

УДК 581.55:911.52(1-924.81)

МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ КРУПНОМАСШТАБНОГО КАРТОГРАФИРОВАНИЯ РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА ЛЕСОТУНДРЫ¹

SPECIAL TRAITS OF THE LARGE-SCALE MAPPING IN FOREST-TUNDRA ZONE



© **Лошкарёва** Александра Романовна, руководитель отдела «Информационный центр» НП «Прозрачный мир» (г. Москва).
E-mail: aleshkareva@transparentworld.ru

© **Loshkareva** Alexandra Romanovna, Head of Department 'Information center' NP 'Transparent world' (Moscow, Russia).
E-mail: aleshkareva@transparentworld.ru

© **Королёва** Наталья Евгеньевна, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории флоры и растительности

Полярно-альпийского ботанического сада-института имени Н. А. Аврорина КНЦ РАН (г. Кировск).
E-mail: flora012011@yandex.ru



© **Koroleva** Natalia Evgenievna, Ph. D. in Biology, Senior Researcher of the Laboratory of flora and vegetation of Polar-Alpine Botanical Garden-Institute after N. A. Avrorin KSC RAS (Kirovsk, Russia).
E-mail: flora012011@yandex.ru

Аннотация. В статье обсуждаются методические особенности выполнения геоботанического картографирования современной растительности лесотундрового района на севере Кольского полуострова на основе космических снимков и полевой геоботанической съемки, приводится краткая характеристика сообществ березовых криволесий и редколесий, болот и тундры, иллюстрируются особенности их отображения на карте

Ключевые слова: крупномасштабные карты растительности, космические снимки Landsat TM, легенда карты, структура растительного покрова, тундра, лесотундра, болота, Мурманская область, Кольский полуостров

Abstract. Some special characteristics and process of large-scale mapping of forest-tundra zone in the northern part of Kola Peninsula are discussed and illustrated. Vegetation types of mountain birch forest, wetlands and tundra are characterized

Keywords: large-scale vegetation map, space images Landsat TM, legend, structure of vegetation, tundra, forest-tundra, mires, Murmansk province, Kola Peninsula

¹ Номенклатура: Названия растений и лишайников: Игнатов, Афолина, 1992; Константинова и др., 1992; Mossberg et Stenberg, 2003; Santesson et al., 2004.

Введение

Картографирование области экотона между природными зонами иногда вызывает затруднения. Возможно поэтому лесотундра на севере Мурманской области на разных современных картах изображена различным образом. Так, на Карте наземных экосистем Северной Евразии [1], созданной по данным спутникового прибора SPOT-Vegetation с пространственным разрешением около 1 км, лесотундра Кольского полуострова попала в класс «леса в комплексе с другой естественной растительностью». На Карте растительного покрова России [25], созданной на основе классификации космических снимков при использовании космических снимков TERRA MODIS с пространственным разрешением 250 м, лесотундра показана как «редкостойные лиственные леса». Есть разночтения в изображении растительного покрова лесотундры Мурманской области и на серии карт природных зон и основных типов растительного покрова северо-западной России (1:7 500 000) [22], которая доступна для просмотра и в более крупном масштабе (<http://gis.transparentworld.ru/gapnw/>).

В целом, крупномасштабных карт растительности Мурманской области опубликовано очень немного: это, например, карта растительности Лапландского заповедника 1:50 000 [16], карта растительности центральной части Мурманской области 1:100 000 [19]. Некоторые карты опубликованы в очень ограниченном количестве (в виде диссертаций и отчетов) [3; 17 и др.]. Большинство этих карт сделано в тайге и тундре. Между тем, для прояснения структуры и изучения динамики биома, пограничного между тайгой и тундрой, для инвентаризации оленьих пастбищ, для сбалансированного лесного хозяйства и охраны природы особенно важно картографирование растительного покрова лесотундры. Карта в данном случае может стать для геоботанических и географических исследований источником важнейшей информации именно благодаря своей обзорности и наглядному представлению материала [26].

Цель данной статьи — рассмотреть некоторые методические особенности процесса создания крупномасштабной карты растительности участка на севере Кольского полуострова, в районе озера Канентъяв — среднего течения реки Териберки, на основе использования данных космических снимков и полевых наблюдений.

Материалы и методы полевых исследований

Район работ располагался в северной части Кольского полуострова к востоку от Мурманска, в районе озера Канентъявр — среднего течения реки Териберки, на северной границе лесотундры (рис. 1), его площадь около 1400 кв. км. Для оценки растительного покрова территории был использован космический снимок Landsat TM с пространственным разреше-

нием 30 м. Во время полевых исследований 2009—2012 гг. проведено сопоставление ландшафтно-растительных контуров на местности с контурами, выявленными на космическом снимке, а также маршрутная геоботаническая съемка, во время которой выполнено около 200 геоботанических описаний во всех представленных типах растительных сообществ с точной привязкой по географическим координатам, определенным с помощью спутникового навигатора GPS. Геоботанические описания выполнены по принятой методике, размер пробной площади в березовых криволесьях и редколесьях — 100 кв. м, в тундрах — 4 кв. м, на болотах размер зависел от степени гетерогенности растительного покрова. Так, в сообществах болот с относительно однородным характером растительного покрова (ковры, топи, кустарниковые ивняки) описание делалось на площади 25 кв. м, но обычно элементы болотных массивов (бугры, гряды, мочажины, болотные окрайки и др.) описывались в естественных границах. Проективное покрытие видов оценивалось по 7-балльной шкале Браун-Бланке (r — редко; + — покрытие менее 1 %; 1 — покрытие менее 5 %; 2 — покрытие 5—25 %; 3 — покрытие 25—50 %; 4 — покрытие 50—75 %; 5 — покрытие 75—100 %).

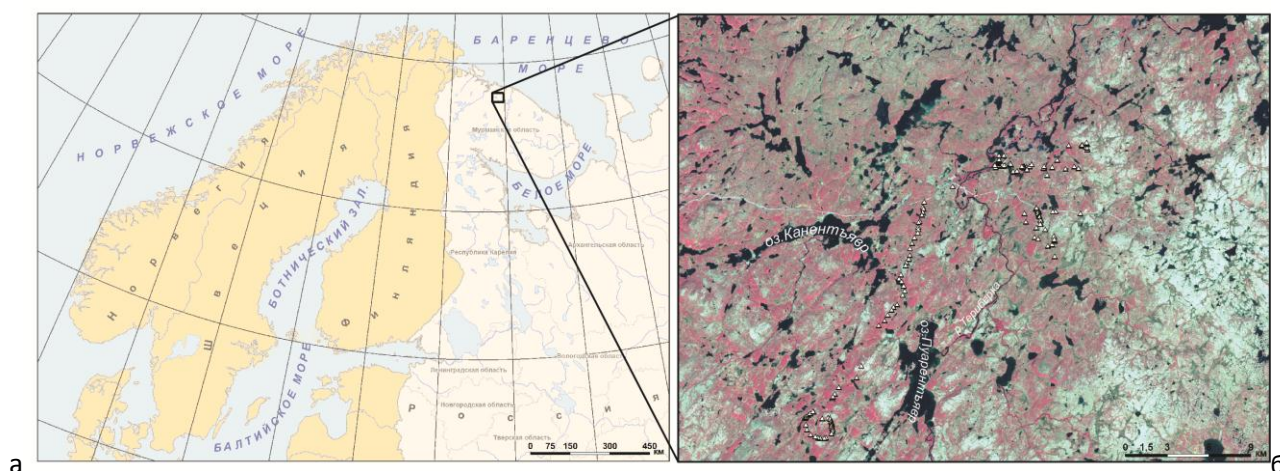


Рис. 1. Район исследования: а — расположение на карте, б — фрагмент снимка Landsat TM на территории исследования, с отмеченными точками полевых описаний

Рельеф, геоморфология, гидрография. Геологическая основа района исследования — архейские и протерозойские кристаллические породы, переработанные карельской складчатостью. Характер рельефа расчлененный, холмисто-грядовый, с относительным превышением высот до 200 м, выражен в чередовании тектонических морфоструктур с выположенными (иногда платообразными) вершинами моренных холмов и гряд, заболоченных понижений и долин ручьев и рек. Максимальная высота — гора Дальняя (389 м над уровнем моря), отметки урезов рек и озер находятся в среднем на 180 м над уровнем моря. Гидрографическая сеть представлена относительно крупными реками Колъйок и Те-

риберка, ручьями и многочисленными озерами, крупные реки имеют узкие участки развитой поймы.

Почвообразующие породы — щебнистая морена, элювий кристаллических коренных пород, в древней долине реки Териберки — мощные песчаные флювио-гляциальные отложения, а в бессточных ложбинах и заболоченных долинах — торфяные отложения. Пересеченный рельеф, близость водоупорного горизонта и гумидный характер климата обусловили высокую заболоченность территории, особенно в долинах ручьев, по берегам озер и в межхолмовых долинах. На бугристых болотах в 25—30 см от поверхности бугра в конце июня — середине июля было отмечено мерзлое торфяное ядро.

Гетерогенность физико-географической среды прослеживается в чередовании тундровых и лесных сообществ, а также болотных комплексов в сочетании с многочисленными озерами.

Картографирование растительного покрова района исследования

Выбор снимка. Источником для составления карты в масштабе 1:50 000 был выбран космический снимок с пространственным разрешением от 10 до 30 м, который, кроме того, должен удовлетворять таким требованиям, как отсутствие на нем облачности, выполнение съемки в период активной вегетации растений, значительный пространственный охват, доступность и цена. Всем этим требованиям отвечал снимок Landsat TM от 5 июля 2005 г. с пространственным разрешением 30 м. Кроме того, для учета появившихся антропогенных объектов (таких, как новые карьеры и дороги к ним) использовали снимок с небольшим облачным покрытием от 12 июня 2011 г. Была предпринята попытка использования зимних снимков для отделения облесенных территорий от безлесных. Однако она не была успешной, так как на отдельных участках высота снежного покрова превышает высоту деревьев и, следовательно, облесенные районы не могли быть выделены достоверно.

Составление легенды. К легенде карты растительности предъявлялись следующие требования: классы легенды должны быть различимы на космическом снимке; легенда должна полностью описывать видимую на снимке растительность в пределах выбранного участка исследования (то есть на карте не должно оставаться белых пятен, не относящихся ни к одному из классов легенды), быть системной (то есть описывать растительность от общего к частному), а также показывать однозначное соответствие между растительным сообществом на местности и его описанием в легенде.

