

## **СОВРЕМЕННЫЕ РЕАЛИИ КАРТОГРАФИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АРКТИКИ**

### ***Леонид Александрович Пластинин***

Иркутский национальный исследовательский технический университет, 664074, Россия, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83, доктор технических наук, профессор кафедры маркшейдерского дела и геодезии, тел. (914)881-18-08, e-mail: plast@istu.edu

### ***Александр Николаевич Зализнюк***

Военно-топографическое управление Генерального штаба Вооруженных Сил Российской Федерации, 119160, г. Москва, Фрунзенская набережная, 22/2, начальник, генерал-майор, e-mail: compas66@mail.ru

### ***Владимир Павлович Ступин***

Иркутский национальный исследовательский технический университет, 664074, Россия, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83, доктор технических наук, профессор кафедры маркшейдерского дела и геодезии, тел. (964)1030817, e-mail: Stupinigu@mail.ru

### ***Борис Николаевич Олзоев***

Иркутский национальный исследовательский технический университет, 664074, Россия, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83, кандидат географических наук, доцент кафедры маркшейдерского дела и геодезии, тел. (914)8811808, e-mail: icob\_irk@mail.ru

Рассматривается концепция создания новой топографической карты Арктики на основе системного подхода, геоинформационного картографирования и использования материалов дистанционного зондирования из космоса. Обосновывается районирование Сибирской Арктики в интересах выбора эталонов дешифрирования и экстраполяции результатов их анализа на другие территории. Предлагается уточнение систематизации и расширение набора условных знаков применительно к специфике региона. Резюмируются основные задачи, которые необходимо решить для реализации предлагаемой концепции.

**Ключевые слова:** Арктика, картографическое обеспечение, геоинформационное картографирование, электронные карты, специализированные карты, условные знаки.

## **CURRENT REALITIES OF MAPPING OF RUSSIAN ARCTIC**

### ***Leonid A. Plastinin***

Irkutsk State Technical University, 83, Lermontova St., Irkutsk, Russia, 664074, D. Sc., Professor, Department of Surveying and Geodesy, phone: (914)881-18-08, e-mail: plast@istu.edu

### ***Aleksandr N. Zaliznyuk***

Military Topographical Directorate of the General Staff of the Armed Forces of the Russian Federation, Moscow, 119160, Russia, Head, Major General, e-mail: compas66@mail.ru

### ***Vladimir P. Stupin***

Irkutsk State Technical University, 83, Lermontova St., Irkutsk, 664074, Russia, D. Sc., Professor, Department of Surveying and Geodesy, phone: (964)103-08-17, e-mail: stupinigu@mail.ru

**Boris N. Olzoev**

Irkutsk State Technical University, 83, Lermontova St., Irkutsk, 664074, Russia, Ph. D., Associate Professor, Department of Surveying and Geodesy, phone: (914)8811808, e-mail: icob\_irk@mail.ru

The concept of creating a new topographic map of the Arctic on the basis of a systematic approach, geoinformation mapping and use of remote sensing materials from space is considered. The zoning of the Siberian Arctic is substantiated in the interests of choosing decryption standards and extrapolating the results of their analysis to other territories. The clarification of the systematization and expansion of the set of maps signs in relation to the specifics of the region is proposed. The main tasks that need to be solved to implement the proposed concept are summarized.

**Key words:** Arctic, cartographic support, geographic information mapping, electronic maps, special maps, map signs.

### *Введение*

Последние годы характеризуются неуклонным ростом интереса к Арктике со стороны стран-членов Арктического Совета (Россия, США, Дания, Исландия, Канада, Норвегия, Финляндия) и даже стран, не имеющих прямого выхода в арктические моря (Евросоюз в целом, Китай, Япония, Корея) [1]. Эта тенденция усугубляется нарастающим мировым энергетическим кризисом и неясностью в определении межгосударственных морских границ Арктики. Существует, по крайней мере, три причины указанной геополитической тенденции:

– средоточие колоссальных природных ресурсов, прежде всего, нефти и газа;

– наличие Северного морского пути, связывающей Европу со странами азиатско-тихоокеанского региона;

– военно-стратегическое значение как плацдарма, прикрывающего северные рубежи прибрежных государств от агрессивных действий геополитических конкурентов.

