

## **ОСОБЕННОСТИ РАЙОНОВ СИБИРСКОЙ ЗОНЫ АРКТИКИ ПРИ СОЗДАНИИ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОЙ ЭЛЕКТРОННОЙ ТОПОГРАФИЧЕСКОЙ КАРТЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОМПЛЕКСА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ДЕШИФРИРОВАНИЯ**

*Денис Вячеславович Виноградов*

Иркутский национальный исследовательский технический университет, 664074, Россия, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83, аспирант кафедры маркшейдерского дела и геодезии, тел. (964)804-59-19, e-mail: denis733@mail.ru

Рассмотрены географические особенности исследуемой территории. Рассмотрены особенности технологии автоматизированного дешифрирования материалов ДЗЗ при её использовании в условиях зоны Арктики при создании цифровых и электронных топографических карт. Результаты исследования технологии показали, что использование её возможно в условиях Арктики при наличии больших площадных объектов.

**Ключевые слова:** автоматизированное дешифрирование, геоинформационные технологии, геоинформационные системы, материалы ДЗЗ

## **FEATURES OF THE SIBERIAN ARCTIC REGIONS WHEN CREATING A SPECIALIZED ELECTRONIC TOPOGRAPHIC MAP USING AN AUTOMATED DECRYPTION SYSTEM**

*Denis V. Vinogradov*

Irkutsk National Research Technical University, 83, Lermontov St., Irkutsk, 664074, Russia, Ph. D. Student of the Department of Mine Surveying and Geodesy, phone: (964)804-59-19, e-mail: denis733@mail.ru

The geographical features of the study area are considered. The features of the technology of automated interpretation of remote sensing data when it is used in the Arctic zone when creating digital and electronic topographic maps are considered. The results of the study of the technology showed that it can be used in the Arctic in the presence of large areal objects.

**Keywords:** automated recognition, geoinformation technologies, geoinformation systems, remote sensing materials

### ***Введение***

Арктика в целом, её российский сегмент, в том числе сибирская зона Арктики имеют важное значение и представляют особый интерес для различных сфер деятельности человека. Среди этих сфер особенно выделяются следующие: военная безопасность, историко-культурное наследие, история, международные отношения, экономика, экология и многие другие. Арктика представляет интерес и с чисто научной, исследовательской точки зрения [2]. Кроме того, в Арктике сосредоточены большие запасы различных полезных ископаемых. Исследуемая территория занимает большую часть сибирской зоны Арктики. Она включает

в себя полуостров Таймыр, Северо-Сибирскую низменность и плато Путорана. Территория достаточно сложная в рамках рассмотрения её географических условий. Наличие многолетних мерзлотных образований, ледников, горных массивов, низменностей, редкой тундровой растительности, мощной гидросистемы, дают тему для исследования этой территории, определения особенностей отображения объектов земной поверхности на специализированной электронной карте, правильности содержания семантики объектов.

Создание современной цифровой (электронной) специализированной топографической карты сибирской зоны Арктики становится важным этапом успешного и рационального освоения ее природных ресурсов и, в свою очередь, необходимо для топогеодезического и навигационного обеспечения Вооруженных Сил Российской Федерации [1].

Указом Президента Российской Федерации от 26 октября 2020 г. № 645 «О стратегии развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности на период до 2035 года», утверждена Стратегия, которая определяет мероприятия по реализации Основ государственной политики Российской Федерации в Арктике на период до 2035 года и определяет меры, направленные на выполнение основных задач развития этой территории. В результате государственными органами, министерствами и ведомствами, будет проделана огромная работа по анализу состояния развития территории, оценки местности для принятия решений по дальнейшему их использованию, полное и подробное описание географических условий, оценка и перепись населения, анализ заселенности в городах и мелких поселениях, анализ системы безопасности территорий, наличие и совершенствование Вооруженных Сил и других воинских формирований в Арктике, уточнение государственной границы и многое другое. В соответствии с п. 27 Стратегии, направлением её реализации является и развитие исследуемой территории в рамках развития Красноярского края [18]. В связи с этим выполнение данных мероприятий потребует комплексного подхода к решению поставленных задач, в том числе и с использованием современных методов и средств картографирования территории.

