

**BULLETIN OF NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES  
OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN**

ISSN 1991-3494

Volume 6, Number 364 (2016), 27 – 33

**K. M. Kanafin, V. M. Ibraimov**NAO «K. I. Satpayev Kazakh National Research Technical University», Almaty, Kazakhstan.  
E-mail: km\_kanat\_2008@mail.ru, viib@mail.ru**SATTELITE IMAGES INTERPRETATION USING GIS  
IN HYDROGEOLOGICAL SURVEYS**

**Abstract.** Remote sensing methods and interpretation play an important role for the effective hydrogeological surveys. One of the most popular sources to get information about the current state of the object of mapping is remote sensing. For the analysis of remote sensing data (satellite images) nowadays used Geographic Information Systems (GIS), which allows working effectively with spatially-distributed information. Interpretation of satellite images provide necessary quick and reliable information using decoding techniques, conducted with the help of specialized GIS programs.

Using Earth Remote Sensing (ERS) for the needs of hydrogeology is sophisticated because ground water is not displayed on space photographs and only identified and studied in these materials through indirect indicators. Processing of ERS recently more tightly integrated with GIS. The GIS package of ArcGIS program software currently has developed functions of cartographic visualization of spatial data and enables remote sensing data processing.

This article presents the results of work on the satellite images Landsat 8. Area of study – the Northern Caspian Region (between Mal and Bol. Uzen Rivers), processed using ArcGIS software package.

**Keywords:** remote sensing, remote sensing data, satellite images interpretation, geographic information systems, groundwater resources.

УДК 556.03.048

**К. М. Канафин, В. М. Ибраимов**НаО «Казахский национальный исследовательский технический университет им. К. И. Сатпаева»,  
Алматы, Казахстан**ДЕШИФРИРОВАНИЕ КОСМОСНИМКОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ ГИС  
В ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ**

**Аннотация.** Использование космических снимков в процессе создания и обновления карт играет большую роль в гидрогеологии. Одним из наиболее востребованных источников для получения и обновления информации о текущем состоянии объекта картографирования являются данные дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ). Для анализа данных дистанционного зондирования (космических снимков) наиболее удобны географические информационные системы (ГИС), позволяющие эффективно работать с пространственно-распределенной информацией. Изучение материалов космических съемок позволят получить нужную информацию быстро и надёжно методами дешифрирования, проводимых с помощью ГИС в специализированных программах.

Сложность использования ДЗЗ в гидрогеологии определяется тем, что объект исследований (подземные воды) не находят на космических фотоснимках непосредственного отображения и может быть определен и изучен на этих материалах только с помощью косвенных индикационных признаков. Обработка ДЗЗ в последнее время все более тесно интегрируется с ГИС. ГИС-пакет ArcGIS на данный момент обладает развитыми функциями картографической визуализации пространственных данных, а также обеспечивает возможность обработки ДЗЗ.

В настоящей статье приведены результаты работы над космическими снимками Landsat 8, территории исследований – Северного Прикаспия (междуречье Мал. и Бол.Узень), обработанные в программной среде ArcGIS.

**Ключевые слова:** дистанционное зондирование, данные дистанционного зондирования, дешифрирование космоснимков, географические информационные системы, подземные воды.

В современном мире использование космоснимков в процессе создания и обновления карт играет большую роль в различных отраслях хозяйства. Одним из наиболее востребованных источников для получения и обновления информации о текущем состоянии объекта картографирования, кроме полевых исследований, изданной и фондовой литературы и т.д., являются данные дистанционного зондирования Земли (ДДЗ). Аэрокосмические методы обеспечивают определение точного географического положения изучаемых объектов или явлений, получение их характеристик и их изменений во времени. Аэрокосмический снимок – это прежде всего информационная модель изучаемого объекта или явления [1]. Даже самые современные космические снимки не позволяют получить нужную информацию без быстрых и надёжных методов дешифрирования, заложенных в специализированных программных продуктах (ГИС). Единый процесс дешифрирования включает стадии: обнаружение, распознавание и интерпретацию, а также определение качественных и количественных характеристик объектов и представление результатов дешифрирования в графической (картографической), цифровой или текстовой форме. В результате обработки первичных аэрокосмических снимков с широким применением компьютерных технологий создаются разнообразные геоинформационные продукты [1].

