

УДК 528.93(985)

DOI: 10.33764/2411-1759-2019-24-4-142-161

ПРОБЛЕМЫ И ПРОГРАММЫ ИХ РЕШЕНИЯ ПРИ СОЗДАНИИ ЦИФРОВЫХ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ ТОПОГРАФИЧЕСКИХ КАРТ СИБИРСКОЙ АРКТИКИ

Леонид Александрович Пластинин

Иркутский национальный исследовательский технический университет, 664074, Россия, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83, доктор технических наук, научный руководитель Центра космических технологий и услуг, профессор кафедры маркшейдерского дела и геодезии, тел. (950)122-27-23, e-mail: irkplast@mail.ru

Владимир Павлович Ступин

Иркутский национальный исследовательский технический университет, 664074, Россия, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83, доктор технических наук, ведущий научный сотрудник Центра космических технологий и услуг, профессор кафедры маркшейдерского дела и геодезии, тел. (964)103-08-10, e-mail: stupinigu@mail.ru

Борис Николаевич Олзоев

Иркутский национальный исследовательский технический университет, 664074, Россия, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83, кандидат географических наук, технический руководитель Центра космических технологий и услуг, доцент кафедры маркшейдерского дела и геодезии, тел. (914)927-05-88, e-mail: bnolzoev@yandex.ru

Надежда Валентиновна Котельникова

Иркутский национальный исследовательский технический университет, 664074, Россия, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83, кандидат географических наук, доцент кафедры маркшейдерского дела и геодезии, тел. (908)656-17-27, e-mail: kosmos@istu.edu

Михаил Борисович Селезнев

Иркутский национальный исследовательский технический университет, 664074, Россия, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83, аспирант кафедры маркшейдерского дела и геодезии, тел. (904)119-24-33, e-mail: virposha@gmail.com

Цель – разработка и обоснование новых условных знаков цифровых специализированных топографических карт. Методы – геоинформационное картографирование, автоматизированная обработка космических снимков. Рассмотрены основные проблемы использования условных обозначений на районы Сибирской Арктики; приведены результаты визуального анализа для практического использования космических данных для картографирования особенностей природы арктической зоны; представлены усовершенствованные условные обозначения объектов арктического ландшафта на специализированных топографических картах; кратко описана технологическая схема создания цифровых специализированных топографических карт и представлен проект специализированного содержания легенды таких карт. Предложена программа цифрового специализированного картографирования Сибирской Арктики от Енисейского залива до устья Лены, включая полуостров Таймыр, Северо-Сибирскую низменность, плато Путорана и север Среднесибирского плоскогорья.

Ключевые слова: Сибирская Арктика, цифровые специализированные топографические карты, космические снимки Landsat, технологическая схема создания карт, автоматизи-

рованная обработка космических снимков, географическое районирование, совершенствование технологии и содержания карт, виды условных обозначений.

Введение

Картографическое обеспечение северных районов является приоритетной задачей государственного развития. Это связано с геополитической обстановкой в районах российской Арктики, так как все возрастающие амбиции ряда стран направлены на усиление своего влияния и позиций в этом стратегически важном регионе. Указанная тенденция не случайна. Арктика представляет собой несомненный интерес, по крайней мере, по трем причинам:

- наличие колоссальных природных ресурсов, прежде всего, нефти и газа;
- наличие Северного морского пути, роль которого, как кратчайшей и удобной транспортной артерии, связывающей Европу со странами Азиатско-Тихоокеанского региона, будет только возрастать;
- военно-стратегическое значение – как плацдарм, прикрывающий северные рубежи государств от агрессивных действий геополитических конкурентов.

Меры по укреплению безопасности в данном регионе потребуют актуального и качественного картографического материала, необходимого для выполнения большого объема гражданских и военных работ [1].

Недостатки содержания топографических карт арктической зоны в своих работах отмечают многие авторы [2–6].

Описанные проблемы и недостатки существующих карт в совокупности с появившимися постоянно обновляющимися актуальными источниками картографической информации (данные дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) из космоса), а также современное программное обеспечение для составления карт (ГИС-технологии) создают предпосылки к разработке комплексной технологии и содержания цифровых специализированных топографических карт (ЦСТК) на Сибирскую Арктику. Существующие топографические карты создавались еще в СССР, с использованием методик и технологий прошлых лет. В настоящее время при разработке ЦСТК использованы актуальные геопрограммные данные, специализированное программное обеспечение, позволяющее выполнять автоматизированную обработку комических снимков, их дешифрирование; созданы инструменты, позволяющие совершенствовать существующие и разрабатывать новые условные знаки и др.

Разработка комплексной технологии должна включать следующие обязательные *этапы*:

1) модернизация технологии создания ЦСТК арктической зоны с использованием данных ДЗЗ и ГИС-технологий;

2) совершенствование географического содержания цифровых специализированных топографических карт с отображением природных процессов и явлений, широкого распространенных в Арктике:

- мерзлых грунтов и криогенных форм рельефа (курумов, полигональных поверхностей, бугров пучения, термокарста, солифлюкции и др.);

- снежно-ледовых образований (ледников, речных и грунтовых наледей, снежников-перелетов, погребенных льдов и др.);
- опасных экзогенных процессов и явлений (селей, лавин, обвалов, оползней, сплывов и др.);
- деградирующих участков обширных затопляемых речных пойм.

Географическое районирование территории исследований

В своих исследованиях авторы отрабатывают основные принципы и методы создания специализированной карты на примере восточного сектора Сибирской Арктики, расположенного между Енисеем и Леной. Поскольку Арктика является околополярной физико-географической областью (рис. 1), а границы региона исследований по долготе определены вышеназванными реками, необходимо определиться с внутрорегиональными границами на разных иерархических и масштабных уровнях (рис. 2).

Иногда Арктику ограничивают с юга Северным полярным кругом (астрономическая граница – $66^{\circ} 33'$ с. ш.), т. е. включают в нее территории, на которых хотя бы один раз в году Солнце не поднимается над горизонтом в течение суток (полярная ночь). В этом случае общая площадь Арктики составляет 21 млн кв. км [3]. Такая граница формально вполне определена, но не имеет на поверхности Земли ландшафтного выражения.