### *Методы и материалы*

Эффективное использование технологии автоматизированного дешифрирования материалов ДЗЗ зависит от нескольких параметров:

1. Картографируемая территория должна быть малозастроенная, должны иметься в наличии площадные объекты растительности и гидрографии, участки местности могут быть без насыщенности рельефом.

2. Качественная подготовка исполнителей.

3. Настройка геоинформационной системы, создание шаблонов, настройка цветов, классификация объектов по дешифровочным признакам.

4. Наличие космических снимков в цифровом формате, полученных как в мультиспектральном режиме, так и в панхроматическом, с высоким разрешением съемки.

Основным направлением использования автоматизированного дешифрирования линейных объектов является распознавание дорожной сети в малозастроенных районах. При векторизации площадных объектов наиболее эффективно распознавание площадных объектов гидрографии, растительности и отдельных форм рельефа и мерзлотных образований [1, 3].

Автоматизированное дешифрирование выполняется на основе анализа распределения яркости пикселей изображения. Для определения статистических характеристик распределения яркости пользователь оцифровывает шаблоны – области на снимке, принадлежащие распознаваемому объекту. Эти данные используются в дальнейшем при классификации – определении принадлежности пикселей распознаваемому объекту [3].

Главной особенностью распознавания объектов местности с помощью автоматической векторизации заключается в распознавании объектов, на которых отсутствует тень от других объектов местности, в случае наличия последнего, снимки подлежат тщательной обработке.

По мнению автора в зоне Арктики существуют особенные формы рельефа, которые возможно распознавать с помощью автоматизированного дешифрирования. Остановимся на них подробнее.

*Полигональные формы.* В условиях вечной мерзлоты и недостаточного проникновения воды на большую глубину в почву, происходит выветривание влаги и её высыхание, поэтому в результате систематического растрескивания образуется поверхность с полигональными трещинами. В условиях арктических территорий они могут занимать огромные площади (рис. 1). В зависимости от геологических и географических условий, различают несколько форм полигонального рельефа: полигоны валиковые и безваликовые, пятна-медальоны, каменные многоугольники, кольца и т.д. В горных районах полигональный рельеф встречается в котловинах между горами, т.к. в этих местах в основном происходит сосредоточение влаги, речным долинам, нижним частям склонов [7]. Начальную стадию образования полигональных поверхностей из-за малой ширины трещин, возможно распознать только на крупномасштабных снимках и с высоким разрешением. Распознать их возможно, когда этап растрескивания представлен полигонами, окружёнными валиками, в центральной части которых образуются озёра. Последствия этого явления имеют чёткое выражение на материалах ДЗЗ. В трещинах полигональных форм рельефа образуются наледи. В результате процесса термокарста наледи в трещинах деградируются и это приводит к разрушению полигонов. В результате этого процесса образуются полигоны с выпуклой центральной частью. Этот этап образования полигональных форм рельефа также возможно дешифрировать по аэроснимкам. По завершении деградации полигональных форм происходит окончательное разрушение валиков и поверхность становится практически ровной, на этом месте образуется заболоченность [1]. При дешифрировании полигональных поверхностей, они проявляются своеобразными визуальными проявлениями и имеют крупнополигональные формы тундровых болот и микрополигональные формы.