Современный рынок ДДЗ предоставляет широкие возможности по выбору типа, формата, пространственного и радиометрического разрешения космических снимков, которые могут быть использованы для создания и обновления геопространственной информации. Применение методов дистанционного зондирования позволяет значительно уменьшить стоимость геологоразведочных работ, проводя комплексное исследование обширных территорий, зачастую недоступных по тем или иным причинам для традиционных методов. Оптимальным средством такого изучения является их комплексное картографирование, выполненное на основе отраслевой интерпретации материалов космических съёмок.

Для региональных гидрогеологических исследований и картографирования, в большинстве случаев, подходят снимки сенсоров среднего пространственного разрешения, имеющие большое количество спектральных каналов, отвечающих за определённые узкие участки спектра волн. К таким съёмочным системам относятся, прежде всего, Rapid Eye, ALOS AVNIR-2, Landsat 7 и 8, SPOT 4 и 5, ASTER, IRS 1C/1D, RESOURCESAT-1 (IRS-P6), Монитор-Э, Hyperion. В этой группе особо выделяются гиперспектральные сенсоры, позволяющие получать несколько десятков и даже сотен каналов изображения в крайне узких участках спектра, что позволяет иногда решать специализированные задачи в области идентификации минералов, геолого-гидрогеологических исследований, и картографирования.

Для анализа данных дистанционного зондирования наиболее удобны географические информационные системы (ГИС), позволяющие эффективно работать с пространственно-распределённой информацией (картами, планами, аэрокосмическими изображениями, схемами) [2]. В настоящее время изучение материалов космических съёмок проводится с помощью ГИС-технологий и программ (ArcGIS, ERDAS IMAGINE, ENVI, SOCET SET и GeoMedia) обработки данных дистанционного зондирования (ДДЗ). Неодинаковое пространственное разрешение снимка, зоны спектра, размер кадра у разных серий спутников позволяют подобрать наиболее подходящие и доступные снимки для решения конкретных задач.

Для данной статьи были выбраны снимки Landsat 8 (американский спутник дистанционного зондирования Земли, выведенный на орбиту 11 февраля 2013 г.), т.к. отвечал необходимым нам требованиям (таблица 1). Landsat 8 получает изображения в видимом диапазоне волн, в ближнем ИК и в дальнем ИК, с разрешением снимков от 15 до 100 метров на точку. Производится съёмка суши и полярных регионов. В сутки снимается порядка 400 сцен (у предыдущего LandSat-7 было всего 250 сцен в день).

Таблица 1 – Сравнение основных характеристик спутниковых данных среднего разрешения

Спутник	Landsat-8	Landsat-7	Landsat-5	KazEOSat-2
Год запуска КА	2013	1999	1984	2014
Высота орбиты, км	705	705	705	630
Пространственное разрешение, м	15, 30, 100	15, 30, 60	30, 82.6, 120	1, 6.5
Ширина захвата, км	180	185	185	77
Спектральные каналы	11	8	7	5
Распространение данных	Open Source	Open Source	Open Source	Коммерческое

#### Параметры Landsat 8:

- Уровень обработки: 1Т (коррекция рельефа)
- Формат изображений: GeoTIFF
- Размер пикселя: 15 метров // 30 метров // 100 метров (панхроматический канал // мультиспектральный канал // дальний ИК)
- Проекция: UTM, также полярная стереографическая для Антарктиды
- Система координат: WGS 84
- Точность позиционирования:
- OLI: КВО 12 метров (90 %)
- TIRS: КВО 41 метр (90 %)

Территорией исследования является часть Прикаспия (междуречье Мал. и Бол.Узень). Как известно, все реки и водотоки равнинного Прикаспия, кроме р. Урал, в настоящее время заканчиваются и теряются в центральной части низменности (рек Б. Узень и М. Узень – в Камыш-Самарских разливах, р. Уил – в песках Тайсойган, Эмба, Сагиз, Кош им и другие), не доходя до основной области стока – Каспийского моря. Однако, в геологическом прошлом они (или некоторые из них) могли впадать в Каспий. Отсюда вытекает задача проследить подземное продолжение их до Каспия, в первую очередь рек Б. Узень и М. Узень [3].

Вся территория Прикаспия (ЗКО, Атырауская область) может быть успешно отснята космоснимками среднего разрешения (требуется 21 сцена Landsat 8). Список используемых в данной статье снимков исследуемой территории приведен в таблице 2 [4].