В основу построения легенды положена типология растительности на базе эколого-флористической классификации и компьютерной кластеризации растительных сообществ

тундр, березовых криволесий и болот Мурманской области [8; 9; 28]. Кроме того, при выделении и описании типов растительных сообществ были использованы наиболее существенные характеристики местообитания: для криволесий и редколесий и для тундр — топографическое положение сообществ и характер увлажненности, для болот — характер микрорельефа и степень обводненности. Выбор эколого-флористического метода классификации обусловлен его «экологичностью» и возможностью анализа через флористический состав сообщества, особенностей его местообитания, географического положения и ценотических связей, а также наличием разработанной методологии описания, характеристики и номенклатуры выделенных единиц [14]. Привлечение характеристик местообитания практикуется в эколого-топологической классификации растительности, в частности болот [12], и дает возможность при картографировании растительности опираться на значимую для нее информацию топографических карт. Эту информацию мы использовали при экстраполяции данных о растительности, полученных в ходе маршрутной съемки, на другие районы ключевого участка.

Легенда карты построена по иерархическому принципу. В пределах основных категорий подразделения растительного покрова размещены в порядке их смены с севера на юг, а для болот — от более обводненных к более сухим. В качестве заголовков легенды использованы типы растительности — криволесья и редколесья, тундры, болота. Основные единицы легенды в зональных березовых криволесьях по объему соответствуют ассоциациям эколого-флористической классификации (группам ассоциаций эколого-фитоценотической (доминантной) классификации). В долинных березовых криволесьях, тундрах и болотах классы легенды — это территориальные (хорологические) единицы. В тундрах они соответствуют комплексу ассоциаций одного союза эколого-флористической классификации (комплексу формаций доминантной классификации). Классы легенды на болотах — это болотная фация (комплекс фаций) и болотный массив. Так, классы легенды «Травяно-сфагновые сильно обводненные грядово-коврово-озерковые комплексы» или «Лишайниково-кустарничковые и кустарничково-лишайниковые мелкобугристые («сухие болота»)» могут соответствовать компонентам (группам болотных фаций) более крупного мелкобугристо-грядово-мочажинного с озерами комплекса, а могут представлять самостоятельный тип болотного массива.

Класс легенды «Березовые криволесья злаково-разнотравные и высокотравные в долинах рек» представлен сочетанием (экологическим рядом) ассоциаций двух союзов эколого-

го-флористической классификации (сочетанием групп ассоциаций разных формаций доминантной классификации).

Для карты было разработано два варианта легенды: сокращенный — для широкого круга пользователей и полный — для специалистов и научных исследований. Далее приводится полный вариант легенды, а сокращенный дан на самой карте. Карта полностью опубликована в виде общей настенной карты и набора карт формата А4 на 16 отдельных листах [13].

Легенда карты растительности

ТУНДРЫ

Кустарничково - лишайниковые тундры

Кустарничково (*Empetrum hermaphroditum*, *Arctous alpina*)-лишайниковые (*Cladonia arbuscula*, *C. stellaris*, *Cetraria islandica*, *Flavocetraria nivalis*) сообщества в сочетании с лишайниковыми (*Flavocetraria nivalis*, *Alectoria ochroleuca*) на автоморфных хорошо дренированных почвах вершин моренных холмов, выходов коренных пород.

Кустарничковые тундры

Вороничные (*Empetrum hermaphroditum*) и мелкоерниковые (*Betula nana*) мохово (*Pleurozium schreberi*, *Dicranum majus*)-лишайниковые (*Cladonia arbuscula*, *C. stellaris*, *Cetraria islandica*) и лишайниково-моховые сообщества в сочетании с травяно (*Cornus suecica*, *Avenella flexuosa*)-кустарничковыми (*Vaccinium myrtillus*, *Empetrum hermaphroditum*) лишайниково-зеленомошными сообществами на сухих, хорошо дренированных автоморфных почвах умеренно заснеженных зимой пологих склонов моренных гряд и холмов.

БЕРЕЗОВЫЕ КРИВОЛЕСЬЯ

Березовые криволесья и редколесья кустарничково - лишайниковые

Березовые криволесья и редколесья воронично-кладониевые (*Empetrum hermaphroditum*, *Cladonia* spp.), сомкнутость 0,1—0,3, на умеренно и сильно дренированных сухих почвах вершин и склонах моренных холмов и гряд;

Березовые криволесья кустарничковые зеленомошные

Березовые криволесья воронично-зеленомошные (*Pleurozium schreberi*, *Polytrichum juniperinum*) и воронично-лишайниково (*Cladonia* spp.)-зеленомошные, сомкнутость 0,3—0,5, на умеренно и сильно дренированных сухих и свежих почвах всхолмленной равнины и в нижних частях склонов холмов.

Березовые кривоlessья травяно-кустарничковые

Березовые кривоlessья деренно-черничные, папоротниково-черничные (*Cornus suecica*, *Gymnocarpium dryopteris*, *Dryopteris expansa*, *Vaccinium myrtillus*), сомкнутость 0,5—0,7, на умеренно дренированных свежих почвах днищ логов и долин и на подножиях склонов преимущественно южной и юго-западной экспозиции.

Березовые леса и кривоlessья злаково-высокотравные и разнотравные

Березовые кривоlessья злаково-высокотравные (*Calamagrostis langsdorffii*, *Filipendula ulmaria*) и разнотравные (*Geranium sylvaticum*, *Rumex acetosa* ssp. *lapponicus*, *Trollius europaeus*), сомкнутость 0,5—0,7, в сочетании с высокими ивняками (*Salix borealis*, *S. phylicifolia*), березой, разнотравными на умеренно дренированных свежих и сырых почвах речных долин и приречья.

Заболоченные березовые кривоlessья

Березовые кривоlessья и редколесья кустарничково (*Rubus chamaemorus*, *Ledum palustre*, *Empetrum hermaphroditum*)-моховые (*Dicranum elongatum*, *Sphagnum fuscum*) мелкобугристые и кочковатые на слабо дренированных влажных и сырых почвах межрядовых понижений.

БОЛОТА

Травяно-сфагновые сильно обводненные грядово-коврово-озерковые комплексы

Обводненные сфагновые осоково-пушицевые (*Carex rostrata*, *C. aquatilis* spp. *stans*, *Eriophorum angustifolium*) ковры и топи в сочетании с более сухими и олиготрофными грядами и невысокими буграми и кустарниковыми ивняками (*Salix lapponum*, *S. phylicifolia*) и их фрагментами с гигрофильными осоками и разнотравьем (*Carex aquatilis*, *C. rotundata*, *Comarum palustre*) вдоль водотоков и по берегам озер.

Травяно-кустарничково-сфагновые среднеобводненные мелкобугристые грядово-мочажинные комплексы

Среднеобводненные мелкобугристо-грядово-мочажинные: осоково (*Carex rariflora*, *C. rotundata*)-морошково-кустарничково (*Calluna vulgaris*, *Empetrum hermaphroditum*)-зеленомошно-сфагновые (*Pleurozium schreberi*, *Sphagnum fuscum*) невысокие бугры и гряды и осоково-пушицевые (*Carex rostrata*, *C. aquatilis* spp. *stans*, *Eriophorum angustifolium*, *Trichophorum cespitosum*) мочажины.

Лишайниково-кустарничковые и кустарничково-лишайниковые мелкобугристые («сухие болота»)

Кустарниково- и кустарничково (*Empetrum hermaphroditum*, *Betula nana*, *Ledum palustre*, *Rubus chamaemorus*)-зеленомошно-кладониевые мелкобугристые возвышенные участки болот на окраинах болотных массивов.

Методика дешифрирования растительного покрова лесотундры по космическому снимку

Карта растительности составлена на основе визуального дешифрирования снимка по изображению, представленному в варианте RGB синтеза с красным отображением растительности (зеленая зона снимка выбрана в качестве синей составляющей (B), красная — зеленой (G) и инфракрасная — красной (R), то есть RGB:432). Получение достоверных результатов при проведении лишь автоматической классификации снимка Landsat TM по спектральным признакам невозможно в силу того, что разные растительные сообщества могут обладать одинаковыми спектральными признаками, а сумма разных спектральных яркостей объектов (таких, как кроны деревьев, тени, нижний ярус), входящих в сообщество, может оказаться одинаковой для различных комбинаций объектов [10].

Поэтому при проведении геоботанической съемки и анализе геоботанических описаний были определены не только основные цветовые дешифровочные признаки типов растительных сообществ в данном варианте синтеза, но также выявлены их приуроченность к определенным формам мезорельефа и особенности увлажнения, для разделения на карте даже тех типов, которые не отличаются по спектральным характеристикам. На основе полученных выводов в дальнейшем и производились экстраполяция и визуальное дешифрирование снимков для всей территории исследования.

Озера и крупные водотоки были выделены путем автоматизированной классификации снимка с разделением на два класса — вода и суша. Далее приводится характеристика и дешифровочные признаки картографируемых объектов.

Тундры. Тундры в исследованном районе располагаются на склонах и вершинах моренных гряд и холмов, на выходах коренных горных пород. Наряду с обширными участками однородной растительности здесь встречаются закономерно и многократно повторяющиеся различающиеся по составу и структуре сообщества, которые образуют растительные комплексы. На распределение основных типов тундровых сообществ Мурманской области, в основном, влияет характер мезо- и микрорельефа и связанное с ним перераспределение снежного покрова [8]. Синтаксономическое разнообразие тундровых сообществ района ис-

следований довольно велико, но в силу небольших размеров многие из них не отображены на карте растительности, как, например, белоусовые и приснеговые ивково-мелкотравные тундровые луговины.

Кустарничково-лишайниковые тундры (рис. 2). Ассоциация (далее — асс.) *Empetro-Betuletum nanae* Nordh. 1943 в сочетании с асс. *Arctostaphylo (alpinae)-Empetretum hermaphroditi* (Zinserling 1935) Koroleva 1994. Специфический серебристо-зеленый аспект сообществ создается за счет доминирования вороники, простратной формы *Betula nana* и лишайников группы ягелей. Постоянно участие *Arctous alpina*, из мохообразных — *Polytrichum piliferum*, *Ptilidium ciliare*, *Sphenobus minutus*, лишайников *Ochrolechia frigida*, *Sphaerophorus globosus*. Высота растений и лишайников определяется высотой зимнего снежного покрова, мозаичная горизонтальная структура — гетерогенным микрорельефом: к складкам коренных обнажений приурочены кустарничково-моховые группировки, к выпуклым участкам — кустарничково-лишайниковые. Приурочены к повышенным формам рельефа, а также к участку возвышенного водораздела на востоке района исследования.

