

## КОМПЛЕКСНЫЙ АНАЛИЗ АРКТИЧЕСКИХ ТЕРРИТОРИЙ

Савиных В.П.

Доктор технических наук, профессор, Московский государственный университет геодезии и картографии (МИИГАиК)

Цветков В.Я.

Доктор технических наук, профессор, Московский технологический университет (МИРЭА)

E-mail: [cvj2@mail.ru](mailto:cvj2@mail.ru)

**Abstract:** Статья представляет результаты исследования по применению геоинформационного анализа для исследования Арктических территорий. Описаны глобальные факторы, обуславливающие специфику освоения арктической зоны. Статья доказывает, что одним из подходов комплексного решения проблемы Арктики может служить геоинформационный анализ. Описаны особенности формирования территорий арктической зоны и современное внимание к этому региону. Раскрываются особенности объектов исследования и анализа в Арктической зоне. Освещаются проблемы исследования Арктических территорий. Показано, что геоинформационный анализ обеспечивает глобальность изучения, интегрированную обработку и комплексность анализа данного региона. Статья раскрывает содержание геоинформационного мониторинга как основы исследования Арктических территорий. Статья описывает геополитическое и экономическое значение Арктического региона. Раскрываются этапы исторического освоения Арктического региона. Показано, что США, среди восьми стран, территория которых пересекается Северным полярным кругом, не имеют никаких особых прав на освоение этого региона. В статье отмечена Декларация о защите арктической среды (1991) как один из основных документов, регулирующих отношения в этом регионе. Отмечены действующие договора между Россией и Англией в 1825 г. и между Россией и Североамериканскими Соединенными штатами в Вашингтоне в апреле 1867 г. об урегулировании территориальных вопросов в Арктическом регионе. Раскрыто содержание геоинформационного анализа. Показано значение пространственных отношений как территориального и юридического фактора. Раскрывается обеспеченность пространственной информацией Арктических территорий и методы ее получения.

**Keywords:** Арктические территории, полярная география, геоинформационный анализ, комплексная обработка, интеграция данных, информационные ресурсы.

## Введение

В настоящее время в Арктическом регионе происходят существенные изменения окружающей среды. Арктическая морская деятельность значительно расширится в результате повышения спроса на природные ресурсы. Эта деятельность повышает экологические риски [1]. Проблема эффективного использования разнообразной космической информации для изучения и картографирования арктического региона остается достаточно острой, так как единой законченной комплексной методики, использующей все возможности таких данных, на настоящий момент не существует [2]. Национальные интересы Российской Федерации в Арктике связаны с вопросами достоверной оценки информационной ситуации в этом

регионе. Принятие решений на основе геоинформационного подхода [3, 4] является основой объективной оценки и комплексного анализа ситуации. Комплексный или системный анализ информационной ситуации в регионе связан с учетом совокупности факторов.

В числе важнейших факторов можно выделить. Геополитические факторы, связанные со стремлением различных государств присвоения частей Арктического региона. Глобальные транспортные, связанные с развитием Северно морского пути и существенного влияния на мировую торговую систему [5]. Демографические и социальные факторы, связанные с развитием условий для проживания в этом регионе. Экологические факторы, связанные с хрупкой экологией в этом регионе, большим числом зон вечной мерзлоты [6] и возможностью появления необратимых

деградационных процессов при неправильном освоении региона [2, 7]. Военные факторы, связанные с попытками использования Арктического региона в военных целях, как средства политического давления и наращивания военного потенциала [8]. Природно ресурсные факторы, связанные с добычей природных ресурсов в первую очередь энергетических, что также влияет на глобальную обстановку в мире.

Одним из подходов к комплексному решению проблемы Арктики может служить геоинформационный анализ [9]. Геоинформационный анализ является методом геоинформатики. Геоинформатика появилась на основе эмпирического познания как прикладная наука, связанная, в первую очередь, с решением практических задач. Однако потребность решения задач в различных предметных областях привела к необходимости интеграции знаний из этих областей. Это создало механизм интеграции знаний на базе геоинформатики [10]. Свойство интеграции методов геоинформатики переносится на геоинформационный анализ. Геоинформатика изучает пространственные объекты и явления, связанные с ними. В область ее исследования попадают не только объекты на земной поверхности, но подземные объекты, а также околоземное космическое пространство [11]. На основе интеграции методов дистанционного зондирования и геоинформатики возникло новое направление - космическая геоинформатика [12, 13]

Мониторинг, проводимый методами геоинформатики, является наиболее универсальным. Он включает все известные технологии изучения земной поверхности, чем создает широкий спектр данных и возможность комплексного исследования земных процессов. Исследование арктических

территорий методами геоинформатики и с применением геоинформационного анализа позволяет получать результаты, не получаемые в других научных направлениях [14, 15]. Кроме того, перенос методов геоинформатики в другие области, например обработка изображений в аэрокосмических исследованиях Земли [2] – позволяет получать новые результаты в других областях. Значение Арктического региона многоаспектно, оно связано с экологией, экономическим развитием и геополитикой [16]. Все это повышает актуальность исследований региона с применением разных методов и технологий.

