельный вес которых по добыче угля невелик. Площадь бассейна составляет 26,7 тыс. км².

Общегеологические запасы углей до глубины 1 600 м оценены более чем в 700 млрд т, из них пригодных для коксования – 270 млрд. т (для сравнения: за-

пасы коксующихся углей в Донецком бассейне – 25 млрд. т, в Печорском бассейне – 9 млрд. т).

По данным министерства угольной промышленности Кузбасса, на 01.01.2022 г. в Кузбассе работает 152 угледобывающих и перерабатывающих предприятия:

- 58 шахт;
- 36 разрезов;
- 56 обогатительных фабрик и установок.

По количеству месторождений в собственности лидируют предприятия: АО «СУЭК-Кузбасс», ПАО «Кузбасская Топливная Компания» и АО «УК Кузбассразрезуголь». На их долю приходится 62 % всех месторождений. Также в этой отрасли работают такие предприятия, как АО «САЛЕК», ООО «Разрез Кийзасский», АО «Шахта Заречная», ОАО «Междуречье», ООО «Ресурс» [6].

На начальном этапе работы создания ГИС запасов и прогнозных ресурсов Кемеровской области происходит сбор исходных картографических и статистических данных, определяется масштабный ряд проекта. Также требуется определить структуру и содержание базы данных ГИС.

Для ГИС запасов и прогнозных ресурсов угля Кемеровской области выбраны уровни масштабного ряда: 1:10 000–1:100 000, 1:100 000–1:300 000, 1:300 000–1:1 000 000. Структура базы данных проектируемой ГИС представлена в табл. 1.

Таблица 1

Структура базы данных проектируемой ГИС

Слои	Название слоя	Тип локализации	Название полей слоя
Гидрография	Гидрография линейная	Линейный	Название Тип
	Гидрография площадная	Площадной	Название Тип
Населенные пункты	Населенные пункты	Точечный	Название Тип Численность населения
	Городские округа	Площадной	Название Площадь
Пути сообщения	Автомобильные дороги местного значения	Линейный	Название Тип
	Автомобильные трассы федерального значения	Линейный	Название Тип
	Железные дороги	Линейный	Название Тип
Границы	Граница Кемеровской области	Линейный	Тип
	Границы административных районов	Линейный	Тип

Слои	Название слоя	Тип локализации	Название полей слоя
Разрезы	Разрезы	Площадной	Название Предприятие Обеспеченность балансовыми запасами (лет) Добыча в год (млн т)
Шахты	Шахты	Площадной	Название Предприятие Обеспеченность балансовыми запасами (лет) Добыча в год (млн т)
Рельеф	Снимки SRTM в формате GeoTIFF с разрешением 90 метров		

Данные об угледобывающих предприятиях должны содержать актуальную информацию о предприятии, его собственнике, марке добываемого угля, балансовых запасах и о годовом объеме добычи. Общее количество тематических объектов: 26 разрезов, 18 шахт. Фрагмент базы данных тематического слоя ГИС отображен на рис. 1.

	Название	Способ добычи	Марки угля	Балансовые запасы	Объем добычи	Собственник предприятия
1	Заречный угольный разрез	Открытый	ДГ	80,000	1,600	СУЭК Кузбасс
2	Первомайский угольный разрез	Открытый	Д	520,000	15,000	СДС-Уголь
3	Черниговский угольный разрез	Открытый	Д	220,000	9,000	СДС-Уголь
4	ОАО "Шахта Ольжерасская-Новая"	Подземный	ГЖО	210,000	1,800	ОАО «Южный Кузбасс»
5	Краснобродский угольный разрез	Открытый	Т, СС, КС, КО,1	336,874	9,000	ОАО «УК «КУЗБАССРАЗРЕЗУГОЛЬ»
6	Калтанский угольный разрез	Открытый	Т	166,500	3,500	ОАО «УК «КУЗБАССРАЗРЕЗУГОЛЬ»
7	Кедровский угольный разрез	Открытый	СС	70,000	3,000	ОАО «УК «КУЗБАССРАЗРЕЗУГОЛЬ»
8	Моховский угольный разрез	Открытый	Д	41,408	7,000	ОАО «УК «КУЗБАССРАЗРЕЗУГОЛЬ»
9	Талдинский угольный разрез	Открытый	Д	336,874	9,000	ОАО «УК «КУЗБАССРАЗРЕЗУГОЛЬ»
10	Сибиргинская шахта	Подземный	ОС	65,000	1,200	ОАО "Южный Кузбасс"

Рис. 1. Фрагмент базы данных тематического слоя ГИС

Рассмотрим марки угля на рисунке. Они подразделяются на основные и промежуточные. К основным относятся бурые (Б), длиннопламенные (Д), газовые (Г), жирные (Ж), коксовые (К), отощенно-спекающиеся (ОС), тощие (Т), антрациты (А), к промежуточным – газовые жирные (ГЖ), коксовые жирные (КЖ), коксовые вторые (К2), слабоспекающиеся (СС).