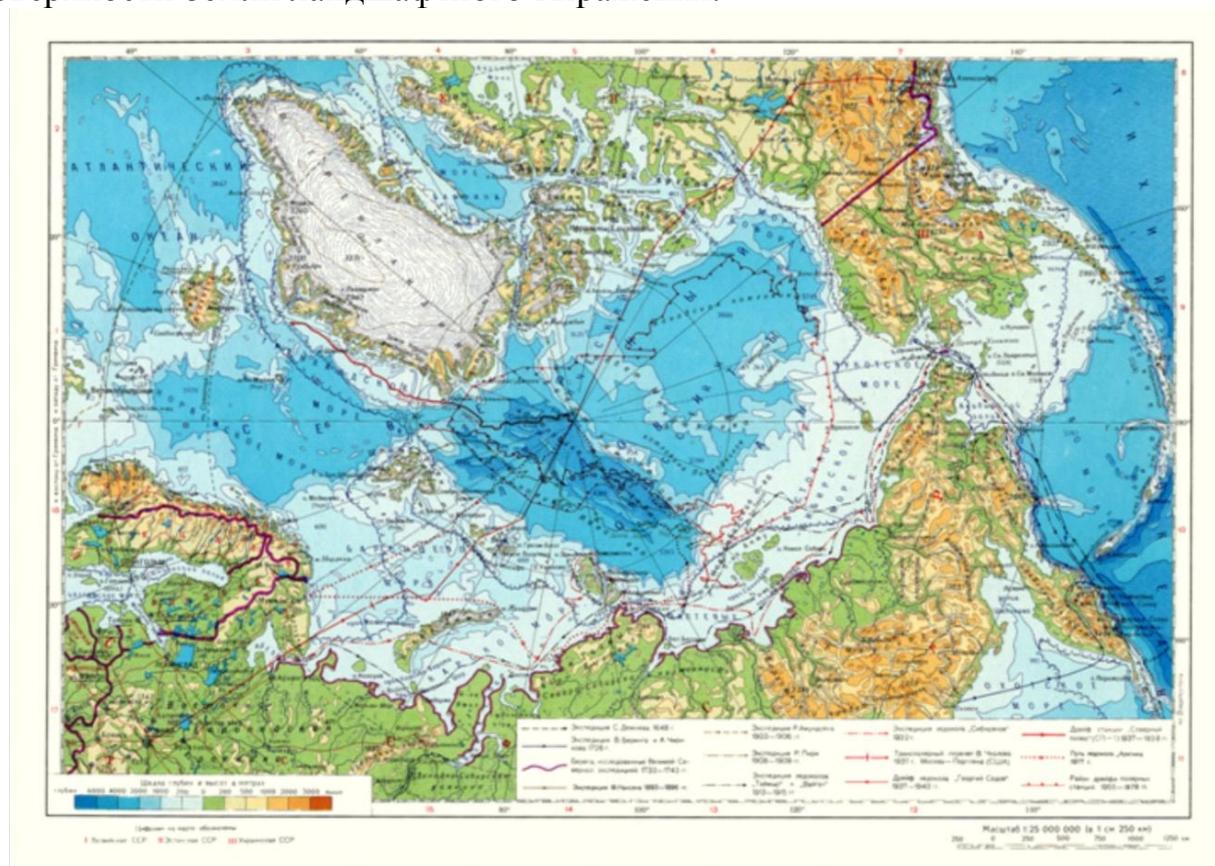


Рис. 1. Географическое положение Арктики



Рис. 2. Географическое положение Сибирской Арктики

Территория сухопутной Арктики севернее полярного круга имеет площадь 14 млн кв. км. Эти земли состоят из крайних северных владений ряда государств. Это Россия, Гренландия, Канада, США, Норвегия, Исландия, Финляндия и Швеция. Канаде и Российской Федерации принадлежит большая часть (80 %), США – 4 %, а скандинавским странам – около 16 %. Третья часть региона – это Северный Ледовитый океан, который омывает Северный полюс. Большую часть года он покрыт льдами.

Однако чаще всего за южную границу Арктики ученые принимают южную границу тундры [7]. В этом случае ее площадь составляет около 27 млн кв. км. Эту границу можно назвать ландшафтно-экологической, так как именно она обуславливает четкую смену тундровых ландшафтов на таежные, а также условия обитания животных и проживания человека. Такое определение имеет вполне определенное физическое выражение на земной поверхности. Несомненным плюсом рассмотренного принципа определения границ является возможность его выполнения по материалам дистанционного зондирования, в том числе и методами компьютерной классификации спектрально-изобразительных данных.

В результате проведенных исследований была составлена карта геосистемного районирования сибирского сектора арктической зоны, расположенного между Енисеем и Леной (рис. 3). В пределах этого сектора выделены подзоны арктической и типичной тундры, горной тундры, а также (частично) лесотундры.