Таблица 2 – Перечень малооблачных снимков Landsat-8 территории исследований

№	Дата съемки	Гранула (путь/ряд) по системе WRS-2	Облачность, %	Идентификаторы снимков
1	28.08.2015	165/27	1.43	LC81650272015240LGN00
2	16.06.2015	166/24	0.01	LC81660242015167LGN00
3	03.08.2015	166/25	0.08	LC81660252015215LGN00
4	03.08.2015	166/26	0.92	LC81660262015215LGN00
5	03.08.2015	166/27	0.08	LC81660272015215LGN00
6	04.06.2015	167/24	5.57	LC81670242015155LGN00
7	10.08.2015	167/25	0.26	LC81670252015222LGN00
8	10.08.2015	167/26	2.56	LC81670262015222LGN00
9	10.08.2015	167/27	1.90	LC81670272015222LGN00
10	01.08.2015	168/24	0.08	LC81680242015213LGN00
11	01.08.2015	168/25	0.02	LC81680252015213LGN00
12	01.08.2015	168/26	0.38	LC81680262015213LGN00
13	01.08.2015	168/27	0.48	LC81680272015213LGN00
14	24.08.2015	169/24	0.06	LC81690242015236LGN00
15	24.08.2015	169/25	0.05	LC81690252015236LGN00
16	08.08.2015	169/26	2.56	LC81690262015220LGN00
17	08.08.2015	169/27	0.96	LC81690272015220LGN00
18	09.06.2015	170/24	0.80	LC81700242015160LGN00
19	15.08.2015	170/25	0.76	LC81700252015227LGN00
20	15.08.2015	170/26	3.61	LC81700262015227LGN00
21	27.07.2015	170/27	0.97	LC81700272015208LGN00

Обработка ДДЗ в последнее время все более тесно интегрируется с ГИС. ГИС-пакеты как MapINFO, ArcGIS и т.д. предоставляют широкий набор инструментов для работы с растровыми данными [5]. В то же время ГИС-пакет ArcGIS на данный момент обладает развитыми функциями картографической визуализации пространственных данных, а также обеспечивает возможность обработки ДДЗ. Сложность использования ДДЗ в гидрогеологии определяется тем, что объект исследований – подземные воды – не находит на космических фотоснимках непосредственного отображения и может быть определен и изучен на этих материалах только с помощью косвенных индикационных признаков. Опытом работ различных исследователей подтверждается необходимость использования для дешифрирования подземных вод на космоснимках вспомогательных приемов [6]. Данные, полученные с помощью ДЗЗ при поисках подземных вод, основываются на изучении закономерностей размещения и скопления подземных вод с помощью поисковых критериев, выявленных по космическим изображениям. Такие исследования носят предварительный характер и связаны с определением первоочередных поисковых площадей, на которых наиболее вероятно формирование месторождений подземных вод.

Полная гидрогеологическая информация может быть получена на основе совместной интерпретации данных дистанционного зондирования и наземных наблюдений (полевых исследований) и измерений.

Объединение данных космической съемки с другими данными возможно на основании географической привязки к изучаемой территории. В частности, можно объединить данные, полученные в разное время с одного и того же спутника, или данные, полученные разными системами дистанционного зондирования. Для объединения данных дистанционного зондирования с данными из других источников используют средства ГИС. Процесс сбора данных дистанционного зондирования и их использования в географических информационных системах (ГИС) схематически представлен на рисунке [7].