В свете вышесказанного становятся понятными действия России по обеспечению безопасности своих арктических территорий и акваторий, в том числе и за счет увеличения военного присутствия. Очевидно, что масштабные перегруппировки вооруженных сил и дальнейшее экономическое развитие арктических территорий потребуют соответствующих объемов, оперативности и качества их топографо-геодезического обеспечения. Одной из важнейших составляющих этого процесса является обеспечение этого обширного, малоосвоенного и труднодоступного физико-географического региона топографическими картами.

Вместе с тем актуальность и содержание существующих топографических карт на арктические территории оставляют желать лучшего.

Во-первых, вопреки всем существующим руководящим документам, большинство карт не обновлялись со времен СССР, то есть устарели на 30 и более лет. Особенно это касается изменений, связанных с деградацией ледового покрова арктических морей и многолетней мерзлоты на суше. На десятки метров

переместилась береговая линия, многие острова ушли под воду, увеличилось количество и площадь термокарстовых озер. Значительную часть карт требуется создавать заново. В то же время создание и обновление топографических карт на столь обширную территорию традиционными методами требует значительных финансовых вложений и недопустимо длительных работ. Это касается карт «ходовых» масштабов 1:100 000–1:200 000, и, особенно, крупномасштабных топографических карт.

Во-вторых, содержание топографических карт и структура их условных знаков не менялись на протяжении нескольких десятков лет и пришли в противоречие с возможностями и парадигмой современной картографии, а главное, с запросами потребителя.

В-третьих, до сих пор в России действуют жесткие нормы секретности, согласно которым топографические планы и карты масштаба 1: 50 0000 включительно и крупнее несут гриф «Секретно», а карты масштаба 1:100 000 – «Для служебного пользования», и которые запрещают указывать местоположение объекта точнее, чем 30 м, а также использовать материалы дистанционного зондирования с разрешением лучше 2 м.

Геопортал «Инфраструктура пространственных данных Арктического региона», разрабатываемый в рамках международного проекта по сотрудничеству и обмену геопространственными данными между национальными картографическими службами России, Канады, Финляндии, Исландии, Норвегии, Швеции, США и Дании, принципиально не изменит сложившееся положение вещей, так как представляет картографические данные не крупнее масштаба 1:200 000, и то лишь на острова и прибрежную зону арктических морей.

### *Концепция*

Таким образом, проблема неудовлетворительного состояния картографического обеспечения исследуемого региона очевидна и требует оперативного решения, которое немислимо без разработки и реализации новой современной концепции картографического обеспечения сибирской Арктики с использованием современных технических средств, информационных материалов, методик и технологий.

Указанная концепция исходит из того, что современные топографические карты должны соответствовать положениям ГОСТ Р 58571-2019, который устанавливает общие требования к информационному обеспечению инфраструктур пространственных данных в целях создания общедоступных и качественных пространственных данных, сервисов и приложений для использования органами государственной власти, юридическими лицами и гражданами [2].

В то же время, концепция предполагает преемственность классической школы отечественного топографического картографирования в части удовлетворения картографической продукции следующим требованиям:

- унифицированность систем координат, высот и условных знаков;
- достоверность и полнота содержания;

- наглядность и удобочитаемость;
- точность в соответствии с масштабом;
- согласованность с навигационными морскими картами;
- возможность оперативного внесения дополнительной информации.

Наконец, концепция должна учитывать специфические особенности региона и новые возможности современного уровня развития картографии, а именно:

- обширность, труднодоступность, слабую заселенность, неразвитую инфраструктуру и суровые природные условия территории;
- специфику ландшафтов региона с широким развитием арктических, типичных и горных тундр, многолетнемерзлых грунтов, криогенных геологических процессов;
- расширение возможностей новых источников топографической информации – материалов дистанционного зондирования Земли из космоса (ДЗЗ);
- совершенствование технических и технологических возможностей цифрового картографирования на основе геоинформационных технологий (ГИС);
- накопление новых знаний о географических, гидрологических, криологических, инженерно-геологических и других особенностях Арктики.