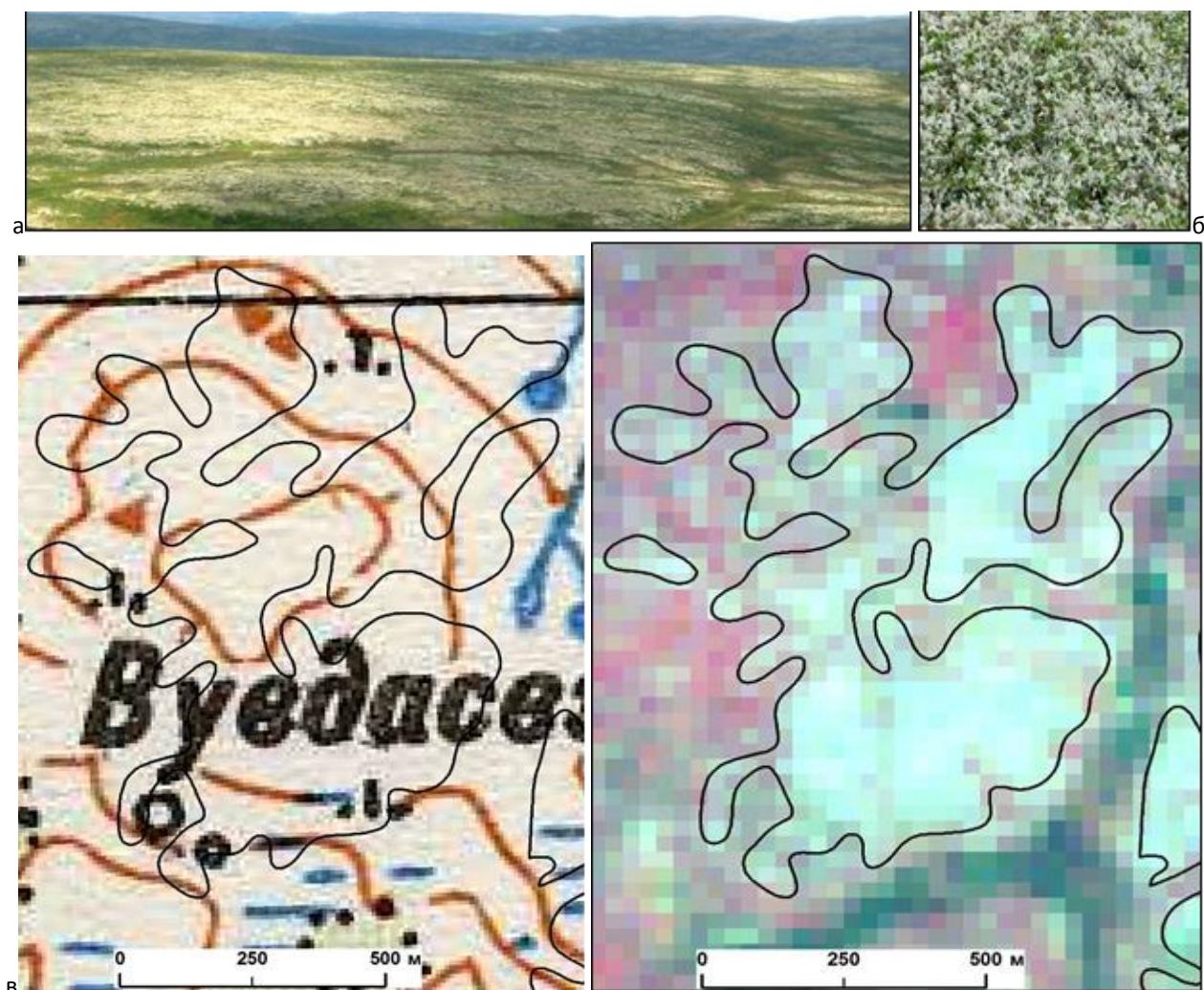


Рис. 2. Кустарничково-лишайниковая тундра: а — на местности, б — видовой состав
в — на карте, г — на снимке

Благодаря преобладанию светлых лишайников в сообществах, на снимке тип изображается белым, светло-голубоватым цветом, такие же светлые лишайники создают аспект и в кустарничково-лишайниковых мелкобугристых «сухих болотах», приуроченных к равнинным и пониженным формам мезорельефа. Выделение данного класса путем автоматизированной классификации по спектральным признакам возможно при дальнейшей визуальной проверке результатов. При отрисовке контуров данного типа необходимо сверяться с рельефом на топографической карте и удалять лишние контуры, относящихся к классу «сухих болот».

Кустарничковые тундры (рис. 3). Асс. *Phyllodoco-Vaccinietum myrtilli* Nordh. 1943 sub-ass. *betuletosum nanae*. Кустарничковые и кустарниковые сообщества: доминируют *Betula nana*, *Empetrum hermaphroditum* и *Vaccinium myrtillus*, постоянно встречаются *Avenella flexuosa*, *Carex vaginata*. В мохово-лишайниковом преобладают зеленые мхи *Pleurozium schreberi*, *Dicranum majus*, печеночники *Orthocaulis kunzeanus*, *Ptilidium ciliare*, лишайники рода *Cladonia*, *Cetraria islandica*.

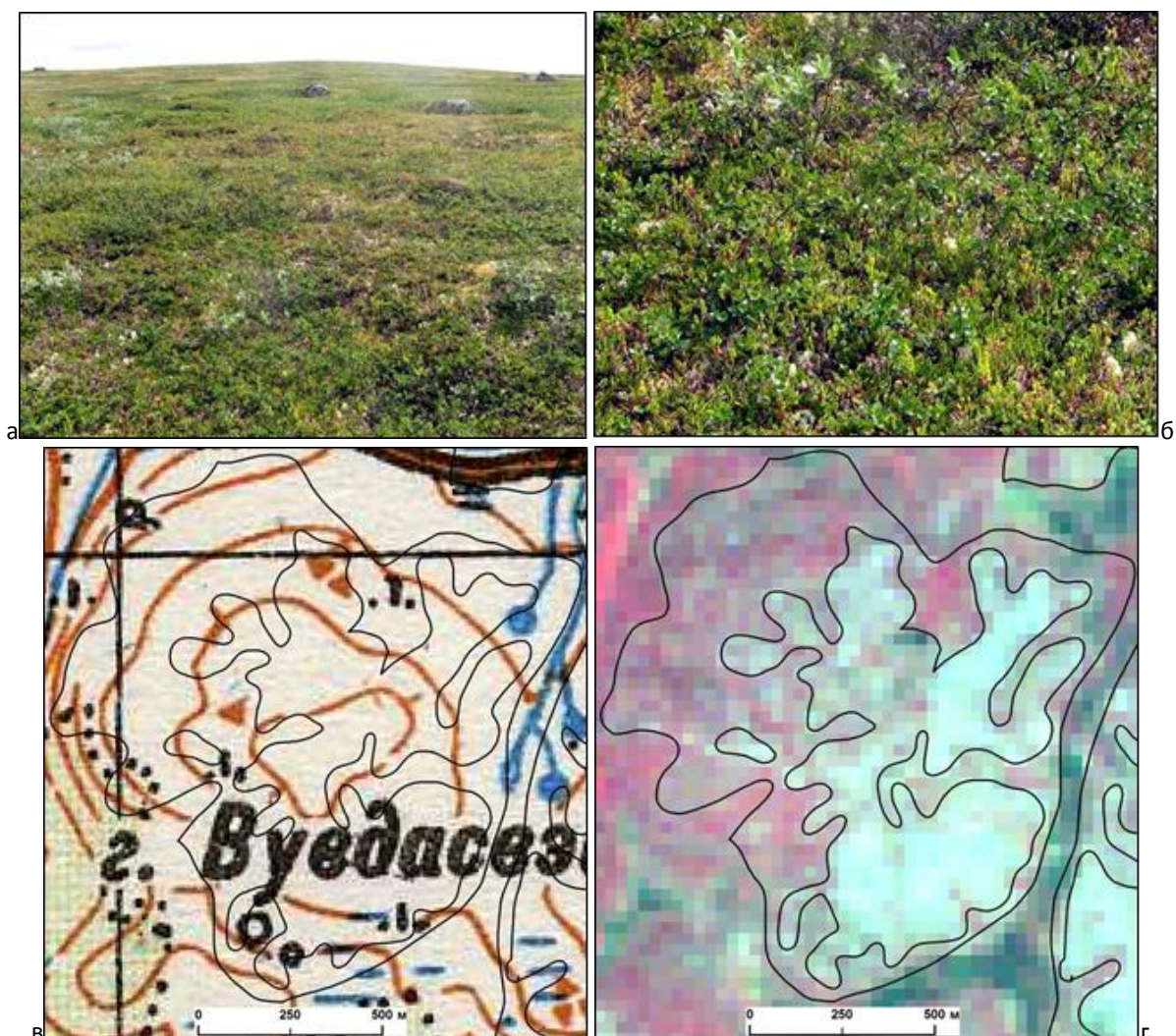


Рис. 3. Лишайниково-кустарничковая тундра: а — на местности, б — видовой состав, в — на карте, г — на снимке

Данный класс на снимке изображается светло-розовым и серовато-розовым цветом (в зависимости от экспозиции склона, то есть от условий освещенности при съемке). Топографически сообщества расположены по склону ниже кустарничково-лишайниковых и занимают склоны моренных гряд и холмов, но могут занимать также и вершины невысоких холмов. Для них характерна «опоясывающая» расположенность вокруг кустарничково-лишайниковых тундр на возвышенностях. В сообществах данного типа встречаются отдельно стоящие деревья, которые невозможно распознать на снимке данного пространственного разрешения.

При выполнении визуального дешифрирования снимка, помимо учета спектральных свойств типа, постоянно необходимо сверяться с рельефом территории по топографической карте. Автоматическое дешифрирование этого типа сообществ сильно затруднено вследствие близких спектральных характеристик с заболоченными и кустарничково-зеленомошными березовыми криволесьями.

Березовые криволесья. Березовые криволесья и редколесья занимают в районе исследований межхолмовые долины, нижние части склонов разной крутизны. Древостой разной степени сомкнутости образован *Betula pubescens* ssp. *czerepanovii* разных жизненных форм: в более защищенных местообитаниях — кривоствольной, саблевидной, многоствольной, в более открытых — формы «плодового дерева», кустовидной, «дерева в юбке». В сообществах всегда присутствует кустарниковый ярус из ерника и можжевельника, и чем меньше сомкнутость древесного яруса, тем более выражен мозаичный характер напочвенного покрова, и в целом между березовыми криволесьями и тундрами в районе исследования очень велико сходство в их флористическом и синтаксономическом составе [9].

Березовые криволесья и редколесья кустарничково-лишайниковые (рис. 4). Асс. *Empetro–Betuletum nanae* Nordh. 1943 subass. *betuletosum czerepanovii*. Сообщества с ярусом из *Betula pubescens* ssp. *czerepanovii* сомкнутостью 0,1—0,2, высотой 1,5—2 м, кустарниковый ярус из ерника и можжевельника, напочвенный покров мозаичный: под кронами деревьев преобладает вороника, в межкروновых пространствах — лишайники группы ягелей.

На снимке березовые криволесья и редколесья кустарничково-лишайниковые изображаются светло-розовым цветом со значительной долей белых вкраплений. По цвету данный класс очень похож на кустарничковые тундры, однако березовые криволесья достаточно уверенно дешифрируются визуально за счет частых белых вкраплений в общий светло-розовый фон, что нехарактерно для изображений сообществ тундры. Помимо этого, для ас-

социации кустарничково-лишайниковых березовых криволесий нехарактерно «опоясывающее» расположение вокруг сообществ кустарничково-лишайниковых тундр.