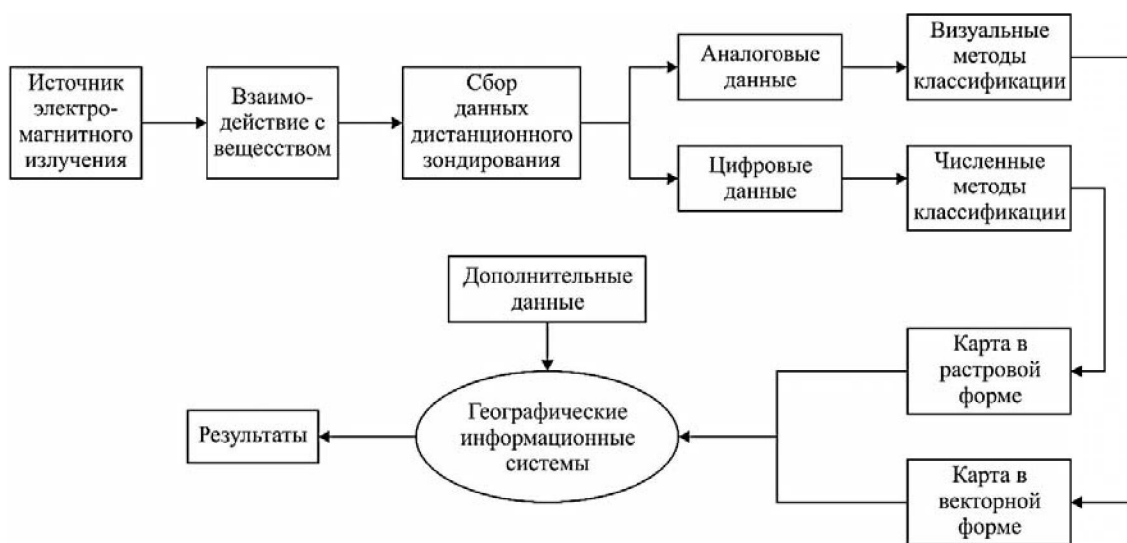


Рисунок 1 – Интеграция данных дистанционного зондирования в ГИС

С целью выбора комбинации, наиболее подходящей для решения поставленных задач по дешифрированию космоснимков части территории Прикаспия (междуречье Мал. и Бол.Узень), было проведено сравнение результатов классификации изображений с различными вариантами синтеза цветного изображения (снимок: LC81690252015236LGN00). Обработка космоснимка осуществлялась в ГИС-пакете ArcGIS.

Были проверены различные сочетания каналов для дешифрирования космоснимков. К примеру, комбинация «естественные цвета», представляющая собой сочетание каналов 4;3;2 (видимые диапазоны), отображают объекты земной поверхности так, как они воспринимаются человеческим глазом, для предварительной оценки исследуемой территории.