Концепция новой топографической карты сибирской Арктики реализуется по следующим направлениям:

- технологическому (создание электронных карт);
- информационному (использование ДЗЗ из космоса);
- методическому (специализация карты).

Технологическая основа современного топографического картографирования – ГИС, как унифицированные системы (например, ENVI, ArcGIS), позволяющие, в частности, выполнять обработку цифровых спектральных снимков, так и профессиональные автоматизированные картографические системы (например, «Панорама», MapInfo), предназначенные для создания и редактирования карт в любых масштабах, проекциях и системах координат [3].

Одним из основных принципов организации пространственной информации в ГИС является принцип послойного отображения. Совокупность тематических слоев образует интегрированную основу графической части ГИС, в которых объединяющей основой (подложкой) являются цифровые и электронные карты.

Цифровая карта – цифровая модель местности, записанная на машинном носителе информации в установленных структурах и кодах, сформированная на базе законов картографии в принятых для карт проекции, разграфке, системе координат и высот, по точности и содержанию соответствующая карте определенного масштаба.

Электронная карта – векторная или растровая топографо-тематическая карта, сформированная на машинном носителе информации в принятой проекции, системе координат и высот, условных знаков, предназначенная для отображения, анализа и моделирования, а также для решения расчетных и информационных задач по данным о местности и обстановке. Другими словами, электронная карта это визуализированная на дисплее компьютера цифровая карта с возможностями ее обработки.

Топографические электронные карты имеют ряд существенных преимуществ по сравнению с традиционными топографическими картами на бумажных (твердых) носителях:

- удобное внесение изменений и корректировок (обновление карт);
- объединение в единой системе картографической и некартографической информации и различных взаимосвязей между ними;
- оперативное обращение к электронной карте для ввода запросов об интересующих пользователя объектах;
- проведение анализов и обобщений;
- отслеживание динамики изменения различных параметров;
- формирование необходимых справок, таблиц, диаграмм;
- создание производных карт требуемой тематики, масштабов и степени детализации как в электронном виде, так и на твердых носителях;
- возможность изменения обрабатывающих программ;
- трехмерная визуализация карты с возможностями текстурирования трехмерной модели отмытками, материалами дистанционного зондирования и т.д.;
- возможность получения экспертных решений в режиме реального времени.

Принципиальной особенностью электронных карт является их многослойная организация с гибким механизмом управления слоями, позволяющая не только отобразить существенно большее количество разнообразной информации, чем на обычной топографической карте, но и значительно упростить ее анализ путем селекции картографических данных, необходимых для текущего рассмотрения с применением механизма «прозрачности» электронной карты и режима реального времени.

Информационная основа – геодезические, картографические, аэро- и космодатосъемочные, ведомственные, литературно-справочные материалы. Для исследуемой территории основными являются материалы ДЗЗ, главным образом космического, так как выполнение аэросъемочных работ и полевых топографических съемок экономически нецелесообразно или весьма затруднительно вследствие наличия огромных необжитых территорий, суровых природных условий и сплошного бездорожья.

Так, используя снимки с КА LandSat и WorldView, можно составлять топографические карты в масштабах 1:100 000 и 1:25 000, соответственно. Но, чтобы не зависеть от политических и конъюнктурных коллизий рынка ДЗЗ, предпочтительнее следует отдавать отечественным материалам. В настоящее время к таковым можно отнести снимки с действующих и перспективных спутников серии «Канопус», которые позволяют составлять топографические карты масштаба 1:25 000 и мельче.

Методика картографирования предполагает специализацию топографических карт применительно к особенностям региона, в частности, оптимизацию содержания и расширение набора условных знаков, связанных с отображением ландшафтов Арктики с их многолетнемерзлыми грунтами, специфическими формами рельефа и динамичными геологическими процессами [4–6].