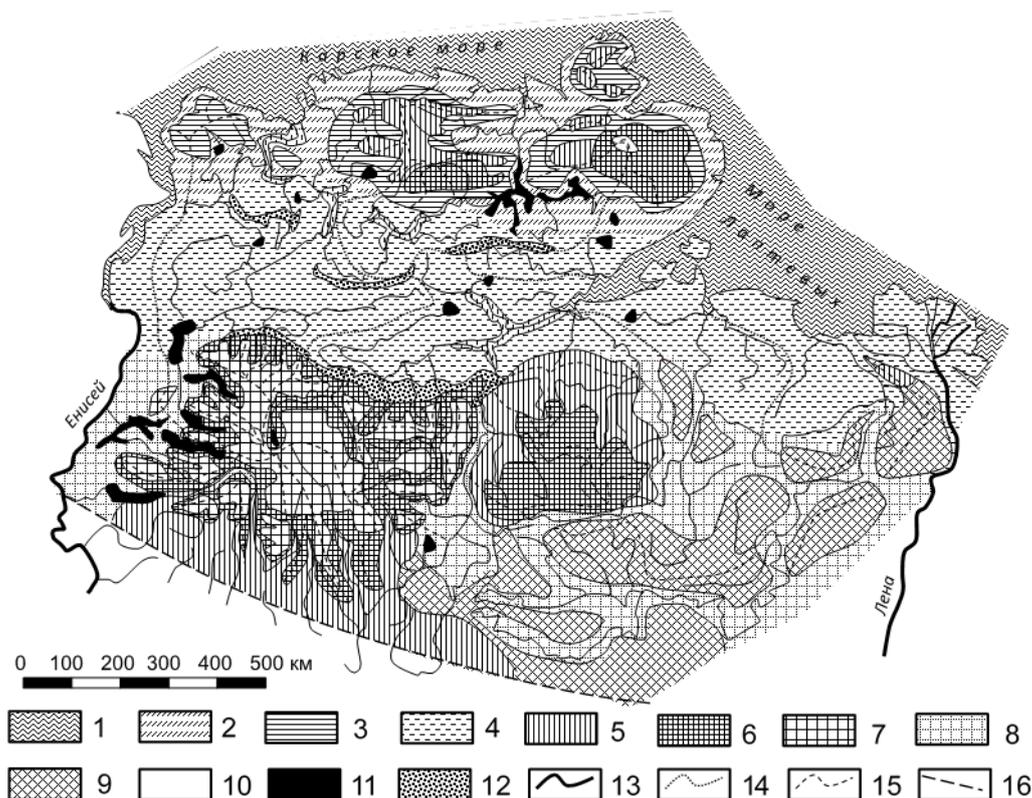


Рис. 3. Геосистемы Сибирской Арктики:

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

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.

Типичная тундра (или средняя тундра) – преимущественно моховая на сильно заболоченных и заозеренных низменных равнинах. Вокруг озер – осоко-пушицевая растительность с небольшой примесью разнотравья и злаков. Появляются ползучие полярные ивы и карликовые березы, скрытые мхами и лишайниками.

Горные тундры начинаются кустарниковым поясом у подножий гор. Выше расположены мохово-лишайниковые тундры с подушкообразными полукустарничками и некоторыми травами. Верхний пояс горных тундр представлен

накипными лишайниками, разреженными приземистыми подушкообразными кустарничками и мхами среди каменных россыпей.

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

Проблемы по совершенствованию технологий и содержания ЦСТК

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 обновлялось со времен существования СССР, их актуальность не выдерживает никакой критики, а обновление традиционными методами требует много времени. Это особенно касается крупномасштабных топографических карт.

Во-вторых, содержание топографических карт и структура их условных знаков также не менялись на протяжении нескольких десятков лет и пришли в противоречие с возможностями и парадигмой современной картографии, а главное – с запросами потребителя. В качестве очевидных слабых мест традиционных топографических карт арктической зоны можно указать:

- слабую передачу различий схожих морфологически, но генетически разных форм;
- недостаточность, выборочность и случайность в отображения криогенных форм;
- бессистемность показа объектов и характеристик гидрографии;
- фрагментарность отражения генетических характеристик грунтов, влияющих на проходимость и динамику рельефа;
- недостаточную дифференциацию структуры мерзлотных форм рельефа;
- недостаточное стандартное сечение и малое количество высотных отметок, искажающие отображение морфологии и морфометрии земной поверхности.

В-третьих, появились новые источники топографической информации (материалы дистанционного зондирования Земли из космоса) и совершенно новые технические и технологические возможности картосоставительского и картоиздательского производства (ГИС-технологии).

В-четвертых, накоплены значительные знания о географических, инженерно-геологических, гидрологических и других особенностях Арктики, что позволяет выполнить оперативное обновление карт.

Решение рассмотренной выше проблемы заключается в реализации следующих научно-исследовательских и практических направлений:

- 1) разработка геоинформационной технологии создания современных электронных топографических карт с использованием ДЗЗ из космоса с учетом важных региональных особенностей Арктики, слабо отраженных на существующих картах;

2) определение географического содержания специализированных топографических карт с отображением следующих природных процессов и явлений:

– широкого распространения в прибрежной Арктике мерзлых грунтов и криогенных форм рельефа (курумов, полигональных поверхностей, бугров пучения, термокарста, солифлюкции и др.);

– снежно-ледовых образований (речных и грунтовых наледей, снежников перелетков, погребенных льдов и др.);

– деградирующих участков обширных затопляемых речных пойм;

– опасных природных процессов и явлений (паводков, селей, лавин, обвалов, оползней, сплывов и др.).

Учитывая перечисленные природные особенности Арктики, к важнейшим направлениям совершенствования содержания современных электронных топографических карт этого региона России относятся проблемы совершенствования отображения на современных топографических картах:

– динамики вод низких прибрежных территорий, в том числе широких дельт крупных сибирских рек, с отображением их максимальных и минимальных (меженных) уровней, с указанием отметок урезов воды при этих уровнях;

– специфических мерзлотных (криогенных) форм рельефа и снежно-ледовых образований с определением их многолетних и сезонных динамических состояний и указанием абсолютных и относительных отметок их характерных точек;

– опасных природных процессов и явлений горных территорий региона: селей, лавин, обвалов, оползней, сплывов, с отображением границ их распространения и указанием их высотных отметок.

Программы по совершенствованию содержания ЦСТК

Внешние признаки процессов промерзания и протаивания проявляются в изменении морфологического облика территории, формировании мерзлотного рельефа, возникающего в результате растрескивания, пучения и просадки грунтов, в особенностях гидрографической сети. Таблицами условных знаков мерзлотные образования учитываются случайно, выборочно, недостаточно. В различных разделах таблиц содержатся различные условные знаки наледей, полигональных поверхностей, поверхностей с буграми. Отдельные рекомендации по отображению мерзлотных форм содержатся в публикациях [9–13], пособиях по топографическим картам [14, 15].

В настоящее время в научной литературе существует более или менее установившееся подразделение мерзлотных образований по их генезису, а именно: полигональные формы, бугры пучения, наледи, солифлюкционные формы, термокарстовые формы [16, 17].