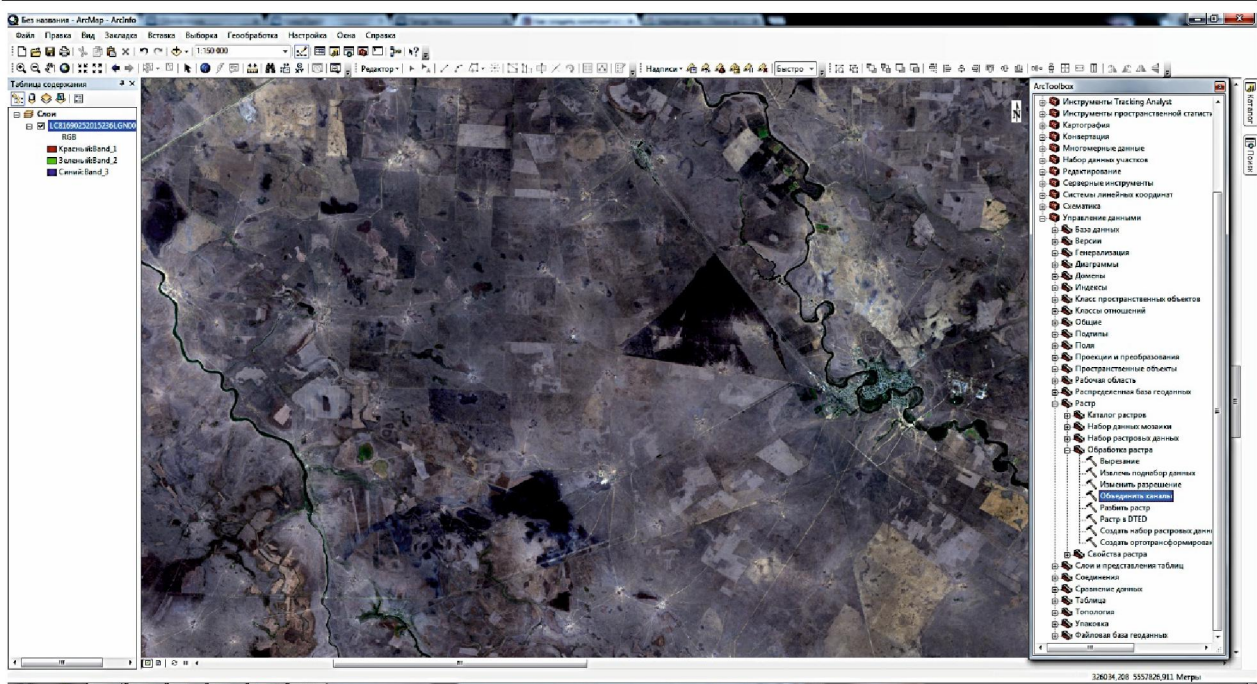


Рисунок 2 – Многозональный снимок долины рек Мал. и Бол. Узень с комбинацией каналов 4;3;2

Для исследований и дешифровки растительности как индикатора поиска подземных вод, преимущественно грунтовых, использовались: стандартная комбинация «искусственные цвета» (5;4;3) показывает растительность в оттенках красного, а при использовании комбинации каналов 5;6;2, здоровая растительность отображается в оттенках красного, коричневого, оранжевого и зеленого. Чистая голубая вода, в данном случае река, будет выглядеть темно синей, почти черной.

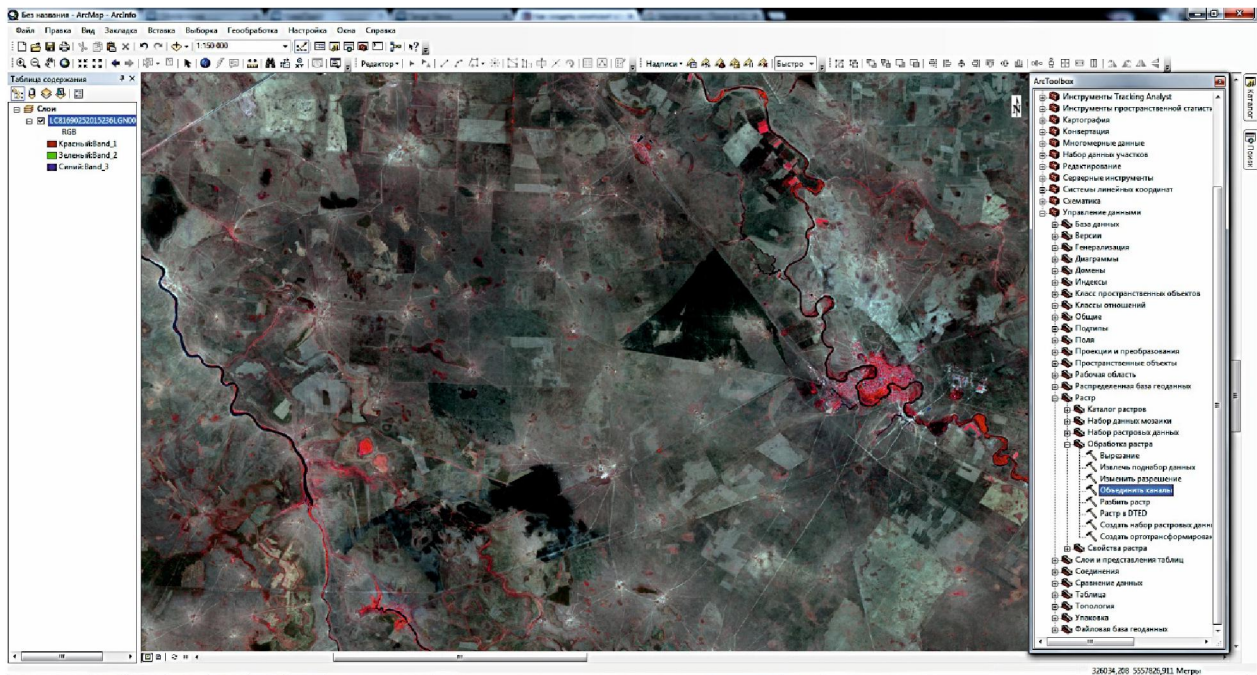


Рисунок 3 – Многозональный снимок долины рек Мал. и Бол. Узень с комбинацией каналов 5;4;3