Так, широко распространенные криогенные формы рельефа низменных равнинных территорий: полигональные поверхности, бугры пучения, термокарст, на традиционных картах отображены неполно или слишком обобщенно. Например, полигональные поверхности, которые в природе представлены плоскими, выпуклыми, вогнутыми, валиковыми и т.д. образованиями, на топографических картах отображаются только одним условным знаком даже для топографических планов масштабов 1:500, 1:1000, 1:2000, 1:5000 (номер знака 462), не говоря уже о топографических картах масштаба 1:10 000 (знак 431) и картах масштаба 1:25 000, 1:50 000, 1:100 000 (знак 276).

То же самое касается снежно-ледовых образований: речных и грунтовых наледей, снежников-перелетков, погребенных льдов и др., для которых необходимо определять и отображать их многолетние и сезонные динамические состояния с указанием абсолютных и относительных отметок их характерных точек.

Наличие широких затопляемых и заболоченных речных пойм, низких побережий и обширных дельт требует отображения их динамики с указанием максимальных и минимальных (меженных) уровней и отметок урезов воды при этих уровнях.

На традиционных картах Арктики практически не показаны опасные природные процессы и явления горных территорий региона (сели, лавины, обвалы, оползни, сплывы, курумы, солифлюкция), не отображены границы их распространения и не приведены морфометрические показатели.

## *Результаты*

Выбор и отработка эталонов дешифрирования и экстраполяция полученных результатов требует предварительного районирования территории по наиболее физиономичным и информативным признакам, то есть на физико-географической, ландшафтной основе.

Поэтому, из всего разнообразия сухопутных границ Арктики, полученных с использованием разных критериев, в интересах картографирования целесообразнее принять за нее южную границу тундры [7]. Эту границу можно назвать ландшафтно-экологической, так как именно она отображает смену тундровых ландшафтов на таежные, а также смену условий обитания животных и проживания человека. Такая граница имеет вполне определенное проявление на земной поверхности и может быть определена по материалам дистанционного зондирования, в том числе и методами компьютерной обработки спектрональных изображений.

В то же время следует учитывать, что граница распространения криогенных рельефообразующих процессов, являющихся ведущими в условиях арктического климата, обычно проходит южнее границы тундры, а резкой границы между тундрой и лесом нет, а есть более или менее широкая полоса лесотундры – угнетенного леса, а также островов леса среди тундры или, наоборот, островов тундры среди леса.

Исходя из рассмотренных соображений, определение южных границ интересующей нас области сибирской Арктики было выполнено по наиболее географичной, а следовательно картографичной, концепции опоры на тундровые и, частично, лесотундровые ландшафты с учетом бассейновой структуры территории.

В результате была составлена карта районирования сибирского сектора арктической зоны между Енисеем и Леной (рис. 1). В пределах этого сектора выделены подзоны арктической и типичной тундры, горной тундры, и, частично, лесотундры.

Арктическая тундра – преимущественно травянистая, осоко-пушицевая, с подушкообразными формами полукустарничков и мхами в сырых западинах. Растительный покров не сомкнут, кустарников нет, широко развиты глинистые голые «медальоны» с микроскопическими водорослями и бугры мерзлотного пучения.