Полигональные формы. В результате систематического растрескивания, происходящего при определенных условиях температуры и влажности рыхлых пород, образуется сеть полигональных трещин с последовательным образованием и накоплением в полигональных трещинах ледяных жил (рис. 4). В то же время, в зависимости от конкретных геологических и географических условий,

развиваются различные формы полигонального рельефа: полигоны валиковые и безваликовые, пятна-медальоны, каменные многоугольники, кольца и т. д. В горных районах полигональный рельеф приурочен к межгорным котловинам, речным долинам, нижним частям склонов [18]. На ранее созданных топографических картах полигональные поверхности отображались одним условным знаком под номером 276 (табл. 1). Исходя из приведенной характеристики полигонов, этого явно недостаточно. Предлагаются усовершенствованные условные знаки полигональных форм рельефа (табл. 2) [18].



Рис. 4. Полигональные формы рельефа на Таймыре

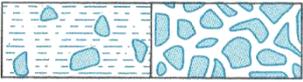
Таблица 1

Условный знак полигональных поверхностей

Номера условных знаков	УСЛОВНЫЕ ЗНАКИ	
	1 : 25 000, 1 : 50 000	1 : 100 000
276		

Таблица 2

Усовершенствованные условные знаки полигональных поверхностей

№ п/п	Условный знак	Объект
ПОЛИГОНАЛЬНЫЕ ФОРМЫ		
Крупнополигональные формы тундровых болот		
1		Полигоны с более сухой центральной частью и заполненными водой трещинами
2		Полигоны валиковые, с мочажинами или озерами в центральной части, окаймленными валиками
Микрополигональные формы		
3		Пятна-медальоны (пятнистая тундра)
4		Каменные многоугольники, кольца
5		Отдельные морозобойные трещины

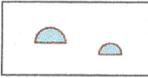
Бугры пучения. К этой группе криогенных форм принадлежат образования, связанные процессами пучения. Выделяют сезонные и многолетние бугры, а также бугры миграционного и напорного пучения (рис. 5). По размерам они бывают от нескольких метров до сотен метров в диаметре, их средняя высота 10–15 м, но встречаются и бугры высотой 30–40 и более метров. Их местоположение используется как косвенный признак дешифрирования. Крупные бугры напорного пучения на топографических картах выражаются горизонталями и сопровождаются пояснительной подписью «лед. холм». Гидролакколиты, не выражающиеся в масштабе карты, логично показать знаком бугра с голубой заливкой внутри, что подчеркнет их внутреннее строение (лед, прикрытый рыхлыми отложениями) и происхождение (табл. 3).



Рис. 5. Бугры пучения на космическом снимке

Таблица 3

Усовершенствованные условные знаки бугров

№ п/п	Условный знак	Объект
БУГРЫ		
6		Бугры напорного пучения (гидролакколиты)
7		Байджарахи

Наледи. Вода, излившаяся под давлением на поверхность или между слоями горных пород, послойно замерзая, образует наледи. По происхождению наледи делятся на поверхностные, которые были образованы речными и озерными водами; подземные, которые были образованы грунтовыми водами

и подрусловными потоками, а также наледы, которые имеют смешанное питание. Наледи классифицируют по времени существования (сезонные и многолетние) и по местоположению (русловые, береговые, склоновые, водораздельные).

Многолетние наледные поляны и места, в которых постоянно образуются стаивающие (сезонные) наледы, предлагается показать по характеру растительного покрова, русла, грунта и т. д. (табл. 4). Среди других мерзлотных форм наледи обычно существенно выделяются своими размерами. Местами они достигают площади в несколько десятков квадратных километров (например, наледь Улахан-Тарын в долине р. Момы протягивается вдоль долины реки на 26 км при ширине 6–8 км) (рис. 6).

Таблица 4

Усовершенствованные условные знаки наледей

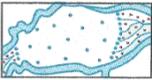
№ п/п	Условный знак	Объект
НАЛЕДИ (речные, озерные, грунтовые)		
8		Многолетние
9		Сезонные



Рис. 6. Наледь в долине р. Момы

При картографировании крупных и гигантских наледей важно передать границы их положения и выделить многолетние наледные поляны с характеристикой их микрорельефа, к которой относятся прослеживающиеся русла, бугристость, скопление талых вод.

Солифлюкционные формы представлены различными образованиями, которые соответствуют двум основным типам процесса: быстрой и медленной солифлюкции. Наибольшее развитие и освещение в литературе получили формы рельефа, связанные с медленным солифлюкционным течением. К ним относятся солифлюкционные потоки, террасы, валы и гряды, покровы.

Среди предлагаемых обозначений солифлюкционных форм, дающих на снимке мягко очерченные контуры (общий знак), мы выделяем четко выраженные в рельефе нагорные террасы (табл. 5).

Таблица 5

Предлагаемые условные обозначения солифлюкций

№ п/п	Условный знак	Объект
СОЛИФЛЮКЦИОННЫЕ ФОРМЫ		
10		Солифлюкционные террасы, наплывы, валы, гряды
11		Четко выраженные нагорные террасы
12		Делли

Термокарстовые формы. Сущность явлений термокарста определяется в научной литературе как процесс вытаявания подземного льда, содержащегося в рыхлых горных породах, сопровождающийся местным проседанием поверхности почвы и образованием отрицательных форм рельефа (рис. 7).



Рис. 7. Формы термокарстового происхождения

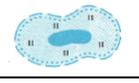
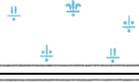
Морфологические проявления термокарста очень разнообразны в зависимости от типа подземных льдов, площади, захваченной процессом, степени его развития, рельефа первичной поверхности и т. д. Это разнообразие увеличивается еще тем, что термокарстовый процесс осложняется сопутствующими процессами: суффозией, солифлюкцией, гравитацией и т. д.

Широкое развитие термокарста создает специфическое строение поверхности термокарстового ландшафта. Из всего многообразия форм в содержание карт целесообразно включить наиболее типичные и часто встречающиеся. Среди них термокарстовые озера в разных стадиях развития, аласы, котловины оседания, провалы, воронки, западины, блюдца, бугристо-западинные формы, байдажарахи.