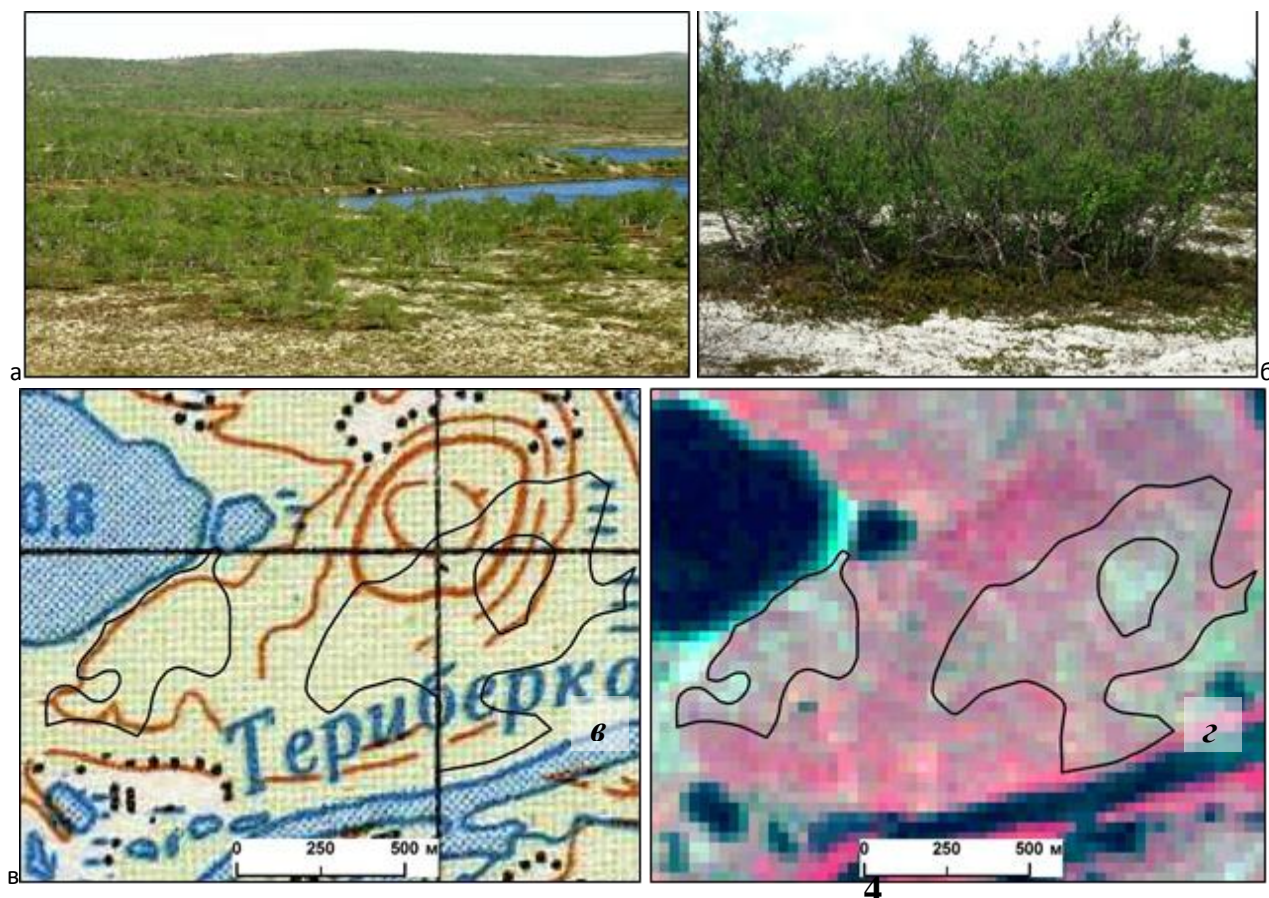


Рис. 4. Березовые криволесья и редколесья кустарничково-лишайниковые: а — на местности, б — видовой состав, в — на карте, г — на снимке

Автоматическое дешифрирование этих сообществ по спектральным признакам не представляется возможным, так как данный класс не обладает единым, характерным для него спектральным образом и при выполнении автоматической классификации на основе яркостных характеристик переходит частично в типы кустарничковых тундр и кустарничково-зеленомошных березовых криволесий.

Березовые криволесья кустарничковые зеленомошные (рис. 5). Асс. ***Empetro-Betuletum pubescentis*** Nordh. 1943. Древесный ярус из *Betula pubescens* ssp. *czerepanovii*, сомкнутостью до 0,5, высотой до 2—3 м, имеет саблевидную, кривоствольную, многоствольную форму роста. В кустарничковом ярусе обычны ерник и можжевельник, в травяно-кустарничковом — *Empetrum hermaphroditum*, *Vaccinium myrtillus*, *Cornus suecica*. Постоянно участие *Avenella flexuosa*, *Carex vaginata*. Мохово-лишайниковый ярус разной сомкнутости, в нем доминируют зеленые мхи *Pleurozium schreberi*, *Dicranum majus*, печеночники *Barbilophozia lycopodioides*, *Orthocaulis kunzeanus*, лишайники рода *Cladonia* (*C. stellaris*, *C. arbuscula*, *C. rangiferina*, *C. gracilis* и др.), *Nephroma arcticum*. Сообщества располагаются на умеренно и

сильно дренированных сухих и свежих почвах в нижних частях склонов холмов. На снимке этот тип сообществ изображается темно-розовым цветом. Автоматическое дешифрирование данной растительной ассоциации сильно затруднено вследствие близких спектральных характеристик с кустарничковыми тундрами на затененных участках и заболоченными березовыми кривоlessьями, и для их разделения необходимо привлечение топографической карты. От всех прочих растительных ассоциаций данная растительная ассоциация отделяется достаточно хорошо.

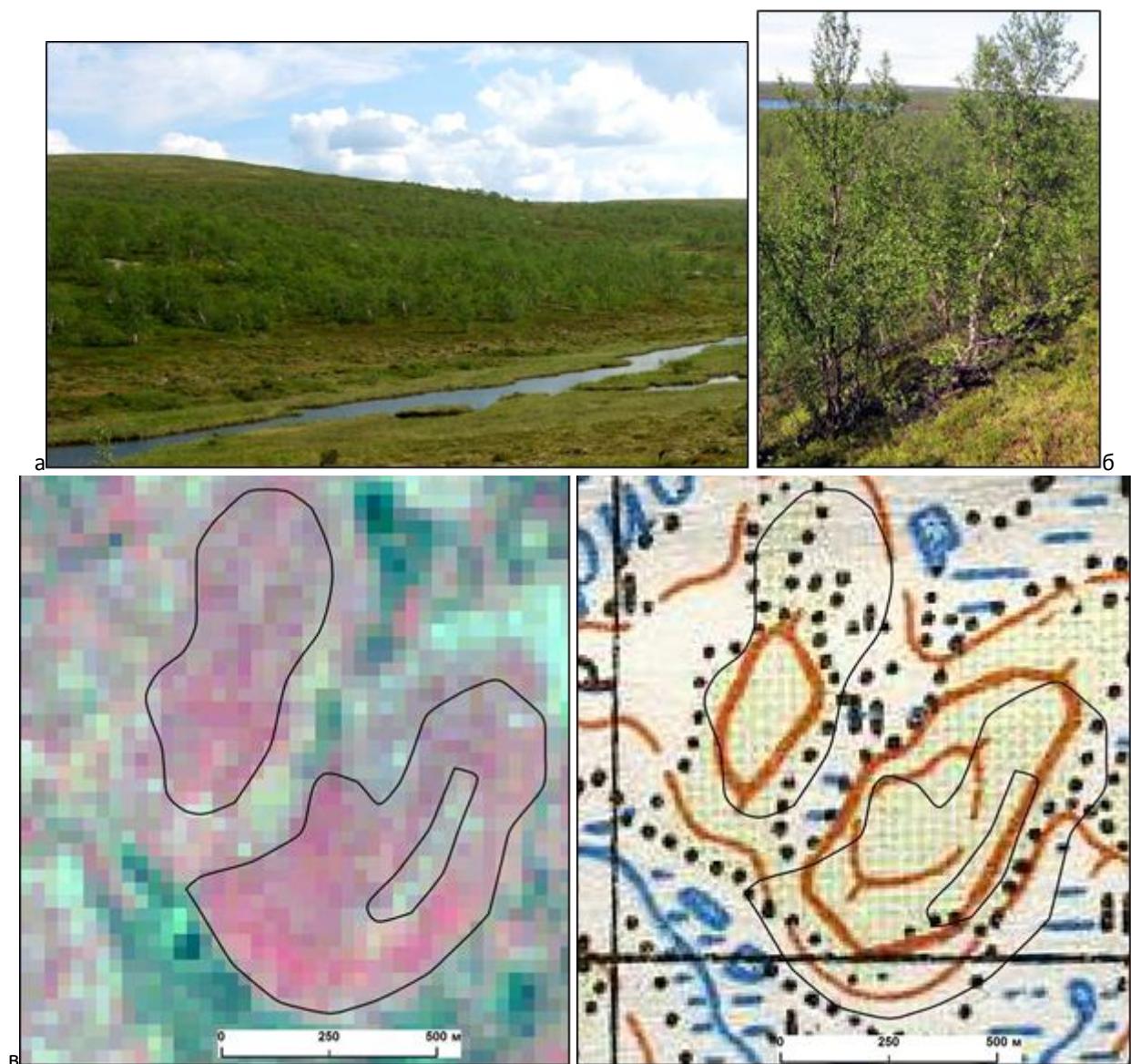


Рис. 5. Березовые кривоlessья кустарничковые зеленомошные: а — на местности, б — видовой состав, в — на карте, г — на снимке

Березовые кривоlessья травяно-кустарничковые (рис. 6). Асс. *Empetro-Betuletum pubescentis* subass. *cornosum suecici* (Regel 1923) stat. nov. prov. В древесном ярусе сообществ сомкнутостью 0,5—0,7, высотой 5—7 м, в травяно-кустарничковом ярусе доминируют черника и дерен шведский, постоянно встречаются *Avenella flexuosa*, *Melampyrum pratense*, *Solida-*

go virgaurea, папоротники *Gymnocarpium dryopteris*, *Dryopteris expansa*, в мохово-лишайниковом ярусе преобладают мхи рода *Dicranum*, *Hylocomium splendens*, *Pleurozium schreberi* и печеночники (*Barbilophozia lycopodioides*), а также лишайники рода *Cladonia*, *Peltigera* и *Nephroma arcticum*.