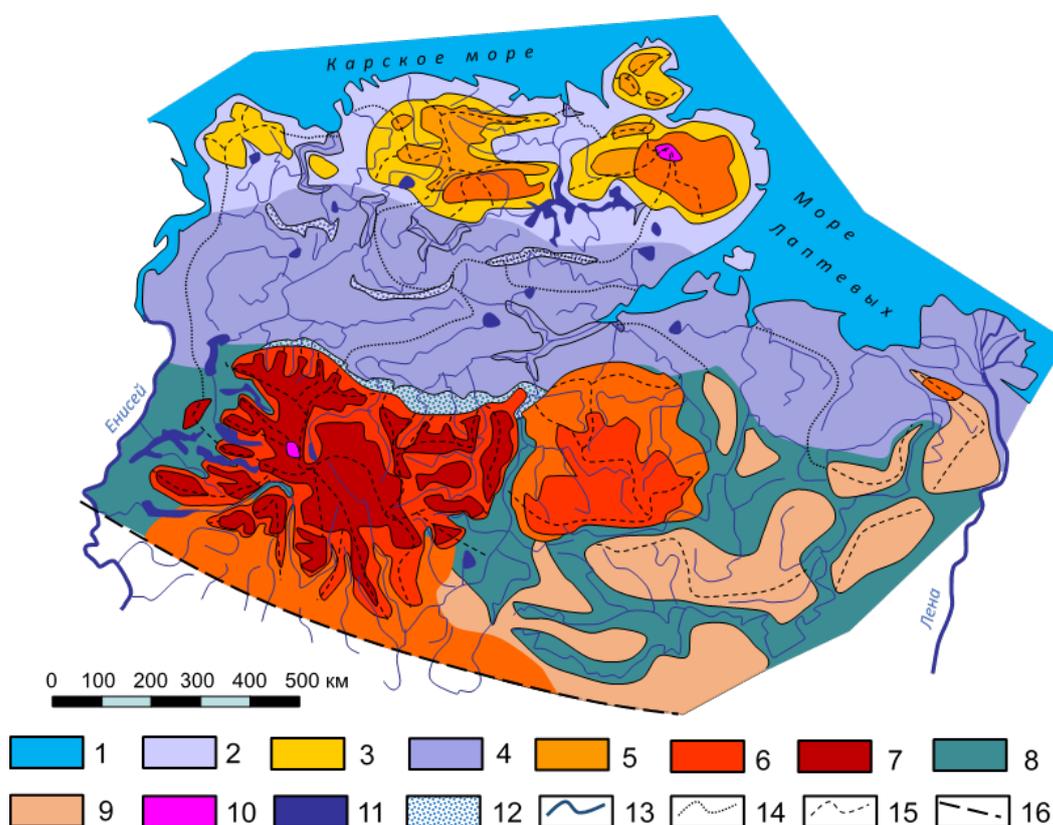


Рис. 1. Районирование Сибирской Арктики. **Обозначения:**

1 – акватории арктических морей; *арктическая тундра*: 2 – сглаженные денудационные низменные равнины, 3 – сглаженные денудационные возвышенности и увалы; *типичная тундра*: 4 – аллювиальные и ледниковые аккумулятивные заболоченные пологоувалистые низменные равнины; *горная тундра*: 5 – расчлененные денудационные низкогорья. 6 – сильно расчлененные денудационные среднегорья с элементами альпинотипного рельефа, 7 – среднегорные плосковершинные лавовые плато; *лесотундра*: 8 – сглаженные низменные денудационные равнины, 9 – расчлененные денудационные низкогорья; *прочее*: 10 – ледники, 11 – озера, 12 – валы конечных морен, 13 – реки, 14 – водоразделы аккумулятивных равнин, 15 – водоразделы денудационных систем, 16 – Северный Полярный Круг

Типичная тундра, или средняя тундра – преимущественно моховая на сильно заболоченных и заозеренных низменных равнинах. Вокруг озер развита осоко-пушицевая растительность с небольшой примесью разнотравья и злаков. Появляются ползучие полярные ивы и карликовые березы среди покрова мхов и лишайников.

Горные тундры начинаются кустарниковым поясом у подножий гор. Выше расположены мохово-лишайниковые тундры с подушкообразными полукустарничками и травами. Верхний пояс горных тундр представлен накипными лишайниками, разреженными приземистыми подушкообразными кустарничками и мхами среди каменных россыпей.

Лесотундра – переходная зона от тундры к тайге с расплывчатыми границами, где на междуречьях угнетенные редколесья чередуются с кустарниковыми или типичными тундрами. Разными исследователями лесотундра считается то подзоной тундры, то тайги, а в последнее время – тундролесий [8].

В пределах ландшафтных подзон по результатам морфодинамического анализа рельефа были выделены денудационные и аккумулятивные области [9].

К денудационным областям относятся разновысотные и по-разному расчлененные поднятия гор Бырранга, плато Путорана и Анабарского плато.

В пределах денудационных областей выделены сглаженные возвышенности и увалы, расчлененные низкогорья, средневысотные расчлененные горы с элементами альпинотипного рельефа и среднегорные плато. На карте также показаны ареалы распространения небольших современных ледников гор Бырранга и плато Путорана.