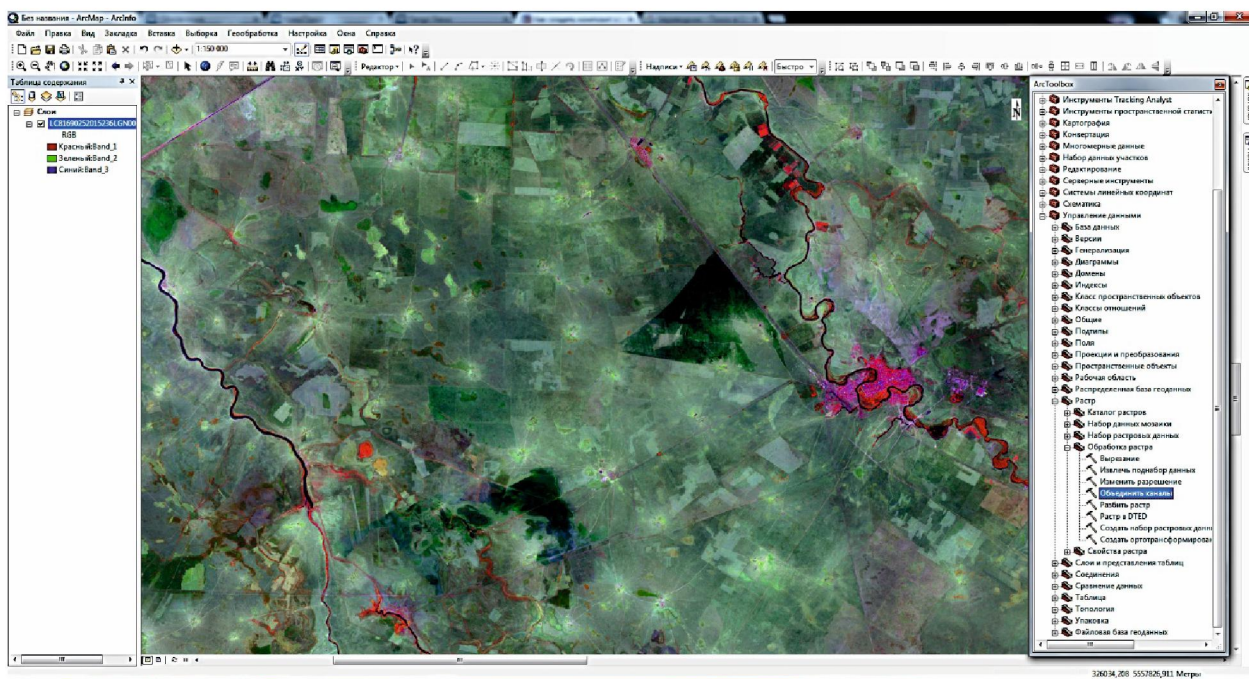


Рисунок 4 – Многозональный снимок долины рек Мал. и Бол. Узень с комбинацией каналов 5;6;2

Комбинация ближнего, среднего ИК-каналов и красного видимого канала (5;6;4) позволяет четко различить границу между гидрографией и сушей и подчеркнуть скрытые детали, плохо видимые при использовании только каналов видимого диапазона. С большой точностью будут детектироваться водные объекты (реки, озера), являющиеся областями питания подземных вод. В этой комбинации растительность отображается в различных оттенках и тонах коричневого, зеленого и оранжевого [8].