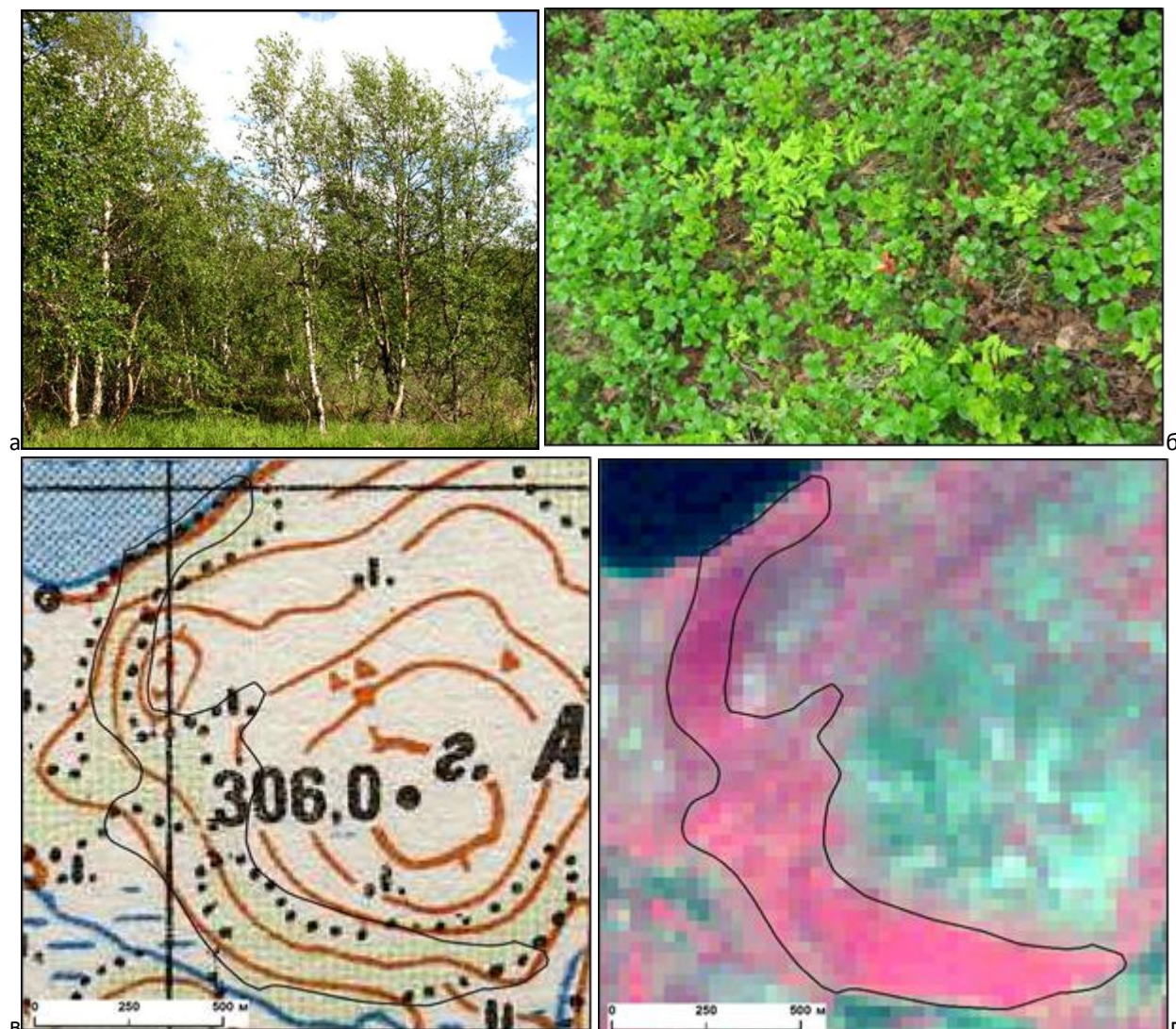


Рис. 6. Берзовые криволесья травяно-кустарничковые: а — на местности, б — видовой состав, в — на карте, г — на снимке

На снимке травяно-кустарничковые берзовые криволесья изображаются самым насыщенным, ярко розовым цветом и очень хорошо отличаются от всех других типов, кроме злаково-высокотравных и разнотравных криволесий и берзовых лесов в долинах рек, от которых отделяются по различиям в положении в рельефе. Травяно-кустарничковые криволесья на местности расположены в нижних участках и на перегибах склонов, в озерных и рчных долинах и в неглубоких складках и на уступах холмов. Злаково-высокотравные и разнотравные же леса и криволесья располагаются только вдоль крупных рек (в районе исследования — только вдоль реки Териберки), а также на речных островах.

Выделение данного класса путем выполнения автоматизированной классификации возможно, однако после ее проведения необходима полная визуальная проверка результатов и удаление лишних контуров, относящихся к злаково-высокотравным и разнотравным березовым лесам и криволесьям.

Березовые леса и криволесья злаково-высокотравные и разнотравные (рис. 7). Асс. *Rumici lapponici-Betuletum pubescentis* (ass. nov. prov.) в сочетании с высокими ивняками асс. *Filipendulo-Salicetum phylicifoliae* (Nordh. 1943) Dierssen 1992. Злаково-высокотравные березовые леса и криволесья с ярусом из кривоствольных и прямоствольных берез, древовидных видов ив (*Salix borealis*, *S. phylicifolia*) и рябины, сомкнутостью 0,5—0,7, высотой 5—7 (10) м, в кустарниковом ярусе обычны можжевельник и ерник. Многовидовой (более 20 видов на пробную площадь) кустарничково-травяной ярус подразделяется на подъярусы, и в верхнем (до 1 м высотой) — *Calamagrostis purpurea*, *Filipendula ulmaria*) и разнотравные (*Geranium sylvaticum*, *Rumex acetosa* ssp. *lapponicus*, *Trollius europaeus*), папоротники (*Dryopteris expansa*), в нижнем — *Cornus suecicus*, *Viola biflora* и лесные виды (*Linnaea borealis*, *Trientalis europaea*), в разреженном моховом ярусе — *Brachythecium salebrosum*, *Pleurozium schreberi*, *Rhodobryum roseum*, *Obtusifolium obtusum*.

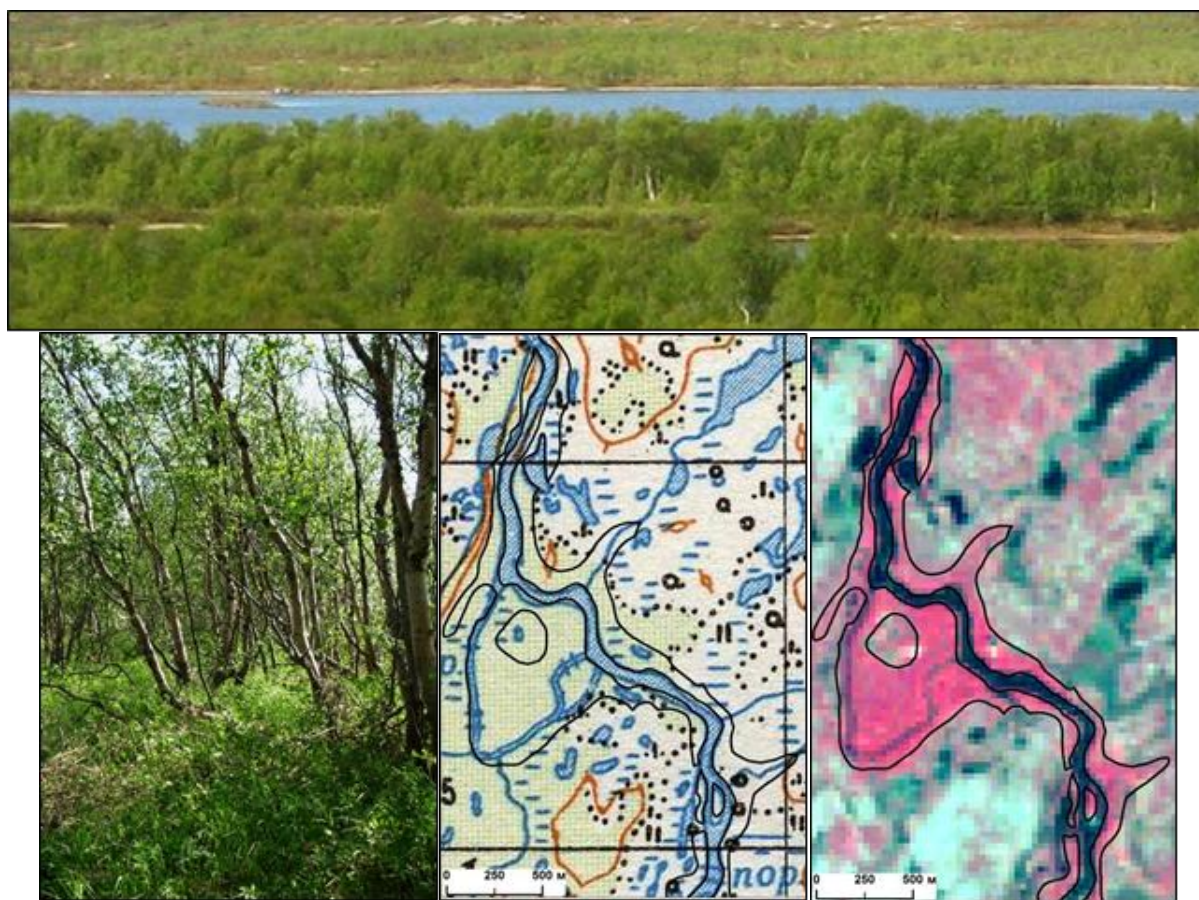


Рис. 7. Березовые криволесья злаково-высокотравные и разнотравные: а — на местности, б — видовой состав, в — на карте, г — на снимке

На снимке данный тип изображаются самым насыщенным, ярко розовым, бордовым цветом и очень хорошо отличается от других типов, кроме травяно-кустарничковых криволесий, отделение от которых обсуждалось выше. Выделение путем выполнения автоматизированной классификации возможно, однако затем необходима полная визуальная проверка результатов и удаление лишних контуров, относящихся к предыдущему типу.

Заболоченные березовые криволесья (рис. 8). Экотон между березовыми криволесьями кустарничковыми зеленомошными (асс. *Empetro-Betuletum pubescentis*) и олиготрофными лишайниково-кустарничковыми окрайками болот (асс. *Empetro (hermaphroditi)-Sphagnetum fuscii* (Du Rietz 1921) Dierssen 1982). Разреженные березовые криволесья и редколесья с выраженным мелкобугристым и кочковатым микрорельефом. В напочвенном покрове преобладают *Rubus chamaemorus*, *Ledum palustre*, *Empetrum hermaphroditum*.