Все мезо- и микроформы термокарстового происхождения видны на аэроснимках практически всех масштабов (см. рис. 7). Предлагаемые способы изображения термокарстового рельефа (табл. 6) выбраны в зависимости от морфологического облика и характера их распространения – локализованные знаки для крупных форм, выражающихся в масштабе карты; ареалы распространения – для мелких форм.

Таблица 6

Предлагаемые способы изображения термокарстового рельефа

№ п/п	Условный знак	Объект
ТЕРМОКАРСТОВЫЕ ФОРМЫ		
13		Термокарстовые озера: – выражающиеся в масштабе карты;
14		– < 2 кв. мм в масштабе карты
15		Котловины частично спущенных озер: – в стадии обмеления
16		– в стадии зарастания
17		Котловины полностью спущенных озер (типа аласов)
18		Термокарстовые воронки, не выражающиеся в масштабе карты
19		Мелкие термокарстовые западины и блюдца
20		Бугристо-западинные формы

Генетическая однородность подчеркнута определенным цветом (темно-голубым), рекомендуемым для отображения всех форм указанного происхождения.

Генезис озер и котловин термокарстового происхождения подчеркивается знаком термокарста (голубая точка), который дополняет береговую линию озера. В рисунках условных знаков подчеркнута динамичность мерзлотного рельефа. Например, котловины озер показаны в стадии обмеления, зарастания, полностью спущенные и т. п.

Технологическая схема создания ЦСТК

Технология создания ЦСТК Сибирской Арктики включает *три этапа*.

1. *Этап сбора и обработки картографических материалов* заключается в подборе данных ДЗЗ, топографических карт прошлых лет, тематических атласов на район Арктики, данных полевых экспедиций.

2. *Этап создания ЦСТК* является основным, включает непосредственно обработку спутниковых снимков с последующей векторизацией, экспортом в программы ГИС и доработкой.

3. *Этап публикации (издания) ЦСТК* включает итоговое оформление карты, подготовку к изданию и издание (печать) (рис. 8) [19–21].

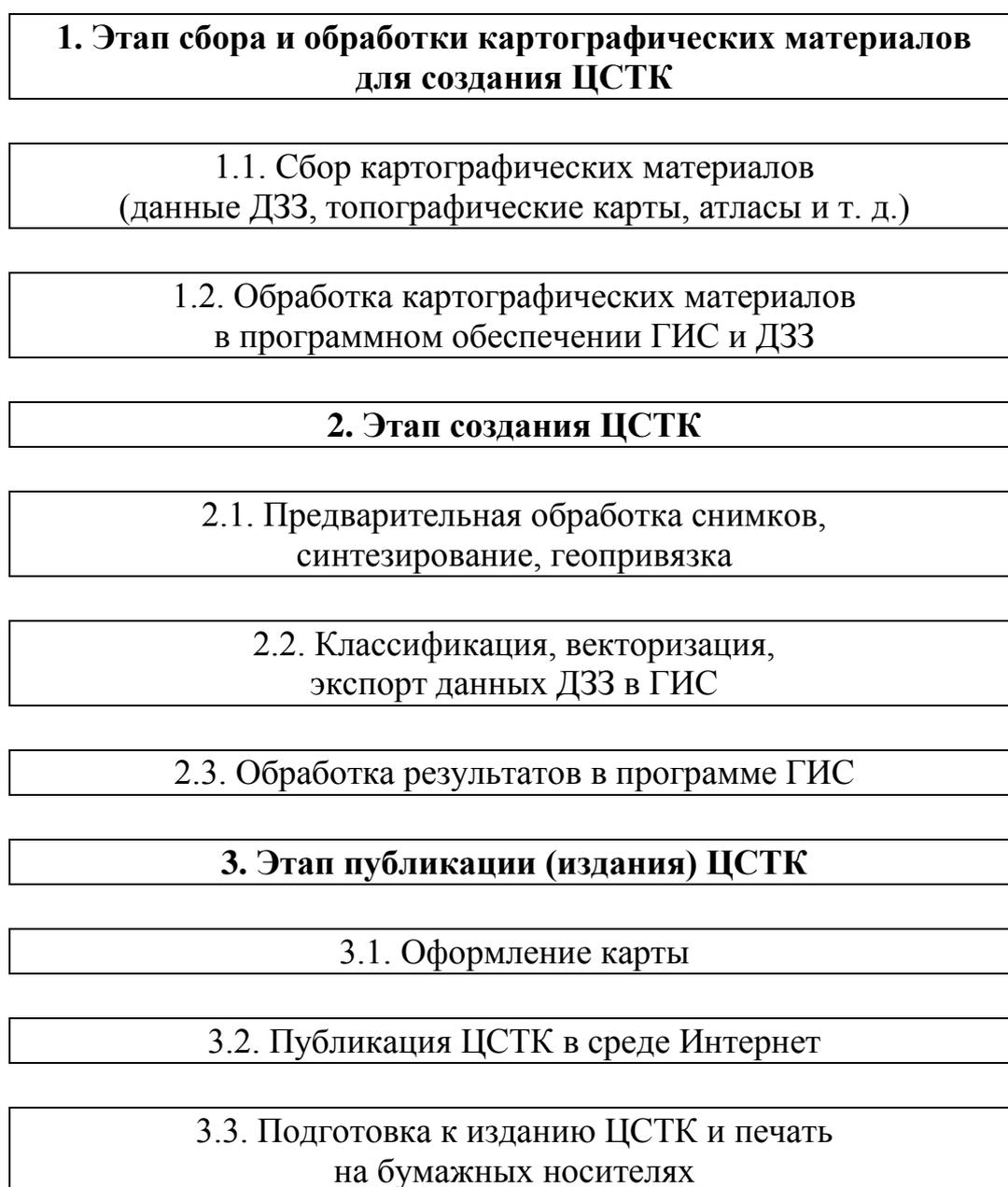


Рис. 8. Принципиальная технологическая схема создания ЦСТК

Технология создания ЦСТК нацелена на совместное использование ГИС-технологий и данных ДЗЗ [20]. ГИС-технологии позволяют повысить эффективность картографического производства, в свою очередь, оно связано с широким использованием данных ДЗЗ и составлением актуального картографического материала.