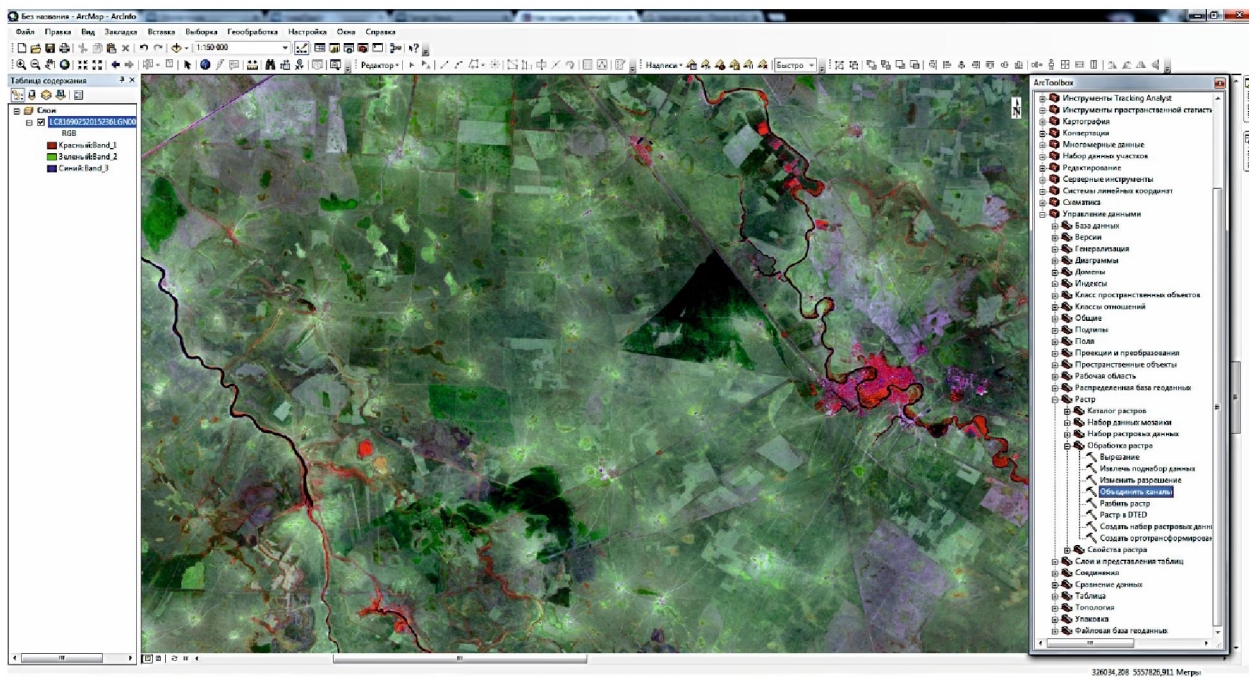


Рисунок 5 – Многозональный снимок долины рек Мал. и Бол. Узень с комбинацией каналов 5;6;4

По результатам работы можно сделать вывод о том, что снимки Landsat 8 являются материалом, доступным и подходящим для обработки в программной среде ArcGIS.

К положительным аспектам использования снимков серии Landsat 8 можно отнести существование обширного архива данных, а также их многозональность, которая позволяет получать разные варианты интерпретирования исходных снимков и решать различные картографические задачи при региональных гидрогеологических исследованиях.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1] Книжников Ю.Ф., Кравцова В.И., Тутубалина О.В. Аэрокосмические методы географических исследований. – М.: Издательский центр «Академия», 2011. – 416 с.
- [2] Капкин В.Б., Сухинин А.И. Дистанционное зондирование Земли из космоса. Цифровая обработка изображений. Учебное пособие. – М.: Логос, 2001. – 264 с.
- [3] Сатпаев А.Г., Кугешев А.К. О изучении гидрогеологических условий Прикаспия с использованием новейших аэрокосмических съемок // Известия НАН РК. Серия геологическая. – 2008. – № 2. – С. 62-65.
- [4] Канафин К.М., Шагарова Л.В. Методы дистанционного зондирования в региональных гидрогеологических исследованиях на примере Западного Казахстана // Сборник научных статей по итогам международной научно-практической конференции «Наука сегодня: постулаты прошлого и современные теории как механизм эффективного развития в условиях кризиса», 25–26 марта 2016 года, НОУ ДПО «Санкт-Петербургский Институт Проектного Менеджмента». – СПб.: Изд-во «КультИнформПресс». – С. 14-20.
- [5] Ивлиева Н.Г., Рослякина Е.А. Обработка данных дистанционного зондирования Земли в ГИС-пакете ArcGIS [Электронный ресурс] // Огарев-online. Раздел "Науки о Земле". – 2015. – № 4. – Режим доступа: <http://journal.mrsu.ru/arts/obrabotka-dannykh-distancionnogo-zondirovaniya-zemli-v-gis-pakete-arcgis>. (Дата обращения: 15.08.2016 г.)
- [6] Востокова Е.А. Использование аэрокосмических фотоснимков при гидрогеологических исследованиях в пустынях. – М.: Недра, 1980. – 160 с.
- [7] Чандра А.М., Гопи С.К. Дистанционное зондирование и географические информационные системы. – М.: Техносфера, 2008. – 312 с.
- [8] Интерпретация комбинаций каналов данных Landsat TM / ETM+ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://gis-lab.info/qa/landsat-bandcomb.html>. (Дата обращения: 15.08.2016 г.)