### Значение Арктического региона

Геополитическая и экономическая роль Арктики в мире непрерывно растет. Арктические регионы представляют интерес для многих стран мира. Значительные ресурсы нефти и газа, а также транзитные возможности делают Арктический регион геополитическим приоритетом для многих государств современного мира. Арктику можно рассматривать как одну из точек бифуркации [17] современного мира. Арктика является одной из точек бифуркации в развитии глобального мира. Развитие Арктического региона существенно повлияет на мировые интеграционные тенденции, национальные интересы приарктических и других государств

Современное понятие «арктические государства» определяет восемь государств, территория которых пересекается Северным полярным кругом. По этому признаку к арктическим государствам относят Россию, Канаду, США, Норвегию, Данию, Финляндию, Исландию, Швецию. Данное положение было отражено в тексте Декларации о защите арктической среды (1991) [18]. Эти страны приняли немало значимых документов,

нацеленных главным образом на региональное сотрудничество в области охраны окружающей среды в Арктике. Однако в формировании правового положения Северного Ледовитого океана остается определяющая роль только пяти государств, побережья

которых выходят к морям Арктики (рис.1). Это роль России, Канады, США, Норвегии, Дании. В международных документах их называют «арктические прибрежные страны». На рис.1 представлен фрагмент Арктической территории в азимутальной проекции.

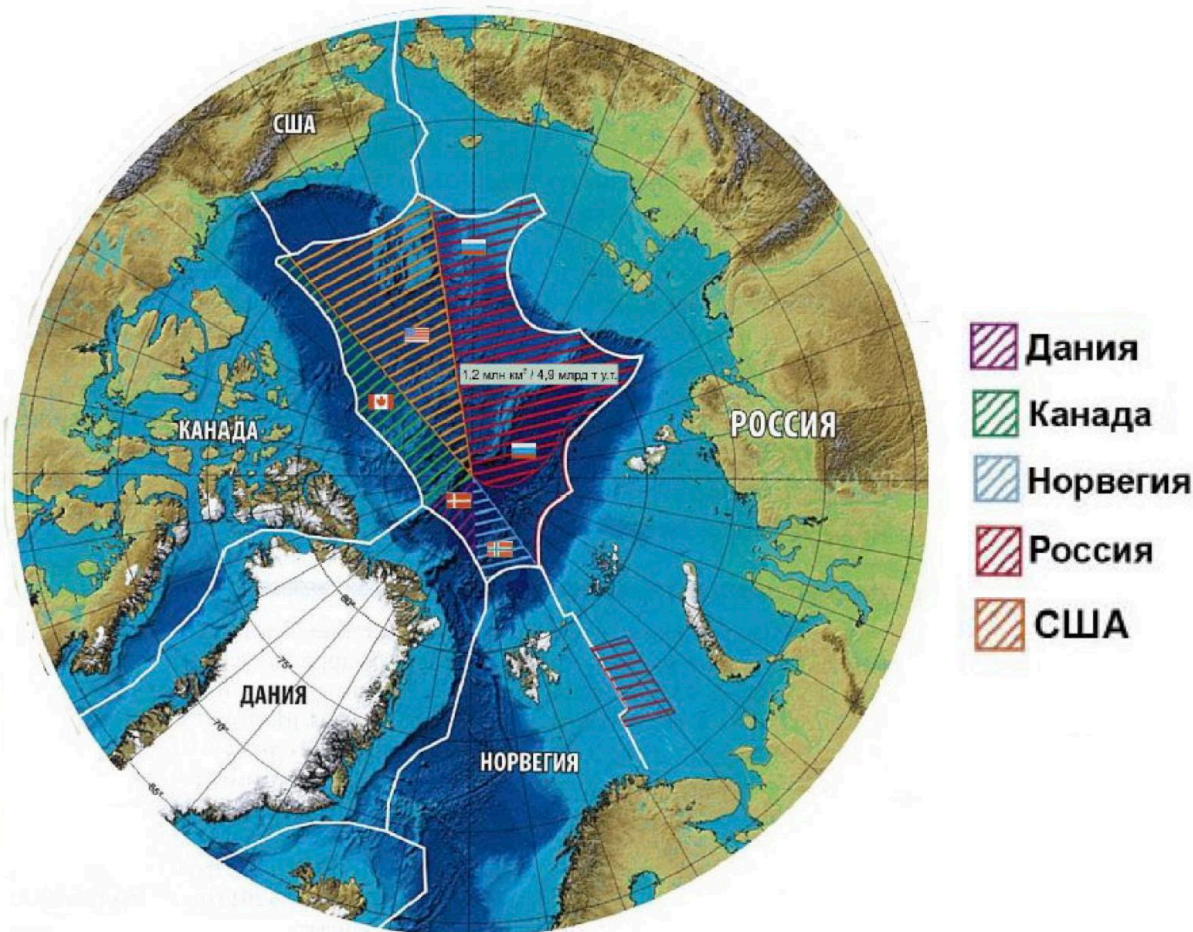


Рис. 1. Азимутальное представление арктического региона. Границы и области интересов

Первые международные договоры о правах на полярные владения в Арктике предусматривали размежевание по секториальному (меридиальному) принципу. Это означает прохождение границы строго по меридианам вплоть до северного полюса, что показано на рис.1.

Данное условие отражено в договорах между Россией и Англией в 1825 г. и между Россией и Североамериканскими Соединенными штатами в Вашингтоне в апреле 1867 г.

об уступке российских североамериканских колоний. Оба эти договора являются действующими. Однако появляется немало охотников изменить это условие.