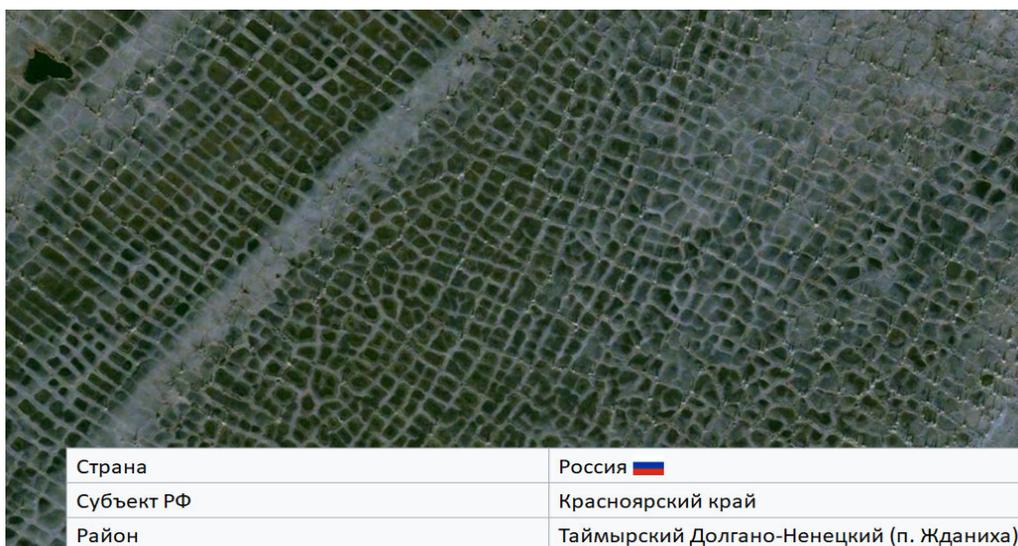


Рис. 1. Полигональные формы рельефа на Таймыре

*Бугры пучения.* К этой группе криогенных форм рельефа относятся грунты, подвергшиеся процессам пучения (рис. 2). В арктических территориях выделяют несколько форм бугров: сезонные и многолетние бугры, а также бугры миграционного и напорного пучения. Многолетние бугры пучения по своим прямым дешифровочным признакам хорошо распознаются на материалах ДЗЗ.

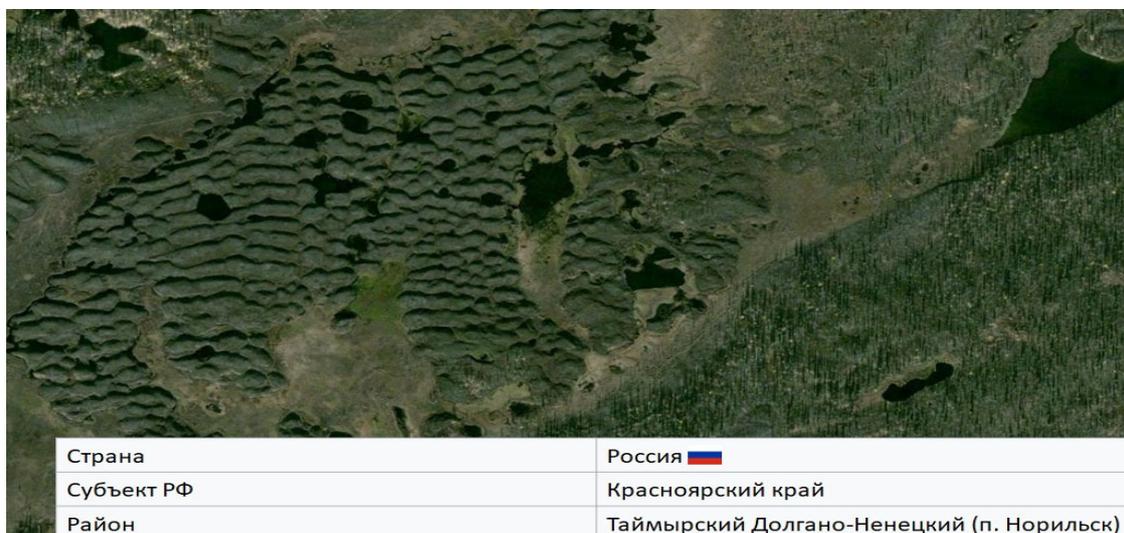


Рис. 2. Бугры пучения на космическом снимке

*Наледи.* Наледи – это характерное явление криолитозоны, своеобразная форма оледенения, возникающая при излиянии и последующем намораживании воды на поверхности твердых тел (рис. 3). По происхождению наледи делятся на три типа: поверхностные, образовавшиеся за счет вод рек и озёр, и подземные, которые образуются за счет грунтовых вод и потоками воды под руслами рек,

а также имеющие смешанные формы питания. Классифицируют наледи по времени существования (сезонные и многолетние) и по расположению на местности (русловые, береговые, склоновые, водораздельные) [9].