Получение космических снимков Landsat-8. Для создания специализированной топографической карты района сибирской зоны Арктики в масштабе 1 : 1 000 000 и отдельных фрагментов в масштабе 1 : 100 000 использованы космические снимки со спутника Landsat-8. В соответствии с политикой распространения данных Landsat, снимки не имеют копирайта, не ограничены количеством копий и распространяются свободно и бесплатно из глобального архива USGS (Геологическая служба США).

Глобальный архив USGS позволяет получить снимки всей серии спутника Landsat, начиная с Landsat-1, с возможностью выбора заданных параметров: временной промежутка (конкретные дни, месяцы), в который выполнялась съемка; процент облачного покрытия.

Экспериментальным районом работ избран полуостров Таймыр. Используются снимки за май 2019 г. с облачным покрытием не более 15 %. Загрузка выбирается в виде архива, содержащего в себе данные в формате GeoTIFF, для дальнейшей обработки в программном комплексе ENVI.

Синтезирование полученных снимков. Автоматизированное дешифрирование можно выполнять на мультиспектральных снимках и на выходе получать карты классификации. Однако для устранения возможных неточностей автоматизированного дешифрирования целесообразно применение дополнительного визуального дешифрирования. Для этих целей необходимы снимки различного синтеза как в естественных цветах, так и в неестественных.

Для синтеза космических снимков Landsat-8 в естественных цветах используют следующие каналы: 2 (синий), 3 (зеленый) и 4 (красный). Программный комплекс ENVI позволяет выполнять различные комбинации каналов для синтеза.

Процедуре синтеза предшествует процедура скачивания необходимых архивов снимков и их распаковка.

После синтеза появляется возможность сохранить файл в необходимом формате для дальнейшей векторизации и использования в ГИС. После создания многоканального файла, хранящегося в памяти, его можно сохранить в нужном формате.

Автоматизированная классификация и векторизация. При картографировании больших территорий в мелких и средних масштабах целесообразно применение автоматизированного дешифрирования космических снимков. Программный комплекс ENVI позволяет выполнять автоматизированное дешифрирование (классификацию) с обучением (контролируемое) и без обучения (неконтролируемое).

Классификация является одной из главных задач обработки спутниковых изображений при составлении карт и требует применения специализиро-

ванных программных комплексов, поэтому очевидна необходимость рассмотрения ее применения при использовании специализированного программного обеспечения.

Под процессом классификации изображения будем понимать процесс количественного отбора данных из изображения и группирования точек или частей изображения в классы, предназначенные для представления различных физических объектов или типов. Результатом выполнения процесса классификации изображения будут являться карты классификации. Основные технологии классификации изображения используют радиометрические данные изображения.

В зависимости от параметров космических снимков и характеристик картографируемой территории могут использоваться методы контролируемой, а также неконтролируемой классификации.

Обработка результатов классификации в среде ГИС. После обработки спутниковых снимков в программном комплексе ENVI выполняется их импорт в программный комплекс ГИС «Панорама», в котором выполняется дальнейшее редактирование и оформление карты. Редактирование включает в себя анализ выполненной автоматизированной классификации, а также визуальное дешифрирование различных объектов и явлений, которые невозможно дешифрировать при автоматической обработке.

Заключение

Результатом работы предлагается проект легенды ЦСТК (на примере природных комплексов полуострова Таймыр) (рис. 9).



Рис. 9. Проект специализированного содержания цифровой специализированной топографической карты

Реализация научного направления рассмотренной концепции создает методологические и методические основы разработки содержания специализированных топографических карт, рассчитанных на применение в условиях Сибирской Арктики и учитывающих указанные выше особенности региона, что существенно повысит достоверность и информационную емкость топографических карт.

Реализация технологического направления позволит организовать составление специализированных топографических карт Сибирской Арктики на основе интеграции классических методов составления, методов обработки материалов дистанционного зондирования Земли из космоса и ГИС-технологий, что существенно повысит оперативность и степень автоматизации составительского и издательского процессов.

В настоящее время начата разработка Программы цифрового специализированного картографирования Сибирской Арктики от Енисейского залива до устья Лены, включая полуостров Таймыр, Северо-Сибирскую низменность, плато Путорана и север Среднесибирского плоскогорья, а также побережья Карского моря и моря Лаптевых, Новую Землю и другие арктические острова.

Учитывая многосторонний интерес к проблеме изучения и картографирования арктического побережья России, данная Программа подготавливается для согласования в Росреестре и Военно-топографическом управлении Генерального штаба Министерства обороны Российской Федерации (ВТУ ГШ МО РФ). Ее авторы также рассчитывают на поддержку Русского географического общества по вопросам организации совместных экспедиций в Сибирскую Арктику.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Журавель В. П. Вызовы и угрозы военной безопасности в Арктике // Научно-аналитический вестник ИЕ РАН. – 2018. – № 2. – С. 217–224.
2. 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. № 1. – С. 164–171.
3. Ступин В. П., Пластинин Л. А. Возможности использования открытых материалов ДЗЗ для картографирования динамики берегов водохранилищ // 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. 172–177.
4. Принципы разработки специализированной топографической карты Сибирской Арктики / Л. А. Пластинин, В. П. Ступин, Б. Н. Олзоев, Н. В. Котельникова // 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. № 1. – С. 185–190.
5. Пластинин Л. А. Дистанционно-картографическое изучение нивально-гляциальных комплексов горных районов Сибири (морфология и динамика ледников, снежников и наледей хребта Кодар в Забайкалье) : монография. – Иркутск : изд-во ИрГТУ, 1998. – 142 с.