Декларация о секторном принципе деления Арктики между пятью арктическими прибрежными государствами была принята в Париже (1920г.). Однако юридически в виде международного права эта Декларация не была оформлена. Данное положение не вызывало возражений со стороны



мирового сообщества, до тех пор пока не стало известно о больших потенциальных природных богатствах Арктики.

Площадь Арктики составляет 6 % поверхности Земли [8]. Недра Арктики содержат до четверти мировых запасов углеводородов. Согласно данным геологических служб США и Дании, свыше 100 млрд т условного топлива, 30 % неразведанных мировых запасов газа и 13 % запасов нефти находится в шельфовой зоне арктических морей, на глубине моря не более 500 м. Прогнозируемые запасы нефти и газа в Арктике превосходят ресурсы континентальных окраин любого океана Земли. По мнению экспертов, освоение углеводородных ресурсов Арктики может служить для России гарантией долговременной экономической стабильности и энергетической независимости.

В настоящее время на арктический регион в разной степени претендуют государства: США, Россия, Канада, Норвегия, Дания, Великобритания, Исландия, Бельгия, Ирландия, Швеция, Финляндия, Нидерланды, Германия, а также Япония и Китай и ряд других государств. Китай уже имеет наземную базу на Шпицбергене. Первый китайский ледокол уже несет службу в арктических районах. Планируется построить второй мощный ледокол водоизмещением около 8000 т. Все это делает актуальным исследование Арктической зоны.

### Геоинформационный анализ

Геоинформационный анализ [9] это пространственный и тематический анализ с использованием разнообразной информации дистанционного и наземного характера. Основой геоинформационного анализа являются геоданные [19-21]. Геоданные интегрируют три группы данных место, время, тема в единую систему данных.

Их особенность в том, что они представляют собой системный информационный ресурс [22]. Системность геоданных расширяет возможности анализа, обработки и представления.

Геоинформационный анализ включает предсказательные функции, то есть он способен выдвигать и проверять эмпирические высказывания. В геоинформационном анализе широко применяются методы визуального моделирования [11], которое является основой поддержки принятия решений.

При исследовании любых территорий, а для полярных особенно, важным фактором являются пространственные отношения. Геоинформационный анализ выявляет, исследует и применяет пространственные отношения [23]. В нем широко используют вид пространственных отношений выражаемых через «геореференцию» [24, 25]. В свою очередь геореференция служит инструментом поиска, анализа и извлечения знаний [26]. В сферу геореференции входят, в частности, зависимости между любой информацией (например, документами, наборами данных, картами, изображениями, биографической информацией) и географической локализацией с помощью местонаименований, кодов места (например, почтовые коды), координат и других методов, описывающих пространственные связи и отношения [24].

Основой данных геоинформационного анализа арктических территорий служат данные дистанционного зондирования. Современные технические средства дистанционного зондирования позволяют получать цифровые изображения участков земной поверхности с высоким пространственным разрешением и в широком диапазоне спектра

электромагнитных волн. Развитие получили математические методы обработки цифровых изображений (пространственно-спектральный анализ, вейвлет анализ, мультифрактальный анализ, радарная интерферометрия и др.), которые при соответствующей адаптации алгоритмической базы могут быть с успехом применены для обработки цифровых изображений ледового покрова и других объектов северных территорий

Изображения, полученные в результате дистанционного зондирования, содержат разнообразные однородные области, причём внутриклассовые среднеквадратичные отклонения характеристик часто сравнимы с разбросом между классами. Такие изображения называют сложными. При анализе сложного изображения все известные методы цифровой классификации не могут гарантировать получения требуемого результата.

Основной проблемой при тематической обработке сложных изображений земной поверхности является то, что применение алгоритмов одноуровневой классификации, использующих определённые условия однородности классов объектов и определённое пространство классификационных признаков, зачастую приводит к выделению на изображении сегментов, не соответствующих информационным классам решаемой тематической задачи.

Для преодоления возникающих трудностей необходимо применять многоуровневые алгоритмы классификации, использующие различные условия однородности классов объектов и различные подмножества классификационных признаков, учитывающие структурно-пространственные характеристики изображения. Все это обуславливает необходимость разработки теории и

методов тематической обработки аэрокосмических изображений на основе многоуровневых алгоритмов сегментации.

### **Объекты геоинформационного анализа арктических территорий**

Объектами геоинформационного анализа арктических территорий являются акватория Ледовитого океана и северных морей и наземные экосистемы: полярные пустыни, арктические и субарктические тундры.

*Полярные пустыни.* Данный биом имеет циркумполярное размещение. В Северной Евразии распространён на островах и архипелагах Ледовитого океана (Северный остров Новой Земли, Земля Франца-Иосифа и др.). Ландшафтное разнообразие здесь обеднено, благодаря молодости поверхностей, экстремальности климата. В растительном покрове отмечается полное доминирование споровых растений - водорослей, лишайников, и мхов с отдельными фрагментами цветковых растений.

*Арктические тундры.* Этот биом имеет циркумполярное распространение. В Европейской России арктические тундры представлены на островах Ледовитого океана (Южный остров Новой Земли, Колгуев и др.). В Азиатской части России этот биом образует сравнительно узкую полосу вдоль побережья Карского, Лаптевых, Северо-Восточного и Чукотского морей (полуострова - Ямал, Таймыр, побережье Якутии и Чукотки) и распространены на архипелагах - Новосибирские острова и Северная Земля.