К аккумулятивным областям относятся обширные территории Северо-Сибирской низменности, сформированные четвертичными оледенениями и морскими трансгрессиями. Рельеф здесь, в целом, пологоувалистый, холмисто-грядовый и холмисто-увалистый с обширными аллювиальными депрессиями и плоскими аккумулятивными равнинами. Вся низменность пересечена субширотными системами моренных гряд. В восточной части Северо-Сибирской низменности находятся два невысоких кряжа – Прончищева и Чекановского. Плоские болотистые участки с мерзлотными формами рельефа имеют высоту до 100 метров над уровнем моря, моренные гряды – до 250 метров. Общий равнинный рельеф низменности местами нарушается небольшими возвышенностями и увалами – гербеями (высоты 100–250 метров) и платообразными поднятиями – тасами, покрытыми каменными россыпями.

На составленной карте основные аккумулятивные области разделены на сегменты-районы, относящиеся к бассейнам рек Пясына, Верхняя и Нижняя Таймыра, Хатанга (частично) и Оленек (частично). В пределах этих территорий показаны также крупные озера, основные дренирующие реки и участки морен последнего оледенения.

Дальнейшая дифференциация районов производится путем выделения подрайонов на основе разделения на речные бассейны, сложные и простые склоны, что является задачей дальнейших исследований и в данной работе не рассматривается.

## Заключение

Успешная реализация картографического обеспечения сибирской Арктики заключается в решении следующих научно-исследовательских и практических задач:

- 1) переход на геоинформационные технологии создания электронных топографических карт, идущих на смену традиционным картам на твердых носителях;
- 2) приоритетное использование российских материалов дистанционного зондирования из космоса как информационной основы топографических карт;
- 3) совершенствование методики создания и обновления электронных топографических карт с сохранением преемственности основных положений традиционного топографического картографирования;
- 4) разработка специализированного географического содержания электронных топографических карт с учетом региональной специфики природных процессов и явлений, не отраженных или слабо отраженных на существующих картах.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Журавель В. П. Вызовы и угрозы военной безопасности в Арктике // Научно-аналитический вестник ИЕ РАН, 2018. № 2. С. 217-224.
2. Верещака Т.В. Топографические карты. Научные основы содержания: монография. М.: МАИК «Наука/Интерпериодика», 2002. 319 с.
3. Пластинин Л.А., Осипов Г.К., Плюснин В.М., Ступин В.П., Хиленко В.В. Геоинформационное обеспечение картографо-космического мониторинга арктической зоны Сибири // География и природные ресурсы, 2016. № 4. С. 15-21.
4. ГОСТ Р 58571-2019 Инфраструктура пространственных данных. Требования к информационному обеспечению
5. Пластинин Л.А., Ступин В.П. Концепция развития содержания электронной специализированной топографической карты сибирской Арктики // Мат-лы «Совершенствование средств и методов сбора и обработки геопространственной информации и системы подготовки специалистов в области топогеодезического и навигационного обеспечения». СПб, 2016. С. 246-252.
6. Пластинин Л. А., Ступин В. П., Олзоев Б. Н., Котельникова Н. В. Принципы разработки специализированной топографической карты Сибирской Арктики // Сб. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия». Новосибирск: СГУГиТ, 2019. № 2. Т. 1. С. 185-190.
7. Ступин В. П. Обоснование границ Сибирской Арктики в интересах составления специализированных топографических карт // Интерэкспо ГЕО-Сибирь. XV Междунар. науч. конгр., 24–26 апреля 2019 г., Новосибирск : сб. материалов в 9 т. Т. 1 : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия». – Новосибирск : СГУГиТ, 2019. № 2. С. 164–171.
8. Арктическая энциклопедия. Растительность, животный мир, охрана природы. М.: Изд-во: Паулсен, 2017. 246 с.
9. Ступин В. П. Картографирование морфосистем. Иркутск: Изд. ИрГТУ, 2009. 160 с.

© Л. А. Пластинин, А. Н. Зализнюк, В. П. Ступин, Б. Н. Олзоев, 2020