На территории Кемеровской области преимущественно добывается уголь марок Г, Д, Ж, ГЖ [7].

На следующем этапе создания ГИС производится дешифрирование разрезов и шахт на спутниковых снимках и их векторизация.

В качестве источника данных были выбраны космические снимки со спутника Landsat 8, расположенные на сайте USGS. Основным критерием отбора служил процент покрытия территории облаками, равный 20 %.

Для получения снимка в естественных цветах была применена комбинация каналов 5-4-3 данных Landsat 8 [8].

Метод классификации – это процесс автоматизированного подразделения всех пикселей снимка на группы (классы) с использованием кластерного анализа. Существует два вида классификаций: классификация без обучения и классификация с обучением.

Классификации без обучения – распределение пикселей изображения происходит автоматически, на основе анализа статистического распределения яркости пикселей. При классификации с обучением происходит сравнение значения яркости каждого пикселя с эталонами, в результате чего каждый пиксел относится к наиболее подходящему классу объектов. При выборе любого из способов, изображения автоматически разделяются на классы.

Независимо от того, какой способ выбран для решения задач дешифрирования, автоматическая классификация включает несколько этапов.

При работе выбран способ классификации с обучением. Первый этап заключается в определении, какие классы объектов будут выделены в результате выполнения всей процедуры. Как правило, выделяют виды растительности, сельскохозяйственные культуры, породы леса, гидрографические объекты и т. д.

На втором этапе для каждого из классов объектов выбираются типичные для него пиксели, то есть формируется обучающая выборка. Обязательным условием выполнения этой процедуры является наличие на снимке эталонов, т.е. фрагментов изображения, однозначно относящихся к своему классу объектов. Процедура создания обучающей выборки реализуется выбором в пределах изображения эталонного объекта участков в несколько пикселей.

Третий этап – вычисление параметров, спектрального образа каждого из классов, сформированного в результате набора эталонных пикселей. Набор параметров зависит от алгоритма, который предполагается использовать для классификации [9–11].

Для дешифрирования и векторизации разрезов на снимке использовался метод автоматизированного дешифрирования алгоритмом управляемой классификации Maximum Likelihood в программе Erdas Imagine 2015. Этот метод показал себя наиболее информативным по сравнению с другими, представленными в программе. При Maximum Likelihood не захватывались большие площади пикселей. Для проведения классификации были созданы объекты интересов дешифрирования, содержащие спектральные характеристики объектов. Задавая их, определяется, какие объекты нужно выделить в отдельные классы. Объекты интересов представлены на рис. 2 [12].

Class #	>	Signature Name	Color	Red	Green	Blue	Value	Order	Count	Prob.	P	I	H	A	FS
1	▶	Coal		0.407	0.035	0.589	8	8	40703	1.000	✓	✓	✓	✓	
2		Forest		0.667	0.788	0.707	1	9	9219	1.000	✓	✓	✓	✓	
3		Fields 1		0.707	0.167	0.604	2	10	2006	1.000	✓	✓	✓	✓	
4		River		0.000	0.000	0.128	3	11	1010	1.000	✓	✓	✓	✓	
5		Fields 2		0.939	0.642	0.914	4	12	9949	1.000	✓	✓	✓	✓	
6		Fields 3		0.950	0.639	0.889	5	13	13614	1.000	✓	✓	✓	✓	
7		Fields 4		0.585	0.048	0.436	6	14	2053	1.000	✓	✓	✓	✓	

Рис. 2. Объекты интересов

После формирования обучающей выборки, получен результат дешифрирования в растровом виде. На следующем этапе проводилась его векторизация в программе QGIS, результат которой представлен на рис. 3.