*Субарктические тундры.* В структуре ландшафтов преобладают пятнистые и полигональные равнинные тундры, бугристые болота, заросли кустарников в долинах тундровых рек. Исклчительно богата флора мхов (150-

200 видов в отдельных пунктах). Локальная флора сосудистых растений по сравнению с предыдущим биомом возрастает более чем в 2 раза и составляет 250-300 видов на 100 км<sup>2</sup>.

При проведении геоинформационного анализа необходимо определять уровень антропогенной трансформации природных экосистем и факторы антропогенной трансформации. Кроме полностью трансформированных земель необходимо выявлять геосистемы и экосистемы, которые находятся на разных стадиях деградации или восстановления.

Арктические экосистемы характеризуются суровыми мерзлотными условиями, повсеместным распространением многолетней мерзлых горных пород, имеющих среднегодовые температуры преимущественно ниже -7°C. В поймах, где растительные покровы более богатые, куда зимой сносится большое количество снега, отмечаются более высокие (на 1-1,5°C) температуры грунтов. Мощность снежного покрова на остальной территории невелика (до 15-20 см) из-за влияния сильных ветров, перераспределяющих и уплотняющих снег [7].

Экосистемы арктической пустыни и тундры малоустойчивы и легко нарушаются в результате антропогенного воздействия. В арктических пустынях преобладают каменистые пустыни, в растительном покрове — мхи и накипные лишайники.

В связи с предстоящим вводом в эксплуатацию шельфовых арктических месторождений и перевозками с Севера больших объемов углеводородов в России вновь ставится вопрос о целесообразности использования на арктических перевозках крупнотоннажных танкеров с ядерными энергетическими установками [2].

### Процессы на арктических

### территориях

Геоинформационный анализ направлен не только на оценку состояния территорий, но и на выявление и анализ процессов, которые происходят на этих территориях. Значимость воздействия высокоширотных геофизических процессов на природные и антропогенные комплексы всех рангов от глобального до локального признается всеми учеными мира. Полярные регионы непосредственно вовлечены во все глобальные циклы и играют ключевую роль в поддержании природного динамического равновесия. Вместе с тем, большинство современных исследователей, занимающихся моделированием глобальных геофизических процессов, сходятся во мнении, что высокоширотная Арктика является уникальным регионом, в котором последствия нарушения динамического равновесия на нашей планете скажутся в первую очередь и в максимальной степени [27].

Например, глобальное потепление климата должно привести к существенно более высокому повышению средней температуры в Арктике, чем в каком-либо другом регионе. Подобные изменения могут вызвать целый ряд серьезных последствий, включая резкое сокращение ледового покрова Арктического бассейна, ослабление межширотного обмена воздушных масс и таяние многолетнемерзлых грунтов с увеличением атмосферного содержания газовых примесей, усиливающих парниковый эффект, что в свою очередь неизбежно приведет к дальнейшему глобальному потеплению и сопутствующим эффектам [28].

Островное оледенение высокоширотной Арктики быстрее и активнее реагирует на глобальные атмосферные изменения и, поэтому, является более чутким индикатором

климатических перемен, чем ледники умеренных широт или громадные ледниковые покровы Антарктиды и Гренландии. Современные результаты целого ряда гляциологических исследований ледниковых куполов в Арктике указывают на характерные признаки сокращения оледенения в регионе и развития обстановки в соответствии с упомянутым сценарием, который является далеко не самым пессимистичным [29].

Приледниковые гумидные районы зоны полярных пустынь представляют собой наиболее суровый вариант условий существования арктической тундры, что обуславливает резкое снижение качественного состава и видового разнообразия природных сообществ. Несмотря на сравнительную бедность органического мира высокоширотной Арктики, он отличается исключительной цельностью и своеобразием, и вместе с тем крайне малой устойчивостью к внешним воздействиям, что необходимо учитывать при хозяйственном освоении территории.

Показателями малой устойчивости природных сообществ арктических пустынь могут служить суровость климата, прерывистость стока и низкие температуры поверхностных вод, рыхлость, трещиноватость и текучесть грунтов, значительные уклоны рельефа и активность экзогенных процессов, малые мощности, низкая гумусность и бесструктурность почв, малый объем фитомассы и слабое проективное покрытие растительности. Относительная молодость природных ассоциаций высокоширотной Арктики, подтверждающаяся слабым развитием локального эндемизма и всей историей геологического развития региона, также может служить признаком высокой лабильности и низкой регенерационной способности высокоарктических экосистем.

Суровая окружающая среда и

удаленность от экономически развитых регионов до последнего времени надежно защищало природу высокоширотной Арктики от антропогенного воздействия. Но времена меняются, и промысловые суда все чаще стали появляться в водах Арктического бассейна, преследуя косяки рыб и стада морских животных, спасающихся на Крайнем Севере от полного уничтожения.

Притягательная сила первозданной природы, ландшафтное своеобразие Заполярья и героика покорения Северного Полюса, а также возросшая на базе недавних политических изменений в мире активность транспортных и туристических агентств усилили приток туристов и авантюристов в этот ранее недоступный для них регион. Это влечет негативные антропогенные воздействия на природу.