6. Верещака Т. В. Топографические карты. Научные основы содержания : монография. – М. : МАИК «Наука/Интерпериодика», 2002. – 319 с.
7. Ступин В. П. Картографирование морфосистем : монография. – Иркутск : Изд-во ИрГТУ, 2009. – 160 с.
8. Арктическая энциклопедия. Растительность, животный мир, охрана природы / ред. раздела Т. Я. Воробьева. – М. : Паулсен, 2017. – 246 с.
9. Богомолов Л. А. Дешифрирование аэроснимков : учебник. – М. : Недра, 1976. – 145 с.
10. Вольпе Р. И. Пособие по редактированию топографических карт масштаба 1 : 25 000 // Тр. ЦНИИГАиК. – М. : Недра, 1978. – С. 86.
11. Григорьев А. А. Космическая индикация ландшафтов Земли. – Л. : Изд-во ЛГУ, 1975. – 166 с.
12. Космакова О. П. Редакционная работа при создании карт масштаба 1 : 25 000 в Восточно-Сибирском АГП // Геодезия и картография. – 1959. – № 4. – С. 24–30.
13. Ягушкин В. И. Наледи и их отображение на топографических картах // Геодезия и картография. – 1970. – № 2.
14. Альбом образцов изображения рельефа на топографических картах. – М. : ГУГК СССР, 1968. – 59 с. (Тр. ЦНИИГАиК, вып. 184).
15. Альбом образцов топографического дешифрирования снимков. – М. : Недра, 1967. – 55 с. (Тр. ЦНИИГАиК, вып. 180).
16. Леонтьев О. К., Рычагов Г. И. Общая геоморфология : учебник. – М. : Высш. шк., 1979. – 286 с.
17. Попов А. И. Альбом криогенных образований в земной коре и рельефе. – М. : Изд-во МГУ, 1973. – 55 с.
18. Пластинин Л. А., Хоанг Зыонг Хуан, Сыренов Д. Г. К программе электронной топографо-тематической карты, создаваемой с использованием ГИС и ДЗЗ // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2014. X Междунар. науч. конгр. (8–18 апреля 2014 г., Новосибирск) : 5-я Междунар. конф. «Раннее предупреждение и управление в кризисных ситуациях в эпоху «Больших данных»: сб. материалов. – Новосибирск : СГГА, 2014. – С. 232–236.
19. Олзоев Б. Н., Хоанг Зыонг Хуан Методика создания цифровых топографо-тематических карт с использованием ГИС и ДЗЗ из космоса // Материалы II Всерос. молодежной научно-практ. школы-конф. «Наука о Земле. Современное состояние». – Новосибирск. – 2014. – С. 285–287.
20. Карманова М. В., Комиссарова Е. В. Разработка условных обозначений для цифровой системы картографического обеспечения // Вестник СГУГиТ. – 2019. – Т. 24, № 1. – С. 97–118.

Получено 10.10.2019

© Л. А. Пластинин, В. П. Ступин, Б. Н. Олзоев,
Н. В. Котельникова, М. Б. Селезнев, 2019

PROBLEMS AND PROGRAMS OF THEIR SOLUTION WHEN CREATING DIGITAL SPECIALIZED TOPOGRAPHIC MAPS OF THE SIBERIAN ARCTIC

Leonid A. Plastinin

Irkutsk National Research Technical University, 83, Lermontov St., Irkutsk, 664074, Russia, D. Sc., Scientific Adviser of Space Technology and Services Center, Professor, Department of Mine Surveying and Geodesy, phone: (950)122-27-23, e-mail: irkplast@mail.ru

Vladimir P. Stupin

Irkutsk National Research Technical University, 83, Lermontov St., Irkutsk, 664074, Russia, D. Sc., Leading Researcher of Space Technology and Services Center, Professor, Department of Mine Surveying and Geodesy, phone: (964)103-08-10, e-mail: stupinigu@mail.ru

Boris N. Olzoev

Irkutsk National Research Technical University, 83, Lermontov St., Irkutsk, 664074, Russia, Ph. D., Technical Director of Space Technology and Services Center, Associate Professor, Department of Mine Surveying and Geodesy, phone: (914)927-05-88, e-mail: bnolzoev@yandex.ru

Nadegda V. Kotelnikova

Irkutsk National Research Technical University, 83, Lermontov St., Irkutsk, 664074, Russia, Ph. D, Associate Professor, Department of Mine Surveying and Geodesy, phone: (908)656-17-27, e-mail: kosmos@istu.edu

Mikhail B. Seleznyov

Irkutsk National Research Technical University, 83, Lermontov St., Irkutsk, Russia, 664074, Ph. D. Student, Department of Mine Surveying and Geodesy, phone: (904)119-24-33, e-mail: virposha@gmail.com

The goal is the development and justification of new map signs for digital specialized topographic maps. Methods - geoinformation mapping, automated processing of space images. Results: the main problems of using signs for the regions of the Siberian Arctic are considered; results of visual analysis for the practical use of space data for mapping the nature of the Arctic zone are presented; the improved signs of objects for the Arctic landscape on specialized topographic maps are presented; the technological scheme for creating digital specialized topographic maps is briefly described and a draft of the specialized legend content of such maps is presented. As a result, there was proposed a program for specialized digital mapping of the Siberian Arctic from the Yenisei Gulf to the mouth of the Lena, including the Taimyr Peninsula, the North Siberian Lowland, the Putorana Plateau and the north of the Central Siberian Plateau.

Key words: Siberian Arctic, digital specialized topographic maps, Landsat satellite images, technological map creation scheme, automated processing of space images, geographical regionalization, improvement of map technology and content, types of map signs.