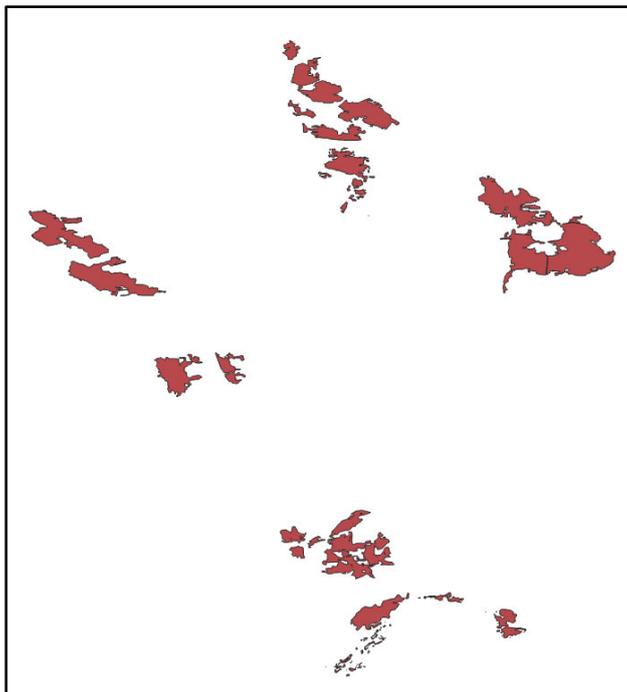


Рис. 3. Угольные разрезы и шахты, векторизованные в программе QGIS

Непосредственная обработка картографической информации происходит на основном этапе технологического процесса. Она включает в себя: определение масштабного ряда проекта, от которого будет зависеть изменение детальности изображения при переходах между масштабными уровнями; генерализацию исходных данных, чтобы обозначить степень детализации того или иного масштабного уровня; оформление, определяющее стили отображения данных; выбор условных знаков; правила подписывания картографических объектов. На заключительном этапе создания картографического сервиса осуществляется контроль результатов путем проверки слоев на корректность отображения, а также формирование рабочего набора, предназначенного для использования в геосервисах [13–15].

Результаты

Результаты работ по созданию геоинформационной системы запасов и прогнозных ресурсов угля Кемеровской области:

- выбраны космические снимки со спутника Landsat 8 с сайта USGS;
- выполнено тематическое дешифрирование угольных разрезов и шахт;
- определен масштабный ряд проекта;
- создана общегеографическая основа ГИС;
- создана атрибутивная таблица тематических слоев.

Результат работы представлен на рис. 4.



Рис. 4. ГИС запасов и прогнозных ресурсов угля Кемеровской области

Заключение

В ходе работы собрана информация о разрезах и шахтах Кемеровской области, описан порядок работ при дешифрировании нарушенных земель. Используя эти данные была создана мультимасштабная картографическая основа, на основе которой будет создан геопортал «Горнодобывающая промышленность Кемеровской области».

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Лурье И. К. Геоинформационное картографирование: Учебник для вузов. – М.: Издательство КДУ, 2008. - 424 с.
2. Ковальчук А. К. Основы геоинформационных систем. – М.: Издательство «Рудомино», 2009. – 206 с.
3. Берлянт А. М. Геоинформационное картографирование. – М.: Наука, 1997. – 64 с.
4. Чадра А. М., Гош С. К. Дистанционное зондирование и географические информационные системы: учебник для вузов. – М.: Техносфера, 2008. – 312 с.
5. Звонарев И. Н., Сидоренко А. В., Староверов Л. Д., Фомичев В. Д. Геология СССР. Т. 14. Западная Сибирь (Алтайский край, Кемерово, Новосибирская, Омская и Томская области). Ч. 1. Геологическое описание. – М.: Недра, 1967. – 664 с.
6. Справка о состоянии и перспективах использования минерально-сырьевой базы Кемеровской области – Кузбасса на 01.09.2022 г. – ФГБУ «ВСЕГЕИ», 2022. – 15 с.
7. Ольховатенко В. Е. Инженерная геология угольных месторождений Кузнецкого бассейна: монография. – Томск : Издательство Томского архитектурно-строительного университета, 2014. – 150 с.

8. Керимов И. А., Эзирбаев Т. Б. Использование мультиспектральной съемки при наблюдении за состоянием лесного покрова Земли // Геология и геофизика Юга России. – 2022. – Т. 12. – № 3. – С. 182-194.
9. Шихов А. Н., Герасимов А. П., Пономарчук А. И., Перминова Е. С. Тематическое дешифрирование и интерпретация космических снимков среднего и высокого пространственного разрешения: учебное пособие. – Пермь, 2020. – 191 с.
10. Бузина Д. А., Коновалов В. Е., Рыбникова Л. С., Рыбников П. А. Особенности дешифрирования объектов горнопромышленных территорий на аэрофотоснимках и космических снимках // Агротехнологии XXI века: стратегия развития, технологии и инновации: Материалы Всероссийской научно-практической конференции, Пермь, 16–18 ноября 2021 года / Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Пермский государственный аграрно-технологический университет имени академика Д. Н. Прянишникова». – Пермь: ИПЦ Прокрость, 2021. – С. 349-353.
11. Новикова И. О. Современные программные комплексы и технологии для обработки данных ДЗЗ и создания тематических геопорталов // Гео-Сибирь. – 2009. – Т. 4. – № 1. – С. 57-59.
12. Попов И. П., Левитская Т. И., Радченко Т. А. Обработка спутниковых снимков в программном комплексе enví для мониторинга состояния растительного покрова // – Екатеринбург : Издательство Уральского университета, 2022. — С. 147-150.
13. Карпик А. П. Методологические и технологические основы геоинформационного обеспечения территорий: Монография. – Новосибирск: СГГА, 2004. – 260 с.
14. Гуров А. А., Осипов С. В., Ивакина Е. В. Ландшафтное картографирование горнопромышленных территорий и их природного окружения // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология. – 2022. – № 2. – С. 47-59.
15. Лубнин Д. С. Геопорталы и современные отечественные средства их создания // Приложение к журналу Известия вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. Сборник статей по итогам научно-технической конференции. – 2010. – № 3. – С. 98-102.

© Э. В. Кандаурова, С. Ю. Кацко, И. П. Кокорина, 2023