Многочисленные межконтинентальные воздушные и морские линии были проложены через Высокоширотную Арктику за последние несколько десятков лет. Кроме того, этот регион является областью стратегических интересов ряда современных военных доктрин и включает несколько полигонов по испытанию ядерного оружия.

Уже сегодня некоторые пустынные территории Заполярья могут быть объявлены районами экологического бедствия по причине радиоактивного заражения местности и складирования отходов в зонах ядерных испытаний, загрязнения прибрежных вод продуктами отработки дизельного топлива, свалок в районах военного присутствия и деятельности по разведке и добыче полезных ископаемых.

Аккомодация человека на «окраине жизни» обязательно должна сопровождаться мероприятиями по защите окружающей среды и консервации уникальных природных объектов и их комплексов. В этом



аспекте значение космического мониторинга Арктических территорий имеет огромное значение.

Координация национальных действий в соответствии с международной деятельностью и правом и осуществление совместных интернациональных природоохранных мероприятий является наиболее плодотворным путем для эффективной организации защиты окружающей среды крупных регионов. Однако, до сих пор, международная стратегия по охране природы высокоширотной Арктики не выработана полностью [30].

**Обеспеченность пространственной информацией.** Пространственная информация о современном состоянии природной среды Крайнего Севера служит основой оперативного управления развитием высокоширотных земель. Существенным препятствием для планирования и проведения комплексных исследований в Заполярье является отсутствие соответствующего информационного и геоинформационного обеспечения. На данный регион имеется ограниченный ряд карт необходимого масштаба, которые не покрывают все высокоширотные зоны и не содержат достаточно детальных и современных сведений о батиметрии, животном мире, геологии и топографии побережья. Имеющиеся топографические, морские и тематические карты, содержащие основной объем информации об Арктическом бассейне, рассредоточены по большому количеству ведомств и не могут быть оперативно обобщены для анализа. Большинство изданных до сих пор карт уже устарело и подлежит обновлению.

Малочисленные ландшафтные, экологические и специализированные тематические карты Заполярья не содержат достаточно детальных и современных сведений и не покрывают должным образом все высокоширотные

зоны. Созданием средне- и крупномасштабных карт динамики природных явлений, а тем более прогнозных карт на этот регион специально никто не занимался.

Известны лишь несколько отдельных карт-схем, показывающих изменение положения ледниковых фронтов и скорости движения льда на поверхности некоторых ледников, а также воспроизводящих современные процессы рельефообразования для двух - трех районов Крайнего Севера.

Пространственная информация о состоянии и тенденциях изменения природной среды Крайнего Севера является необходимой для исследования высокоширотных природных процессов. Одним из источников такой информации является космический мониторинг с использованием инфракрасных, мультиспектральных и гиперспектральных датчиков.

Полярноорбитальные средства космического зондирования создают возможности для изучения природы высокоширотных районов Российской Арктики, включая и самые труднодоступные. Вопрос заключается в том, насколько оперативно и полно может быть использован этот потенциал для целей оптимального использования природных ресурсов Крайнего Севера в общечеловеческих интересах без нанесения непоправимого ущерба природе и, в конечном счете, самому человеку. Большое значение в этой связи приобретает теоретическое обоснование, разработка и совершенствование методов сбора и обработки периодической информации о состоянии и изменениях топографических объектов в системе космического мониторинга высокоширотной Арктики.

В силу своего экстремального положения и природных условий огромные, практически неосвоенные территории Крайнего Севера редко



пользуются повышенным вниманием экономических и политических кругов современного общества и, как результат исторического развития, являются, пожалуй, одним из наименее изученных регионов России.

Из-за малочисленности, кратковременности и фрагментарности детальных наблюдений многие представления о природных особенностях Заполярья основываются главным образом на более или менее удачных гипотезах, требующих фактического обоснования и достоверного подтверждения. Крайне мало известно о динамике физико-географических условий, о природе и уровне геофизических воздействий и характере природных изменений, происходящих в Заполярье. В силу традиционного мнения об Арктическом бассейне, как о природном «холодильнике» с замедленным ходом всех естественных процессов и минимальным темпом изменений окружающей среды вопрос о необходимости контроля состояния природной среды на Крайнем Севере воспринимается, зачастую, как чисто риторический.

### **Проблемы геоинформационного анализа в высокоширотных зонах**

Имеются некоторые принципиальные проблемы для геоинформационного анализа в высокоширотных зонах внутри пояса 75—90 северной широты. Не все автоматические спутники, управляемые космические корабли и станции проходят над высокоширотной Арктикой из-за ограниченного наклона орбиты. Спутники, которые достигают достаточно высоких широт, часто оборудованы только системами с низким пространственным разрешением. Нерегулярность освещенности северного полярного региона создает дополнительные

трудности для оптического канала информации, который практически бесполезен в течение долгой полярной ночи. Кроме того, оптические сенсоры, особенно сканеры, перенасыщаются над арктическими территориями с высоким альбедо и часто изображают ледники со слишком малым контрастом.

Интенсивные тени на космических изображениях, возникающие при сочетании низкого положения солнца и горного рельефа, затрудняют их обработку [14]. На широте 81° 20' N ежедневные вариации в высоте солнца над горизонтом не позволяют эффективно использовать изображения для получения их лучшей контрастности. Тепловые инфракрасные или тепловые микроволновые изображения свободны от этих недостатков, но обладают обычно более низким пространственным разрешением.