#### REFERENCES

- [1] Knizhnikov Y.F., Kravtsova V.I., Tutubalina O.V. Aerospace methods of geographical research. M.: Academy, 2011, 416 p. (in Russ).
- [2] Kashkin V.B., Sukhinin A.I. Earth Remote Sensing from Space. Digital image processing. Textbook. M.: Logos, 2001. 264 p. (in Russ).
- [3] Satpayev A.G., Kugeshev A.K. Study of the Caspian hydrogeological conditions using the latest aerospace surveys // Proceedings of the National Academy of Sciences of Kazakhstan. Geological Series. 2008. N 2. P. 62-65.
- [4] Kanafin K.M., Shagarova L.V. Remote sensing in the regional hydrogeological studies on the example of Western Kazakhstan // The collection of scientific articles on the results of the international scientific-practical conference "Science Today: postulates of the past and the modern theory of the mechanism of effective development in a crisis", March 25-26, 2016, NOU DPO "St. Petersburg Institute of Project Management". SPb.: Publishing house "KultInformPress". P. 14-20.
- [5] Ivlieva N.G., Rosyaykina E.A. Processing of remote sensing data in ArcGIS package [electronic resource] // Ogarev-online "Earth Sciences". 2015. N 4. Access: <http://journal.mrsu.ru/arts/obrabotka-dannykh-distancionnogo-zondirovaniya-zemli-v-gis-pakete-arcgis>. (Date of the application: 15.08.2016 г.)
- [6] Vostokova E.A. Aerospace photographs in hydrogeological investigations in deserts. M.: Nedra, 1980. 160 p. (in Russ).
- [7] Chandra A.M., Ghosh S.K. Remote sensing and geographic information systems. M.: Technosphere, 2008. 312 p. (in Russ).
- [8] The interpretation of data using Landsat TM channel combinations / ETM + [electronic resource]. Access: <http://gis-lab.info/qa/landsat-bandcomb.html>. (Date of the application: 15.08.2016 г.)

#### К. М. Канафин, В. М. Ибраимов

Қ. И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті, Алматы, Қазақстан

#### ГИДРОГЕОЛОГИЯЛЫҚ ЗЕРТТЕУІНДЕ ГАЖ КӨМЕГІМЕН ҒАРЫШТЫҚ ТҮСІРІМДЕРДІ АНЫҚТАУ

**Аннотация.** Гидрогеологияда карталарды құру мен жаңарту процесінде ғарыштық түсірімдерді пайдалану өте маңызды. Картографиялық объектінің ағымдағы жағдайы туралы ақпарат алуына және жаңартуына Жер қашықтық зондтау деректері (ҚЗД) ең тиімді болып табылады. Қашықтық зондтау деректерін (ғарыштық түсірімдер) талдау үшін кеңістік үлестірілген ақпаратпен тиімді жұмыс істеуге мүмкіндік беретін географиялық ақпараттық жүйелер (ГАЖ) ең ыңғайлы болып табылады. Анықтау әдістерімен ғарыштық түсірімдерді зерттеу кезінде, ГАЖ көмегін қолдануы тез және сенімді қажетті ақпаратты алуын жүзеге асырылады.

Гидрогеологияда қашықтық зондтау деректерін пайдалану күрделілігі, ғылыми-зерттеу нысан (жерасты су) ғарыштық түсірімдерде тікелей көрсетілмейді және сол материалдарда жанама анықтау ерекшелігі арқылы белгіленіп зерттелінеді. Соңғы уақытта ҚЗД өңдеу процесі ГАЖ тығыз біріктіріліп келеді. ГАЖ пакеті ArcGIS қазіргі кезде кеңістік деректерді картографиялық визуализация жағында кеңейтілген мүмкіндіктері бар, және ҚЗД өңдеуіне мүмкіндік береді.

Мақалада ArcGIS бағдарламасында өңделген Landsat 8 ғарыштық түсірімдер бойынша жұмыс нәтижелері келтірілген. Зерттеу аймағы – Солтүстік Каспий маңыжер (Кіші және Үлкен Өзен өзенаралығы).

**Түйін сөздер:** қашықтық зондтау, қашықтық зондтау деректері, ғарыштық түсірімдерді анықтау, географиялық ақпараттық жүйелер, жерасты сулары.