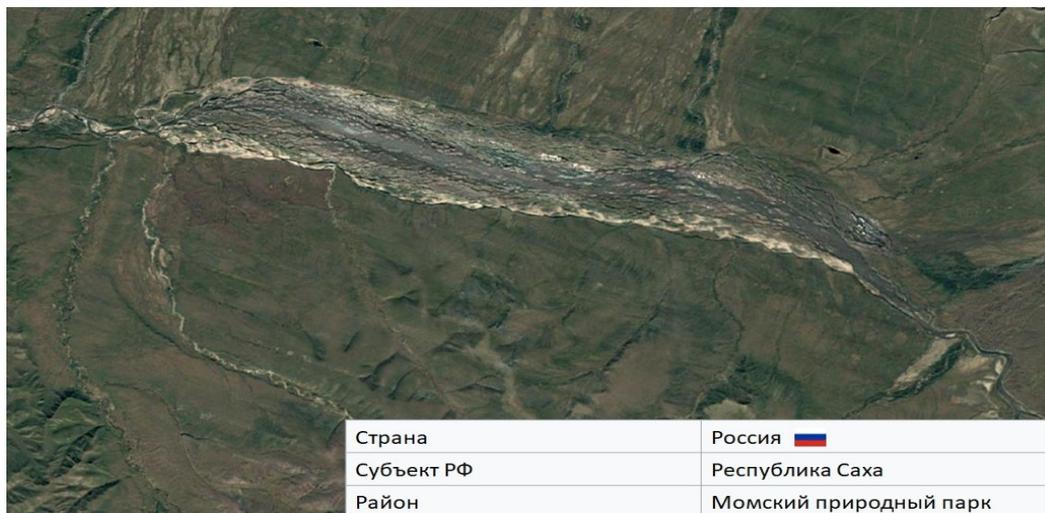


Рис. 3. Наледь в долине р. Момы

*Солифлюкционные формы* – это формы, которые широко распространены в районах с многолетней мерзлотой и глубоко промерзающими грунтами. Они представлены различными формами образования, которые относятся к основным типам криогенных оползней: быстрой и медленной солифлюкции (рис. 4). В научной литературе большое развитие получили формы рельефа, связанные с медленным солифлюкционным течением. К ним относятся солифлюкционные потоки, террасы, валы и гряды, покровы.



Рис. 4. Солифлюкционные потоки

*Термокарстовые формы.* Сущность явлений термокарста заключается в процессе вытаивания в толще вечномерзлых пород подземного льда, содержащегося в рыхлых горных породах и проседанием грунта с образованием отрицательных форм рельефа. Проявления термокарста разнообразны. Это зависит от типа подземных льдов, площади процесса термокарста, степени его развития, рельефа первичной поверхности и т.д. Процесс термокарста может осложняться сопутствующими процессами: суффозией, солифлюкцией, гравитацией и т.д. Широкое распространение термокарста способствует образованию специфического строения поверхности термокарстового ландшафта. Из всего многообразия форм в условные обозначения для отображения процессов на картах, целесообразно включить наиболее часто встречающиеся. Среди таких образований: термокарстовые озера, аласы, котловины оседания, провалы, воронки, западины, блюдца, бугристо-западинные формы, байдажарахи [8]. Все формы рельефа термокарстового происхождения распознаются на снимках практически всех масштабов (рис. 5).