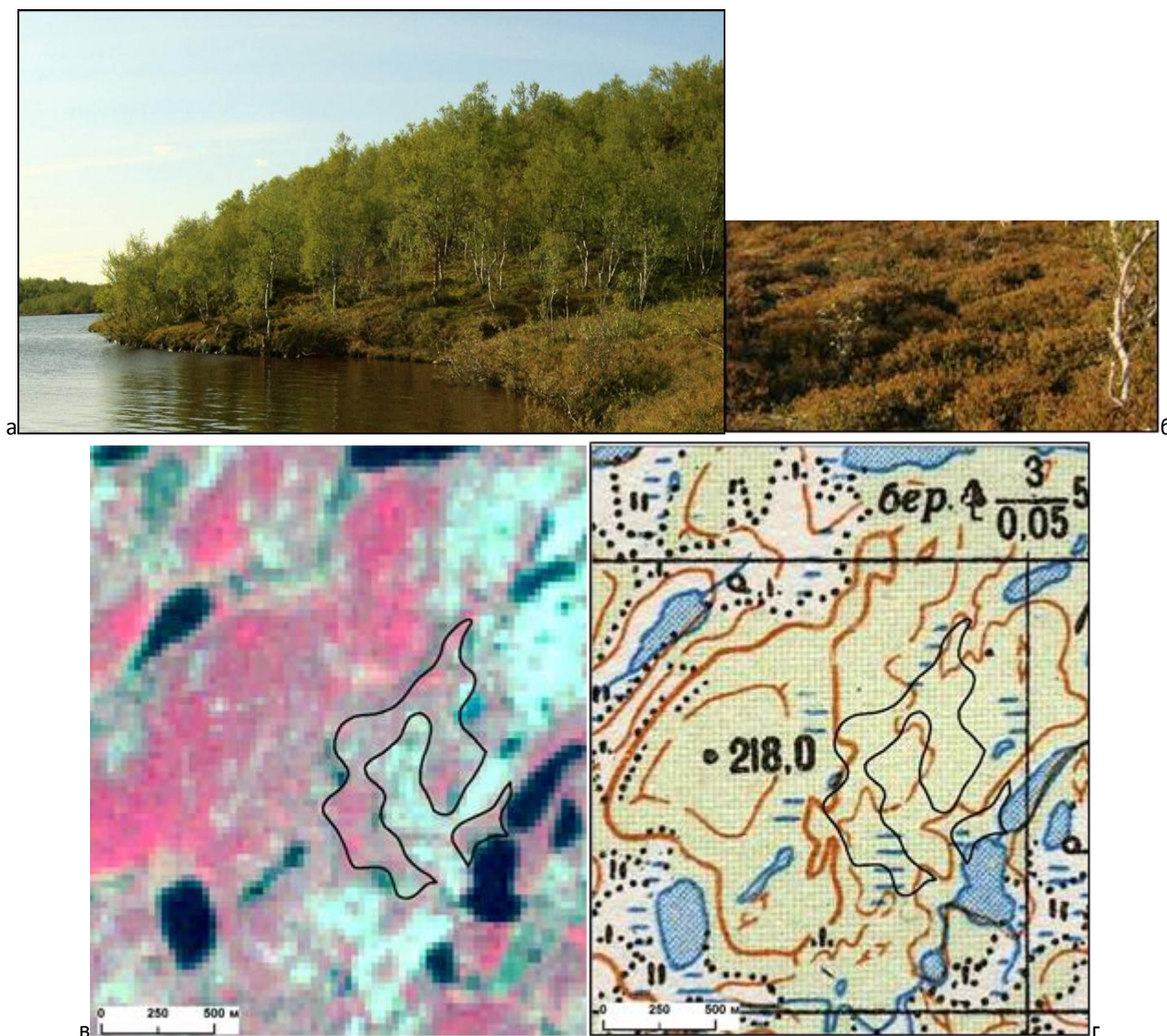


Рис. 8. Заболоченные березовые криволесья: а — на местности, б — видовой состав, в — на карте, г — на снимке

Дешифрирование данного типа по снимку очень затруднительно, поскольку использование лишь спектральных характеристик не дает положительного результата ни при авто-

матизированном дешифрировании, ни при визуальном. На снимке данный тип представляет комплекс чередующихся пикселей розового разных оттенков, от светлого до самого насыщенного (что указывает на наличие групп берез), зеленовато-синего (что отображает заболоченность) и белого цветов. Эта особенность связана с небольшой сомкнутостью древесного яруса (0,2—0,4) и пестротой состава напочвенных ярусов.

Для дешифрирования заболоченных березовых криволесий необходимо дополнительное использование информация о рельефе и заболоченности территории с топографической карты. Эти сообщества приурочены к подножьям очень пологих склонов и межрядовым понижениям, и на топографической карте практически всегда верно показана заболоченность такого участка. Только при совпадении всех трех условий (рельеф, заболоченность и спектральные характеристики) контур можно относить к данному типу.

Болота. Типология лесотундровых и тундровых болот восточной и центральной части области недостаточно разработана. Более изучены болота таежной зоны [2; 18; 23; 22], есть достаточно полные данные о структуре, составе и синтаксономии, а также по стратиграфии для тундровых болот на западе области [27; 4]. Болота занимают сырые пологие участки на склонах и понижения в мезорельефе, часто сопряжены с долинами ручьев. Для них характерен неоднородный микрорельеф и, как следствие, различные условия увлажнения, что ведет к сложным сочетаниям на одной небольшой территории фитоценозов разных типов.

Травяно-сфагновые сильно обводненные болота (рис. 9). Ассоциации союза *Caricion canescenti-nigrae* Nordh. 1937. Травяно-моховые мало видовые ковры и топи со сплошным покровом невысоких осок (*Carex aquatilis* ssp. *stans*, *C. rariflora*), пухоноса *Trichophorum cespitosum* и пушиц *Eriophorum angustifolium*, *E. russeolum*. Из мохообразных наиболее обычен *Sphagnum lindbergii*, *S. capillifolium*, (в тундровых болотах — *S. compactum*), присутствуют *Warnstorfia exannulata*, *W. fluitans*, *Calliergon sarmentosum* и печеночники *Gymnocolea inflata*, *Scapania* spp. Микрорельеф обычно выражен слабо — встречаются бугры высотой 0,5—1 м с мерзлотой на глубине 25—30 см, занятые кустарничковыми сообществами. Обводненные травяно-сфагновые болота занимают обширные площади около озерков, обширных мочажин, водотоков в межхолмовых ложбинах, с мощностью торфа 0,1—0,5 м или на минеральном грунте и часто соседствуют с кустарничковыми ивняками и ерниками вдоль водотоков. Болотные фации топей обычно являются компонентами болотных массивов вместе с мелкобугристыми рядово-мочажинными комплексами и ивняками.

Данный тип изображается на снимке темным сине-зеленым цветом и уверенно отделяется от всех других типов сообществ. Расположение сообществ хорошо согласуется с релье-

ефом (они занимают наиболее пониженные участки местности), что хорошо отражено на топографической карте. Дополнительно тип может быть индикационно дешифрирован по водотокам, поскольку берега практически всех рек и ручьев района сильно заболочены.

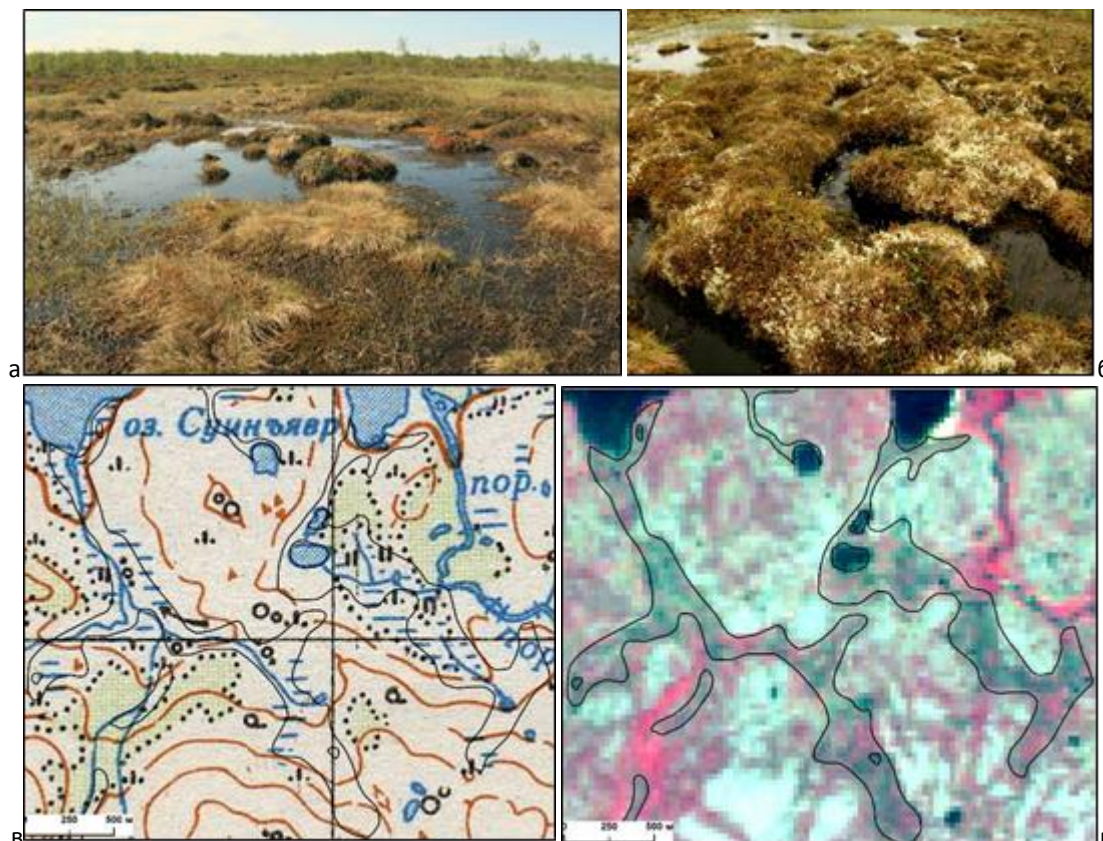


Рис. 9. Травяно-сфагновые сильно обводненные болота: а — на местности, б — видовой состав, в — на карте, г — на снимке

Благодаря значительной доле водного пространства между кочками и буграми, покрытыми растительностью, по спектральным признакам тип гораздо более близок именно к водным объектам, а не растительным. Поэтому наиболее сложной проблемой при дешифрировании данного типа было разделение собственно озер и крупных рек от их заболоченных берегов. Это пороговое значение яркости было выбрано эмпирическим путем при выполнении автоматизированного дешифрирования водных объектов. Оставшиеся вокруг них контуры были отнесены к травяно-сфагновым сильно обводненным болотам. При этом для отражения топографического рисунка типа (вытянутость вдоль водотоков, практически повсеместное «сетевое» распространение, что отражает гидрографическую сеть), они также были отрисованы вручную, с учетом данных автоматизированной классификации снимка.