Главной проблемой для пассивного дистанционного зондирования на Крайнем Севере является, очевидно, своеобразный климат этого региона с ненадежными и неблагоприятными погодными условиями, частой сплошной облачностью и снегопадами, которые маскируют детали поверхности. Над большей частью Центральной Арктики разрывы в сплошном облачном покрове случаются в среднем только раз в два-три дня, и солнечное сияние наблюдается только в течение 25 % от его возможной продолжительности [2, 31, 32].

### **Заключение**

В настоящее время дистанционное зондирование является главным источником геоинформационного анализа арктических территорий. Геоинформационный анализ интегрирует разные технологии сбора и анализа информации. Геоинформационный подход создает возможность интеграции разных

методов и технологий и тем самым позволяет осуществлять глобальный мониторинг земной поверхности. Можно констатировать с одной стороны повышенное внимание и повышенную актуальность к освоению Арктических территорий, с другой стороны существует ряд проблем в ее изучении. Эти проблемы включают: недостаточное внимание к исследованию этих территорий, нехватку инструментальных средств исследования, разрозненность имеющейся информации, отсутствие банка пространственных данных на Арктические территории, отсутствие единого методического подхода к комплексному исследованию Арктики и др. На наш взгляд геоинформационный подход и геоинформационный анализ, если и не решают всех проблем, но все же являются значительным шагом по пути интеграции и комплексного анализа Арктических территорий. Пока нет альтернативы интегрированной обработке и комплексному анализу, а основу этого создает геоинформационный анализ. В комплексе геоинформационный анализ решает не только научные задачи, но и служит основой решения политических вопросов. Он позволяет дать комплексную и обоснованную методику оценки принадлежности территорий. Он позволяет оценку экологического состояния региона и оценку влияния разных стран на экологию этого региона.

### Литература

1. Будник С.В. Басейновое природопользование и мониторинг окружающей среды. // Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. – 2017. -№4. – с.94-104.
2. Марчуков В.С. Теория и методы тематической обработки аэрокосмических изображений на основе многоуровневой сегментации. / дис. д.т.н. Специальность: 25.00.34 - Аэрокосмические исследования земли, фотограмметрия. – М.: МГУГиК (МИИГАиК), 2011. – 235с
3. Затягало В.В. Геоинформационный подход при мониторинге загрязнения моря по данным дистанционного зондирования Земли из космоса // Науки о Земле. - 2-2012.- с.80-85.
4. Rozenberg I.N., Tsvetkov V.Ya. The Geoinformation approach // European Journal of Natural History. – 2009. – № 5. – р.102 -103
5. В. А. Lyovin. Earth Exploration from Space for Solving Transport Problems // Russian Journal of Astrophysical Research. Series A. 2017. -3(1). pp. 13-28.
6. Ходаков П.А. Методика учета глобальных изменений климата на стабильность геодезической основы в районах вечной мерзлоты. /дис. к.т.н., 25.00.32. Геодезия. - М.: МГУГиК (МИИГАиК), 2017.- 148с.
7. Милованова М. С. Разработка содержания и технологии геоинформационного обеспечения космического топографического мониторинга арктических территорий. / дисс. к.т. н. Специальность: 25.00.35 – Геоинформатика. – М.: МГУГиК (МИИГАиК), 2011. – 180с.
8. Савиных В.П. Космическая сфера военных действий // Образовательные ресурсы и технологии. – 2015. - №3 (11). – с.96-103.
9. Савиных В.П., Цветков В.Я. Геоинформационный анализ данных дистанционного зондирования. - М.: Картоцентр-Геодезиздат, 2001. - 224с.
10. Максудова Л.Г., Савиных В.П., Цветков В.Я. Интеграция наук об окружающем мире в геоинформатике // Исследование Земли из космоса. - 2000.- №1. - с.46-50.
11. Barmin I.V., Kulagin V.P., Savinykh V.P., Tsvetkov V.Ya. Near Earth Space as an Object of Global Monitoring // Solar System Research, 2014, Vol. 48, No. 7, pp. 531–535. DOI: 10.1134/S003809461407003X.
12. Савиных В.П. Развитие космической геоинформатики // Славянский форум, 2016. -2(12). – с.223-230
13. V. G. Bondur, V. Ya. Tsvetkov. New Scientific