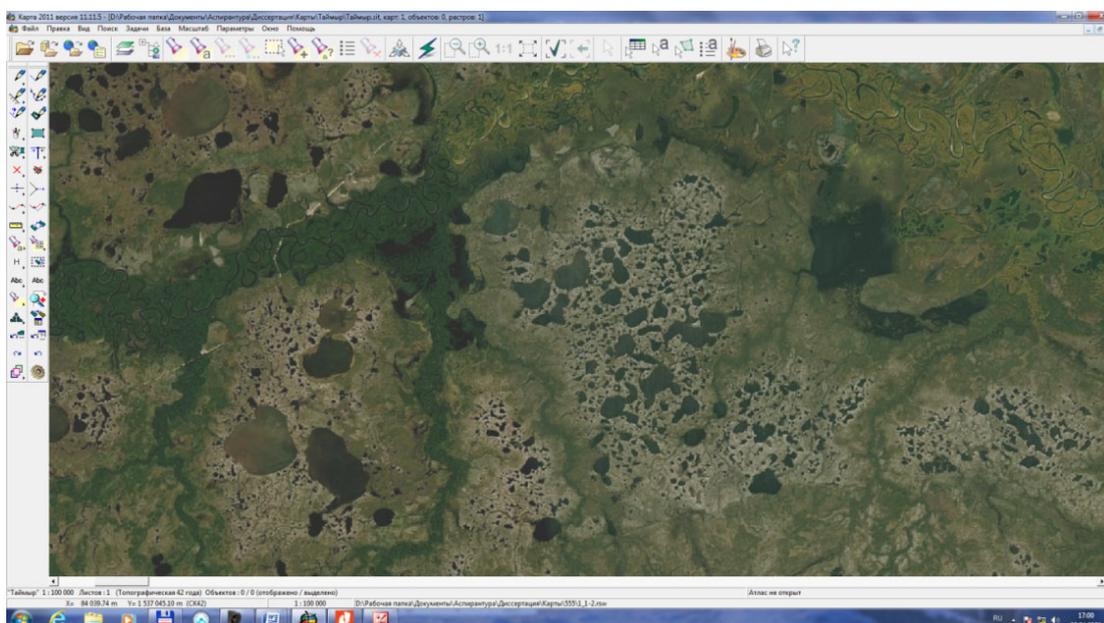


Рис. 5. Формы термокарстового происхождения

## *Результаты*

Рассмотрим процесс распознавания объектов местности с помощью комплекса автоматизированного дешифрирования и векторизации, на примере ГИС «Панорама».

Комплекс автоматизированного дешифрирования и векторизации материалов ДЗЗ при создании электронных топографических карт, ортофотопланов и ортофотокарт на район сибирской зоны Арктики, предназначен для автоматической векторизации линейных и площадных объектов по панхрома-

тическим, цветным (RGB) и мультиспектральным изображениям земной поверхности.

Перед классификацией необходимо идентифицировать теневые пиксели для исключения их ошибочной классификации. Для этого необходимо определить «Максимальную яркость тени». Определить яркость тени на растре можно наведя курсор на тень. Для мультиспектральных растров необходимо указать какие каналы соответствуют красному, зеленому и синему каналам.

При классификации происходит процесс отнесения пикселя растра соответствующему объекту. При распознавании используется многоклассовый классификатор, поэтому для распознаваемых объектов необходимо создать свой класс, шаблон. Как правило, класс возможно выбрать из классификатора, но при определении объекта, которого в классификаторе нет, добавление имени класса происходит вручную.

Создание шаблонов подразумевает под собой процесс создания цветовых и текстурных характеристик соответствующему классу растра. Для каждого объекта шаблона запоминается диапазон цветов пикселей, находящихся внутри объекта. Если объекты одного класса отличаются друг от друга по цвету и текстуре, то их векторизацию необходимо производить в разных шаблонах (к примеру, для лиственных и хвойных деревьев создается отдельный шаблон) (рис. 6).

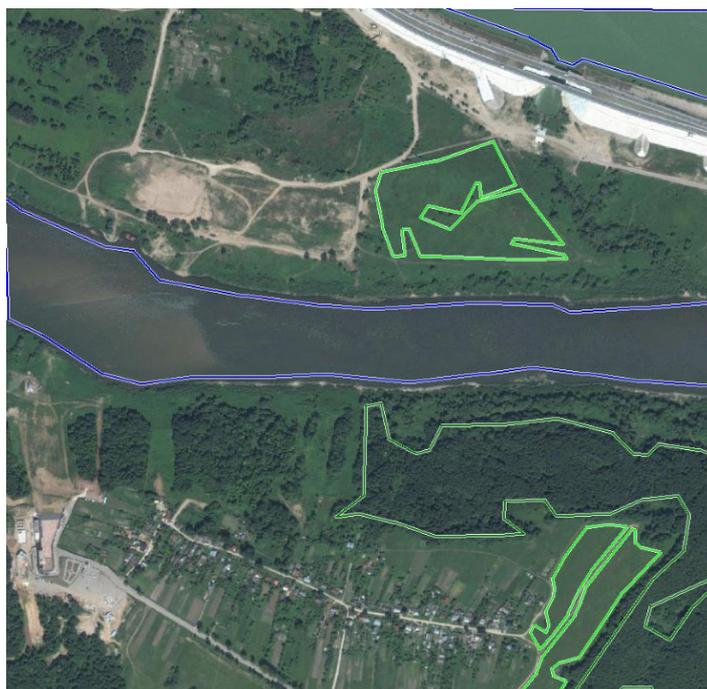


Рис. 6. Пример векторизации шаблона

Для определения отличия классифицируемых областей от шаблона, следующим этапом необходимо выполнить настройку параметров классификатора. При первой классификации рекомендуется установить минимальный порог обобщения классификатора, с последующим увеличением. В отличие от

одноклассовой классификации, многоклассовый классификатор предварительно вычисляет для каждого пикселя вероятность принадлежности к каждому классу.