Травяно-кустарничково-сфагновые мелкобугристые среднеобводненные болота (рис. 10). Комплекс травяно-моховых мочажин (сообщества союза *Caricion canescenti-nigrae*) и кустарничково-зеленомошно-сфагновых бугров высотой 0,5—0,7 (до 1) м (сообщества асс. *Empetro (hermaphroditi)-Sphagnetum fuscii*). В мочажинах преобладают осоки *Carex*

rariflora, *C. rotundata*, на буграх — *Rubus chamaemorus*, *Calluna vulgaris*, *Empetrum hermaphroditum*, лишайники (*Cladonia stygia*, *C. arbuscula*) и мхи (*Pleurozium schreberi*, *Sphagnum fuscum*). Эти болота составляют основу болотных массивов лесотундрового района вместе с сообществами топей и мелкобугристыми олиготрофными лишайниково-кустарничковыми окрайками.

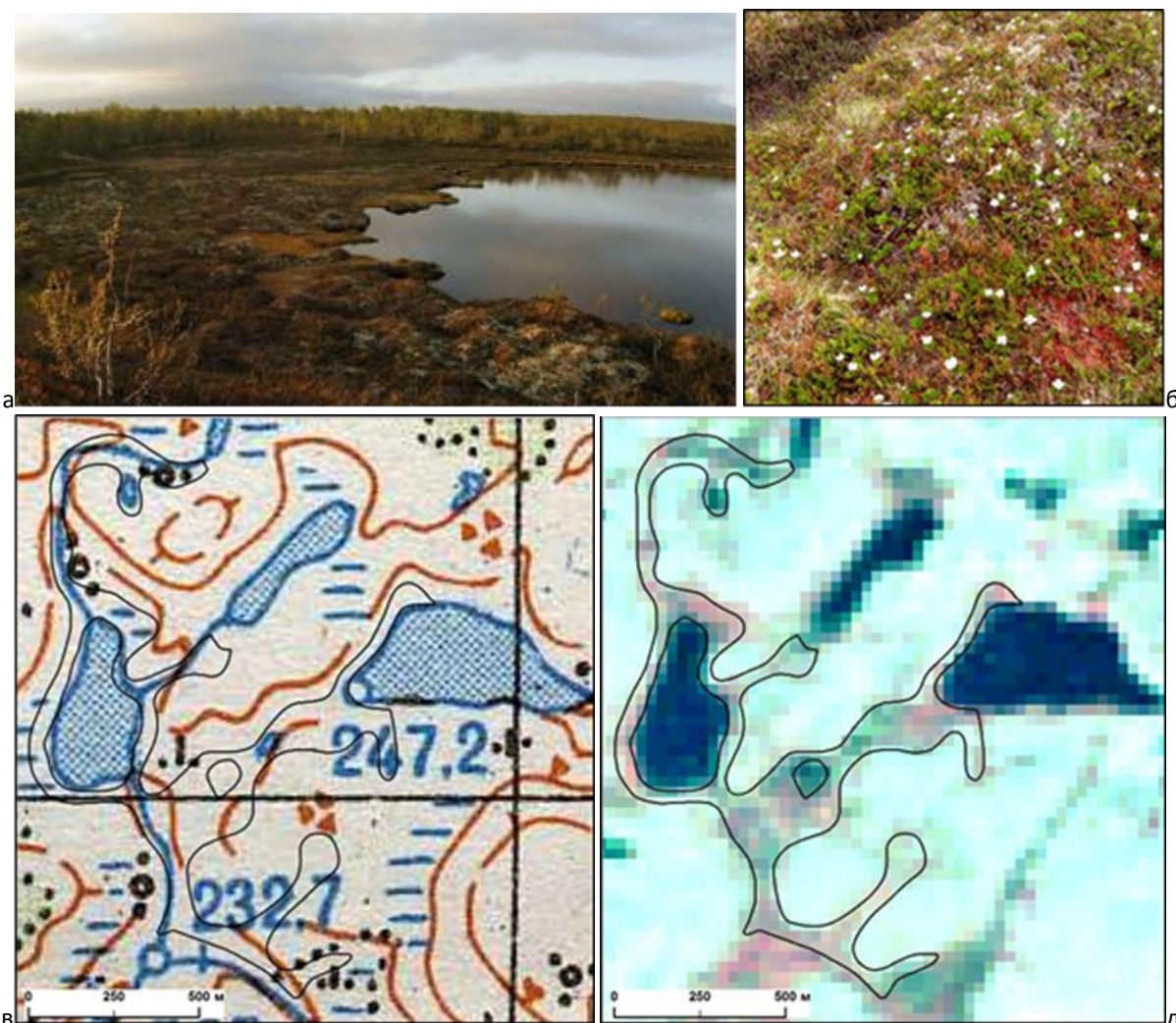


Рис. 10. Травяно-кустарничково-сфагновые, мелкобугристые среднеобводненные болота: а — на местности, б — видовой состав, в — на карте, г — на снимке

Тип изображается на снимке серовато-розовым цветом. Как и травяно-сфагновые сильно обводненные болота, мелкобугристые грядово-мочажинные болота приурочены к долинам рек и ручьев, берегам озер, могут «заполнять» депрессии мезорельефа, а также оконтуривать сильнообводненные травяно-сфагновые болота. На топографической карте участки мелкобугристых грядово-мочажинных болот не всегда отнесены к классу болот, хотя приуроченность их к понижениям рельефа хорошо прослеживается. По спектральным признакам тип близок к кустарничковым тундрам, частично к заболоченным березовым кривоlessям и кустарничковым зеленомошным, поэтому его автоматизированное выделение весьма затруднительно. При визуальном же дешифрировании, с использованием карты и

снимка, тип выделяется очень хорошо, причем уверенно отображаются географические особенности его распространения.

Лишайниково-кустарничковые и кустарничково-лишайниковые мелкобугристые болота («сухие болота») (рис. 11). Комплекс сообществ асс. *Empetro (hermaphroditi)-Sphagnetum fuscii* и *Empetro-Betuletum nanae*, кустарничковые и кустарниково-лишайниковые (*Empetrum hermaphroditum*, *Betula nana*, *Ledum palustre*, *Rubus chamaemorus*) зеленомошно-лишайниковые сообщества с выраженным мелкобугристым микрорельфом. Как правило, это компонент болотных массивов на наименее обводненных окрайках. На снимке тип изображается белым цветом и по спектральным характеристикам полностью совпадает с кустарничково-лишайниковой тундрой, что связано с доминированием в обеих ассоциациях светлых лишайников. Однако, несмотря на сходный состав доминантов, два данных типа имеют абсолютно разную экологическую и геоботаническую характеристику. Тундры приурочены к возвышенностям мезорельефа, а «сухие болота» — к подножиям холмов, нижним частям склонов, берегам озер. Без учета приуроченности к рельефу их разделение невозможно, хотя весьма важно для определения закономерностей распространения растительности на данной территории. Поэтому данный тип требует визуального выделения по снимку с постоянным согласованием с рельефом на топографической карте.

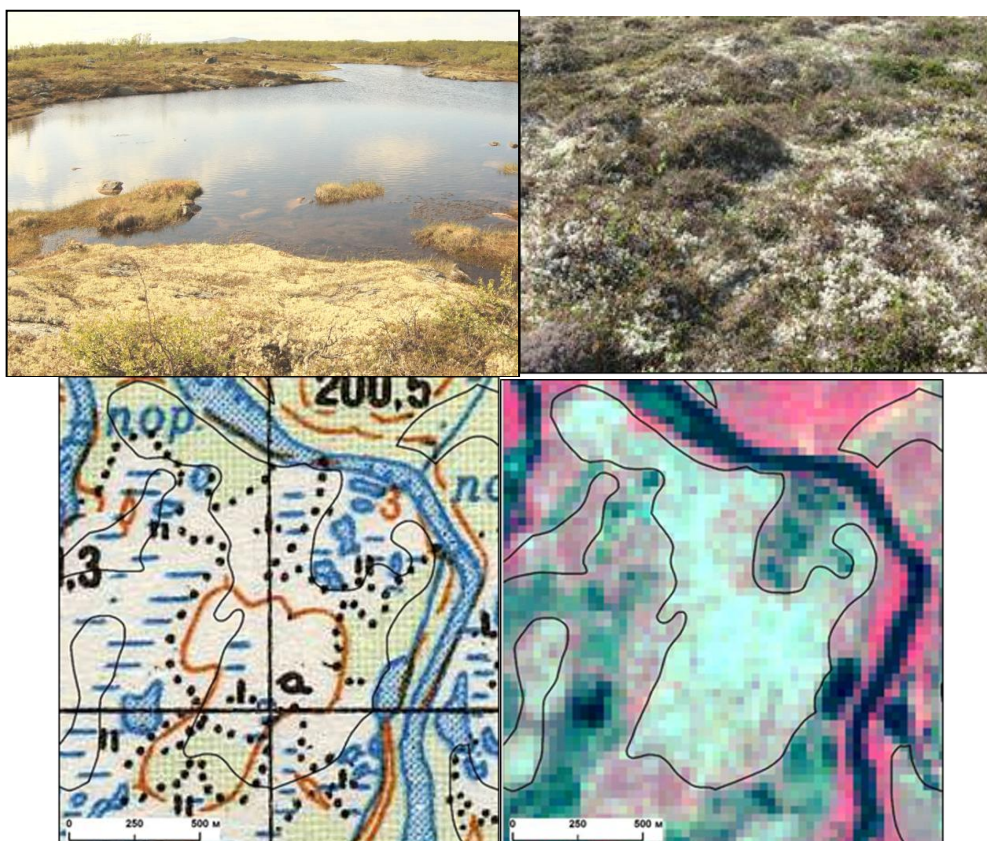


Рис. 11. Лишайниково-кустарничковые и кустарничково-лишайниковые мелкобугристые «сухие болота»: а — на местности, б — видовой состав, в — на карте, г — на снимке

Озера и крупные водотоки были получены путем выполнения автоматизированного дешифрирования снимка. Единственную трудность при этом составил выбор граничного яркостного значения между собственно водным объектом и его заболоченным берегом. Значение такой границы подбирается эмпирическим путем, при анализе полученных автоматизированных схем дешифрирования на районы полевых исследований, а также проверяется по снимкам сверхвысокого пространственного разрешения.

Составление и оформление карты

На основе дешифрирования космических снимков и материалов полевых исследований была составлена Карта растительности лесотундрового участка на севере Кольского полуострова в масштабе 1:50 000 [13]. Общая настенная карта показывает всю территорию исследования в целом, набор карт формата А4 на 16 отдельных листах представляет ее участки. Два варианта карты выполнены для удобства ее использования как в камеральных условиях, так и при проведении полевых исследований. Оба варианта карты на каждом листе сопровождаются легендой с характеристикой растительных типов.