REFERENCES

1. Zhuravel, V. P. (2018). Challenges and threats to military security in the Arctic. *Nauchno-analiticheskii vestnik IE RAN [Scientific and Analytical Bulletin of the IE RAS]*, 2, 217–224 [in Russian].
2. Stupin, V. P. (2019). Justification of the borders of the Siberian Arctic in the interests of compiling specialized topographic maps. In *Sbornik materialov Interekspo GEO-Sibir'-2019: Mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii: T. 1. Geodeziya, geoinformatika, kartografiya, marksheyderiya [Proceedings of Interexpo GEOSiberia-2019: Vol. 1. International Scientific Conference: Geodesy, Geoinformatics, Cartography, Mine Survey]* (pp. 164–171). Novosibirsk: SSUGT Publ. [in Russian].
3. Stupin, V. P., & Plastinin, L. A. (2019). Possibilities of using open remote sensing materials for mapping the dynamics of reservoir shores. In *Sbornik materialov Interekspo GEO-Sibir'-2019: Mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii: T. 1. Geodeziya, geoinformatika, kartografiya, marksheyderiya [Proceedings of Interexpo GEOSiberia-2019: Vol. 1. International Scientific Con-*

ference: *Geodesy, Geoinformatics, Cartography, Mine Survey*] (pp. 172–177). Novosibirsk: SSUGT Publ. [in Russian].

4. Plastinin, L. A., Stupin, V. P., Olzoev, B. N., & Kotelnikova, N. V. (2019). Principles of developing a specialized topographic map of the Siberian Arctic. In *Sbornik materialov Interekspo GEO-Sibir'-2019: Mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii: T. 1. Geodeziya, geoinformatika, kartografiya, marksheyderiya [Proceedings of Interexpo GEOSiberia-2019: Vol. 1. International Scientific Conference: Geodesy, Geoinformatics, Cartography, Mine Survey]* (pp. 185–190). Novosibirsk: SSUGT Publ. [in Russian].

5. Plastinin, L. A. (1998). *Dstantsionno-kartograficheskoe izuchenie nival'no-glyatsial'nykh kompleksov gornyykh rayonov Sibiri (morfologiya i dinamika lednikov, snezhnikov i naledey khrebt Kodar v Zabaykal'e) [Remote-cartographic study of nival-glacial complexes in the mountainous regions of Siberia (morphology and dynamics of glaciers, snowfields and icings of the Kodar Range in Transbaikalia)]*. Irkutsk: ISTU Publ., 142 p. [in Russian].

6. Vereshchaka, T. V. (2002). *Topograficheskie karty. Nauchnye osnovy sodержaniya [Topographic maps. Scientific basis of the content]*. Moscow: MAIK "Science / Interperiodica", 319 p. [in Russian].

7. Stupin, V. P. (2009). *Kartografirovaniye morfosistem [Mapping of morphosystems]*. Irkutsk: ISTU Publ., 160 p. [in Russian].

8. Vorob'eva, T. Ya (2017). *Arkticheskaya entsiklopediya. Rastitel'nost', zhivotnyy mir, okhrana prirody [Arctic Encyclopedia. Vegetation, fauna, nature conservation]*. Moscow: Paulsen Publ., 246 p. [in Russian].

9. Bogomolov, L. A. (1976). *Deshifrirovaniye aerosnimkov [Decoding of aerial photographs]*. (1976). Moscow: Nedra Publ., 145 p. [in Russian].

10. Volpe, R. I. (1978). A manual for editing topographic maps on a scale of 1 : 25 000. *Trudy TSNIIGAIK [Proceedings of the Central Research Institute of Geodesy and Cartography]*. Moscow: Nedra Publ., p. 86. [in Russian].

11. Grigoryev, A. A. (1975). *Kosmicheskaya indikatsiya landshaftov Zemli [Space indication of landscapes of the Earth]*. Leningrad: Leningrad State University Publ., 166 p. [in Russian].

12. Kosmakova, O. P. (1959). Editorial work when creating scale maps 1:25 000 in the East Siberian AGP. *Geodeziya i kartografiya [Geodesy and Cartography]*, 4, 24-30 [in Russian].

13. Yagushkin, V. I. (1970). Land deposits and their display on topographic maps / *Geodeziya i kartografiya [Geodesy and Cartography]*, 2 [in Russian].

14. Album of relief image samples on topographic maps (1968). *Trudy TSNIIGAIK: Vyp. 184 [Proceedings of the Central Research Institute of Geodesy and Cartography: Issue 184]*. Moscow: GUGK USSR, 59 p. [in Russian].

15. Album of samples of topographic interpretation of images (1967). *Trudy TSNIIGAIK: Vyp. 180 [Proceedings of the Central Research Institute of Geodesy and Cartography: Issue 180]*. Moscow: Subsoil, 55 p. [in Russian].

16. Leontyev, O. K., & Rychagov, G. I. (1979). *Obshchaya geomorfologiya [General geomorphology]*. Moscow: Higher School Publ., 286 p. [in Russian].

17. Popov, A. I. (1973). *Al'bom kriogennykh obrazovaniy v zemnoy kore i rel'efe [Album of cryogenic formations in the earth's crust and relief]*. Moscow: Moscow State University Publ., 55 p. [in Russian].

18. Plastinin, L. A., Hoang Zyong Huang, & Syrenov, D. G. (2014). To the program of electronic topographic-thematic map created using GIS and remote sensing. In *Sbornik materialov Interekspo GEO-Sibir'-2014: Mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii: Rannee preduprezhdenie i upravlenie v krizisnykh situatsiyakh v epokhu "Bol'shikh dannykh" [Proceedings of Interexpo GEOSiberia-2014: Early Warning and Crisis Management in the Era of "Big Data"]* (pp. 164–171). Novosibirsk: SSUGT Publ. [in Russian].

19. Olzoev, B. N., & Hoang Zyong Huang. (2014). Methodology for creating digital topographic-thematic maps using GIS and remote sensing from space. In *Sbornik materialov II Vserossiyskoy molodezhnoy nauchno-prakticheskoy shkoly-konferentsii: Nauka o Zemle. Sovremennoe sostoyanie [Proceedings of the II All-Russian Youth Scientific and Practical School-Conference: Earth Science. The Current State]* (pp. 285–287) [in Russian].

20. Karmanova, M. V., Komissarova, E. V. (2019). Improvement of emergency map legend. *Vestnik SGUGiT [Vestnik SSUGT]*, 24(1), 97–118 [in Russian].

Received 10.10.2019

© *L. A. Plastinin, V. P. Stupin, B. N. Olzoev,
N. V. Kotelnikova, M. B. Seleznev, 2019*