Одним из основных этапов является выбор дешифровочных признаков. Под дешифровочными признаками понимаются статистические и текстурные характеристики, вычисляемые по цвету пикселей, попавших в пределы окна сканирования, на выбранный спектральный или вычисляемый канал.

Дешифровочные признаки могут вычисляться по любой цветовой составляющей пикселей. Доступно три варианта:

- реальный спектральный канал растра;
- среднее из нескольких выбираемых каналов;
- значение индекса NDVI, вычисляемое по любым двум каналам растра.

После настройки всех параметров выполняется классификация. После завершения процесса, классифицированные области будут залиты цветом, выбранным при создании класса (рис. 7).

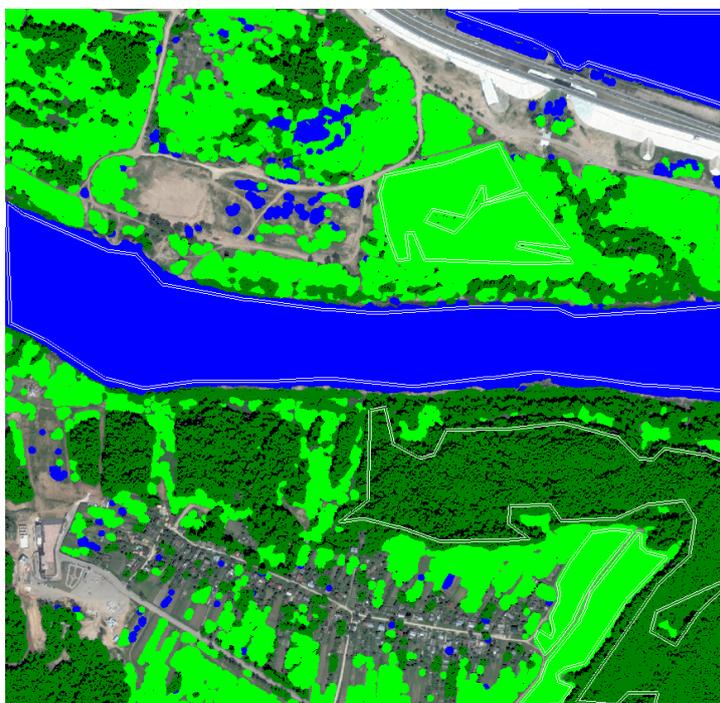


Рис. 7. Результаты классификации

После выполнения классификации для достижения желаемого результата дешифрирования выполняются мероприятия по удалению небольших площадей с целью их присоединения к основной площади (рис. 8); эрозия и наращивание малоcontrastных площадей для решения проблемы перекрытия более контрастных классов менее контрастных; сглаживание областей; удаление теней, сглаживание полигонов и экспорт в форматы позволяющие дальнейшее использование электронной карты при создании других отдельных объектов местности.



Рис. 8. Растр классификации после удаления небольших площадей

### *Обсуждение*

Использование материалов ДЗЗ открытого пользования, размещенных в открытых источниках ГИС, позволяет выявлять и классифицировать объекты местности и их геоморфологические особенности в целях их специализированного картографирования.

Для уточнения полученных результатов проведенные исследования желательно дополнить анализом спектрональных космических снимков, несколькими ГИС, как открытого использования, так и коммерческих, чтобы определить их математический аппарат и основные алгоритмы, которые позволяют распознавать специальные формы рельефа, с целью их отображения на топографических картах.

### *Заключение*

Основным результатом работы является решение научной задачи, имеющей важное хозяйственное, социально-экономическое и оборонное значение – использование методов автоматизированного дешифрирования материалов космической съёмки при оперативном создании геопространственной информации на труднодоступные арктические территории. Оперативное создание геопространственной информации обеспечит информационное сопровождение рационального природопользования арктических территорий, контроль за строительством и эксплуатацией инженерно-технических сооружений, контроль и предупрежде-

ние развития негативных природных процессов, представляющих угрозу для природы и человека.