- Direction of Space Geoinformatics // European Journal of Technology and Design, 2015, Vol. 10, Is. 4, pp. 118-126.
14. Милованова М.С. Особенности геоинформационного мониторинга арктических территорий // Известия высших учебных заведений. Геодезия и Аэрофотосъемка. – 2012 - № 5 -С. 60-69
  15. Романов И. А. Геоинформационный космический мониторинг // Образовательные ресурсы и технологии. – 2015. - №2 (10). – с.131-137
  16. Павленко В.И. Арктическая зона Российской Федерации в системе обеспечения национальных интересов страны // Арктика: экология и экономика 2013. - № 4 (12). – с. 16-25.
  17. Мазур И. И. Арктика – точка бифуркации в развитии глобального мира // Век глобализации. – 2010. - №2. – с.93-104
  18. Савиных В.П. Исследование северных территорий по материалам ДДЗ // Славянский форум. - 2012. – 2 (2). - с.64-67.
  19. Омельченко А. С. Геоданные как инновационный ресурс // Качество, инновации, образование. - 2006. - №1. - с.12-14
  20. S. V. Shaytura. Spatial Information Mining // European Journal of Technology and Design, 2016, Vol.(12), Is. 2, pp. 63-71.
  21. Кудж А.С. Сбор и измерение геоданных в науках о Земле// Славянский форум. - 2013. – 2(4). - с.135-139
  22. Савиных В.П., Цветков В.Я. Геоданные как системный информационный ресурс // Вестник Российской Академии Наук, 2014, том 84, №9. - с. 826–829.
  23. Цветков В.Я. Пространственные отношения в геоинформатике// Науки о Земле. Выпуск 01-2012.- с.59-61.
  24. Hill Linda L. Georeferencing: The Geographic Associations of Information – MIT. Press Cambridge, Massachusetts, London, England- 2009. - 272p.
  25. Кулагин В.П. Геореференция в пространственных отношениях // Образовательные ресурсы и технологии. – 2016. - №5 (17). – с.80-86.
  26. Цветков В.Я. Геореференция как инструмент анализа и получения знаний // Науки о Земле.- 2011. — №2. с.63-65.
  27. Change I. P. O. C. Climate change 2007: The physical science basis //Agenda. – 2007. – V. 6, №07. – p.333
  28. Современные глобальные изменения природной среды в 2-х томах. Под ред. Н.С. Касимова, Р.К. Клиге. М.: Научный мир, 2006, Т.1, 696с., Т.2, - 775с.
  29. Bamber, J.L., et al. (2004). Anomalous recent growth of part of a large Arctic ice cap: Austfonna, Svalbard. *Geophys. Res. Lett.*, **31**, (12), L12402, doi: 10.1029/2004GL019667.
  30. Zeeberg J., Forman S. L. Changes in glacier extent on north Novaya Zemlya in the twentieth century // The Holocene. – 2001. – V. 11, №. 2. – p/161-175.
  31. Агранат Г.Д. Возможности и реальности освоения Севера: Глобальные уроки // Итоги науки и техники. Теоретические и общие вопросы географии. М.: ВИНТИ. 1992. Т. 10. -с.190
  32. Савиных В.П., Цветков В.Я. Исследование северных территорий методами геоинформатики // Образовательные ресурсы и технологии. – 2014. - №5(8). – с.14-23.

### References

1. Budnik S.V. Basejnovoe prirodopol'zovanie i monitoring okružhajushhej sredy. // Problemy jekologičeskogo monitoringa i modelirovanija jekosistem. – 2017. -№4. – s.94-104.
2. Marchukov V.S. Teorija i metody tematičeskoj obrabotki ajerokosmičeskikh izobrazhenij na osnove mnogourovnevoj segmentacii. / dis. d.t.n. Special'nost': 25.00.34 - Ajerokosmičeskie issledovanija zemli, fotogrammetrija. – М.: MGUGiK (MIIGAiK), 2011. – 235s
3. Zatzjalova V.V. Geoinformacionnyj podhod pri monitoringe zagraznenija morja po dannym distancionnogo zondirovanija Zemli iz kosmosa // Nauki o Zemle. - 2-2012.- s.80-85.
4. Rozenberg I.N., Tsvetkov V.Ya. The Geoinformation approach // European Journal of Natural History. – 2009. – № 5. – p.102 -103
5. B. A. Lyovin. Earth Exploration from Space for Solving Transport Problems // Russian Journal of Astrophysical Research. Series A. 2017. -3(1). pp. 13-28.