В результате рассмотрения комплекса автоматизированного дешифрирования материалов ДЗЗ при распознавании площадных объектов исследуемой территории можно сделать вывод, что при картографировании больших площадей, применение данного комплекса возможно, т.к. это дает возможность решить ряд важных задач:

- оперативное создание геопространственной информации в интересах потребителя;

- внедрение комплекса автоматизированного дешифрирования в производство создания цифровых и электронных топографических карт;

- возможность оперативного мониторинга изменений местности и обновление геопространственной информации, с целью реализации социально-экономических планов, развития территорий, строительства социальных и промышленных объектов, привлечение инвестиций, повышение экономического уровня, за счет добычи полезных ископаемых и многое другое.

- развития транспортной инфраструктуры, развитие инфраструктуры морских портов.

- создание и развитие магистральных линий связи, между населёнными пунктами.

- разработка и реализация механизма государственной поддержки проектов по повышению эффективности генерации электроэнергии, теплоэнергии, осуществляемых на труднодоступных и изолированных территориях.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Верещака Т.В. Топографические карты: научные основы содержания. - М.: МАИК «Наука/Интерпериодика», 2002. - 319 с.
2. Росреестр, Национальный атлас Арктики. – Москва 2017.
3. ПАРБ.00046-03 34 01 Руководство по использованию автоматизированного дешифрирования объектов, 2014.
4. В.К. Штырова, В.А. Данилов Дешифрирование аэро- и космических снимков. Курс лекций и практических заданий.
5. Гарбук С.В и др. Космические системы дистанционного зондирования Земли. - М.: Изд. А и Б.
6. Гост Р 51833-2001. Фотограмметрия. Термины и определения. – М.: Гостстандарт.
7. Дибнер В.Д. Геоморфология Таймырской горной области. Геология СССР, т. XV, Красноярский край, ч. 1. М., Госгеолтехиздат, 1961.
8. Погребницкий Ю. Е. К реконструкции докембрийского структурного плана центральной части севера Сибири. Тр. Науч.-исслед. ин-та геол. Арктики, т. 145. М., «Недра», 1965.
9. Алексеев В.Р., Гиенко А.Я. Наледи плато Путорана. - Иркутск: Изд-во Института географии СО РАН, 2002. - 101 с.
10. Карпик А.П. Методологические и технологические основы геоинформационного обеспечения территорий: Монография. - Новосибирск: СГГА, 2004.
11. Альбом образцов топографического дешифрирования снимков. М.: Недра. 1967. 55 с. (Тр. ЦНИИГАиК, вып. 180).
12. Богомоллов Л.А. Дешифрирование аэроснимков. М.: Недра, 1976. 145 с.

13. Вольпе Р.И. Пособие по редактированию топографических карт масштаба 1:25 000 // Тр. ЦНИИГАиК М.: Недра, 1978. С. 86.
14. Григорьев А.А. Космическая индикация ландшафтов Земли. Л.: Изд-во ЛГУ, 1975. 166 с.
15. Космакова О.П. Редакционная работа при создании карт масштаба 1:25 000 в Восточно-Сибирском АГП // Геодезия и картография. 1959. № 4.
16. Web – сервис получения материалов ДЗЗ с космических аппаратов, <https://earthexplorer.usgs.gov> (дата обращения 11.05.2021)
17. Web – сервис получения цифровой матрицы рельефа <https://dwtkns.com/srtm/>
18. Стратегия развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности на период до 2035года. [Электронный ресурс]: Москва, Кремль от 26 октября 2020 г. № 645, 42 с. – Доступ из справ.-правовой системы «Консультант Плюс».
19. ПАРБ.00046-03 34 01. Программное изделие Геоинформационная система «Карта 2005 версия 12» (ГИС «Панорама х64»). Руководство оператора. 2018. 149 с.
20. Баранов Ю.Б., Берлянт А.М., Капралов Е.Г., Кошкарев А.В., Серапинас Б.Б., Филиппов Ю.А. Геоинформатика. Толковый словарь основных терминов. М.: ГИС-Ассоциация, 1999. - 204с.
21. Shortridge A., Messina J. Spatial structure and landscape association of SRTM error // Remote Sens. Environ. – 2011. – V. 115, No 6. – P. 1276-1587. – doi: 10.1016/i.rsi.2011.02.017
22. Rodriguez, E., C. S. Morris, et al. // An assessment of the SRTM topographic products. – 2005. – JPL Pub. D31639: 143.
23. ASTER GDEM Validation Team (2009). ASTER global DEM validation summary report. METI & NASA, 28pp

© Д. В. Виноградов, 2021