6. Hodakov P.A. Metodika ucheta global'nyh izmenenij klimata na stabil'nost' geodezicheskoj osnovy v rajonah vечноj merzloty. /dis. k.t.n., 25.00.32. Geodezija. - M.: MGUGiK (MIIGAiK), 2017.- 148s.
7. Milovanova M. S. Razrabotka sodержaniya i tehnologii geoinformacionnogo obespecheniya kosmicheskogo topograficheskogo monitoringa arkticheskikh territorij. / diss. k.t. n. Special'nost': 25.00.35 – Geoinformatika. – M.: MGUGiK (MIIGAiK), 2011. – 180s.
8. Savinyh V.P. Kosmicheskaja sfera voennyh dejstvij // Obrazovatel'nye resursy i tehnologii. – 2015. - №3 (11). – s.96-103.
9. Savinyh V.P., Tsvetkov V. Ya. Geoinformacionnyj analiz dannyh distancionnogo zondirovaniya. - M.: Kartocentr-Geodezizdat, 2001. - 224s.
10. Maksudova L.G., Savinyh V.P., Tsvetkov V. Ya. Integracija nauk ob okružhajushhem mire v geoinformatike // Issledovanie Zemli iz kosmosa. - 2000.- №1. - s.46-50.
11. Barmin I.V., Kulagin V.P., Savinykh V.P., Tsvetkov V.Ya. Near Earth Space as an Object of Global Monitoring // Solar System Research, 2014, Vol. 48, No. 7, pp. 531–535. DOI: 10.1134/S003809461407003X.
12. Savinyh V.P. Razvitie kosmicheskogo geoinformatiki // Slavjanskij forum, 2016. - 2(12). – s.223-230.
13. V. G. Bondur, V. Ya. Tsvetkov. New Scientific Direction of Space Geoinformatics // European Journal of Technology and Design, 2015, Vol. 10, Is. 4, pp. 118-126.
14. Milovanova M.S. Osobennosti geoinformacionnogo monitoringa arkticheskikh territorij // Izvestija vysshih učebnyh zavedenij. Geodezija i Ajerofotos#emka. – 2012 - № 5 -S. 60-69
15. Romanov I. A. Geoinformacionnyj kosmicheskij monitoring // Obrazovatel'nye resursy i tehnologii. – 2015. - №2 (10). – s.131-137
16. Pavlenko V.I. Arkticheskaja zona Rossijskoj Federacii v sisteme obespechenija nacional'nyh interesov strany // Arktika: jekologija i jekonomika 2013. - № 4 (12). – s. 16-25.
17. Mazur I. I. Arktika – tochka bifurkacii v razvitii global'nogo mira // Vek globalizacii. – 2010. - №2. – s.93-104
18. Savinyh V.P. Issledovanie severnyh territorij po materialam DDZ // Slavjanskij forum. - 2012. – 2 (2). - s.64-67.
19. Omel'chenko A. S. Geodannye kak innovacionnyj resurs // Kachestvo, innovacii, obrazovanie. - 2006. - №1. - s.12- 14.
20. S. V. Shaytura. Spatial Information Mining // European Journal of Technology and Design, 2016, Vol.(12), Is. 2, pp. 63-71.
21. Kudzh A.S. Sbor i izmerenie geodannyh v naukah o Zemle// Slavjanskij forum. - 2013. – 2(4). - s.135-139
22. Savinyh V.P., Tsvetkov V. Ya. Geodannye kak sistemnyj informacionnyj resurs // Vestnik Rossijskoj Akademii Nauk, 2014, tom 84, №9. - s. 826–829.
23. Tsvetkov V. Ya. Prostranstvennye otnoshenija v geoinformatike// Nauki o Zemle. Vypusk 01-2012.- s.59-61.
24. Hill Linda L. Georeferencing: The Geographic Associations of Information – MIT. Press Cambridge, Massachusetts, London, England-2009. - 272p.
25. Kulagin V.P. Georeferencija v prostranstvennyh otnoshenijah // Obrazovatel'nye resursy i tehnologii. – 2016. - №5 (17). – s.80-86.
26. Tsvetkov V. Ya. Georeferencija kak instrument analiza i poluchenija znaniy // Nauki o Zemle.- 2011. — №2. s.63-65.
27. Change I. P. O. C. Climate change 2007: The physical science basis //Agenda. – 2007. – V. 6, №07. – p.333
28. Sovremennye global'nye izmenenija prirodnoj sredy v 2-h tomah. Pod red. N.S. Kasimova, R.K. Klige. M.: Nauchnyj mir, 2006, T.1, 696s., T.2, - 775s.
29. Bamber, J.L., et al. (2004). Anomalous recent growth of part of a large Arctic ice cap: Austfonna, Svalbard. *Geophys. Res. Lett.*, **31**, (12), L12402, doi: 10.1029/2004GL019667.
30. Zeeberg J., Forman S. L. Changes in glacier extent on north Novaya Zemlya in the twentieth century // The Holocene. – 2001. – V. 11, №. 2. – p/161-175.
31. Agranat G.D. Vozmožnosti i real'nosti osvoenija Severa: Global'nye uroki // Itogi nauki i tehniki. Teoreticheskie i obshhie voprosy geografii. M.: VINITI. 1992. T. 10. - s.190
32. Savinyh V.P., Tsvetkov V. Ya. Issledovanie severnyh territorij metodami geoinformatiki // Obrazovatel'nye resursy i tehnologii. – 2014. - №5(8). – s.14-23.





## COMPLEX ANALYSIS OF ARCTIC TERRITORIES

<b>Victor Savinykh</b>	<b>Victor Tsvetkov</b>
Moscow State University of Geodesy and Cartography (MIIGAiK)	Moscow Technological University (MIREA)

E-mail: [cvj2@mail.ru](mailto:cvj2@mail.ru)

**Abstract:** *The article presents the results of a study on the application of geoinformation analysis for the study of Arctic territories. Paper describes global factors that determine the specifics of the development of the Arctic zone. The article proves that one of the approaches to a comprehensive solution of the Arctic problem can be geoinformation analysis. Paper describes the features of the formation of the Arctic zone and modern attention to this region. Paper describes the features of objects of research and analysis in the Arctic zone. Paper describes the problems of exploration of the Arctic Territories. The paper proves that geoinformation analysis provides global study, integrated processing and integrated analysis of the region. The article reveals the content of geoinformation monitoring as the basis for the study of the Arctic territories. The article describes the geopolitical and economic significance of the Arctic region. The stages of historical development of the Arctic region are revealed. Paper shows that the US, among the eight countries whose territory is crossed by the Arctic Circle, do not have any special rights to develop this region. Paper describes the Declaration on the Protection of the Arctic Environment (1991) as one of the main documents regulating relations in this region. Paper describes the existing agreements between Russia and England in 1825 and between Russia and the North American United States in Washington in April 1867 on the settlement of territorial issues in the Arctic region. The article reveals the content of the geoinformation analysis. Paper describes the significance of spatial relations as a territorial and legal factor. Paper describes the provision of spatial information of the Arctic Territories and methods of obtaining it.*

**Keywords:** *Arctic territories, polar geography, geoinformation analysis, complex processing, data integration, information resources.*

© Savinykh V.P., Tsvetkov V.Ya., 2017