Карта составлена в равноугольной поперечной цилиндрической проекции Гаусса-Крюгера, шестой зоне с центральным меридианом 33°. На листах в наборе карт приведена сетка меридианов и параллелей. Меридианы проведены и подписаны на карте с частотой 5 мин, параллели — 2 мин. На настенной карте показаны и географические координаты, и прямоугольные. Географические координаты показаны без нанесения их сетки на карту, только при помощи минутной рамки, представляющей собой чередующиеся черные и белые отрезки с длиной, равной 1 мин. Также показана километровая сетка, значения координат километровой сетки нанесены между внутренней и минутной рамками листа. Такая координатная сетка является стандартной для топографических карт России и применена для данной карты с целью облегчения ориентирования по ней специалистов в области картографических наук, для которых особенности проекций и систем координат не всегда известны. Кроме того, благодаря совпадению сеток топографической карты и данной карты растительности возможно их взаимное визуальное сопоставление.

Растительные типы показаны способом качественного цветового фона. Для удобства идентификации подразделений на карте качественный фон сопровождается индексами. В геоботаническом картографировании нет стандартной цветовой шкалы оформления карт, как, например, в геологическом или лесном картографировании. Нами была разработана цветовая шкала, которая передает структурные признаки сообществ, экологический потен-

циал их местообитаний и географические закономерности распространения. Это достигается посредством использования цветов разной яркости, насыщенности и интенсивности.

В легенде карты растительные типы (ассоциации, комплексы и сочетания ассоциаций, типы болотных массивов и группы болотных фаций) разделены подзаголовками по типам растительности (тундры, березовые криволесья, болота). Данное разделение применено и на карте при помощи различия в цветовой окраске этих подразделений: розовый — для тундры, зеленый — для криволесий и коричневый — для болот. Внутри подразделения типы разделяются по насыщенности цвета и его оттенку. Легенда построена по иерархическому принципу, в пределах основных категорий подразделения растительного покрова размещены в порядке их смены с севера на юг (для болот — от наиболее обводненных к наиболее сухим). Соответственно, меняется и насыщенность качественного фона — от наиболее светлых тонов на севере к более ярким и насыщенным тонам на юге (для болот насыщенность цвета убывает от наиболее обводненных к наиболее сухим).

Кроме того, на карте показаны пункты Государственной геодезической сети и основные вершины, подписаны их высоты, а для наиболее высоких отметок, имеющих значения ориентиров, и их названия. Показаны населенные пункты, шоссейные и грунтовые автомобильные дороги и карьеры. В целом, антропогенная нагрузка на территорию незначительна, поэтому на карте показаны все объекты без исключения (всего два населенных пункта, одна шоссейная дорога, несколько карьеров и подъездов к ним по грунтовым дорогам).

На листе карты помимо ее основного содержания и легенды помещены также следующие элементы: сведения о проекции карты, ее масштабе (в текстовом, числовом и графическом виде), времени издания карты и источнике ее составления. На однолистную карту также дополнительно помещены две карты-врезки: Обобщенная карта типов растительности в масштабе 1:200 000 и Карта Мурманской области с показанным на ней расположением участка исследования в масштабе 1:3 000 000. На многолистной карте показана схема разделения территории на отдельные листы. Для каждого листа в левом верхнем углу обозначен его индекс, определяющий его место в разграфке карты.

Также была создана Карта типов растительности в масштабе 1:200 000, на которой отражены только основные формации и типы растительности территории — тундры, болота и березовые криволесья. Карта предназначена для общего ознакомления с территорией, изучения ее природных особенностей на региональном уровне. На карте помимо природных зон показана также основная шоссейная дорога, подписаны наиболее крупные реки и озера.

Определение достоверности и точности карты

Карта растительности была проанализирована также на предмет ее достоверности и точности составления с использованием дополнительных снимков с более высоким пространственным разрешением на отдельных участках территории исследования: космического снимка QuickBird 2005 г., с пространственным разрешением 0,61 м в панхроматическом диапазоне и 2,44 м в четырех спектральных зонах, и аэроснимков 1961 и 1984 гг. с пространственным разрешением 1 м (рис. 12, 13).



Рис. 12. Проверка правильности выделения типов растительности по снимку QuickBird. Штриховкой показаны контура, выделенные на созданной карте

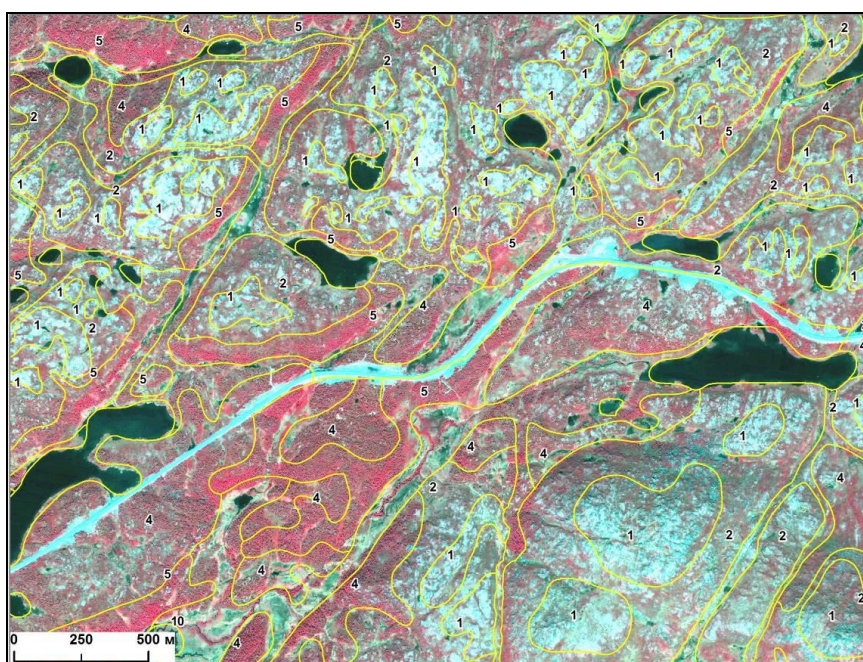


Рис. 13. Проверка правильности выделения ассоциаций растительности по снимку QuickBird. Желтым цветом показаны контура, выделенные на созданной карте и подписаны их номера по легенде

Проверка карты по более крупномасштабным источникам проводилась визуально и включала в себя следующие аспекты: правильность определения растительного типа, точность проведения его границы и детальность карты. Правильность определения растительного типа выполняли по снимку QuickBird, точность и детальность проведения границ ассоциаций оценивалась по аэроснимкам и по снимку QuickBird.

Детальность созданной карты была оценена с учетом предельно возможной детальности снимка, использованного в качестве источника при создании карты. Пространственное разрешение снимка Landsat TM, по которому была составлена карта, составляет 30 м, выделение контуров площадью менее 900 кв. м (30 м x 30 м) даже теоретически не представляется возможным. Фактически же, минимальные контуры должны составлять не менее 4 пикселей. Поэтому оценка детальности выполнялась с учетом данного параметра в 3 600 кв. м, принимаемого нами как исходная графическая точность карты, обусловленная источником, взятым для ее составления и масштабом создаваемой карты. При этом также следовало учитывать, что линейно вытянутые контуры, даже имеющие площадь более 3 600 кв. м, не могут быть отображены на созданной карте.

При оценке детальности карты по снимку QuickBird и аэроснимку подсчет для отдельных участков площади невыделенных типов, дешифрируемых на снимках сверхвысокого пространственного разрешения, но не отображенных на созданной карте растительности, показал, что площадь невыделенных типов, имеющих компактную форму на местности, не превышает 4 тыс. кв. м, а для линейно вытянутых объектов (в основном это болота) при ширине 30—40 м может достигать 7—8 тыс. кв. м. Такая детальность является приемлемой для карты масштаба 1:50 000 (1 кв. мм на карте масштаба 1:50 000 соответствует 2 500 кв. м на местности).

Правильность определения выделяемых растительных типов проверяли на участке, покрываемом снимком QuickBird, где в 2009 г. проводили маршрутную геоботаническую съемку. Главным условием при проверке стало соответствие типа растительности на карте таковому на снимке, что должно подтвердить правильное отнесение растительности к трем основным типам — тундрам, березовым криволесьям и болотам. Также проверяли правильность выделения классов легенды внутри основных типов растительности. Погрешности их выделения также важно учитывать при оценке качества карты, однако они не так значительны, как ошибки отнесения к типам растительности. При анализе карты и снимка QuickBird не было выявлено каких-либо грубых замечаний по содержанию созданной карты и соответствию классов легенды контурам на местности.

Анализ точности проведения границ растительных типов показал, что наиболее точно проведены границы озер, болот и типов березовых криволесий. В основном, неточности в проведении границ носят случайный характер и не отражают каких-либо природных закономерностей. За исключением случаев, описанных ниже, все выделенные типы имеют одинаковый характер точности проведения границ, обусловленный лишь пространственным разрешением снимка. В целом, точность проведения границ составляет около 30—40 м.

Наибольшие неточности (до 100 м расхождения) в проведении границ между типами были отмечены на границе кустарничковой тундры и травяно-кустарничкового березового криволесья. Именно этот контакт является наиболее проблемным для дешифрирования в данном районе по снимкам относительно высокого пространственного разрешения в силу того, что значения яркости кроны деревьев и их теней в сумме дают яркость, близкую к яркости кустарничковых тундр [11].

Точнее всего передаются границы типов с большой долей участия светлых лишайников: кустарничково-лишайниковые тундры, березовые кустарничково-лишайниковые криволесья, кустарничково-лишайниковые мелкобугристые «сухие болота». Это связано с тем, что даже небольшое участие лишайников в ассоциации однозначно выявляет их на снимке относительно высокого пространственного разрешения (участие от 20 % выявляется с достоверностью 85 %) [15]. Точность проведения этой границы в среднем не хуже 30 м (в отдельных случаях до 50 м). Однако граница между кустарничково-лишайниковой и кустарничковой тундрой проведена с значительно меньшей определенностью. Это связано с тем, что на местности зона тундры наиболее гетерогенна, она представляет собой мозаичное сочетание разных типов, и на снимке худшего пространственного разрешения данная мозаичность не передается. На карте невозможно передать каждый контур этих двух сообществ, однако верно можно показать их постепенную смену вверх по склону, и преобладание на вершинах кустарничково-лишайниковых тундр.

Таким образом, созданная карта растительности является удовлетворительной по точности, достоверности и полноте содержания.

Анализ крупномасштабной карты ключевого лесотундрового участка

Построение крупномасштабной геоботанической карты может быть выполнено на основе совместного автоматизированного и визуального дешифрирования космоснимка и анализа топографической карты при наличии данных маршрутной геоботанической съемки территории. На крупномасштабной карте растительности лесотундрового района на севере Кольского полуострова ярко проявляются общие закономерности и характерные черты рас-

тительного покрова, в частности, чередование березовых криволесий, тундр и болот. В целом, по картометрическим данным преобладающим типом растительности на территории исследования являются тундры, занимающие около 40 % площади всей территории, березовые криволесья занимают около 30 % территории, болота — 20 %, озера и крупные водотоки — 10 % (табл. 1).

Таблица 1

Соотношение площадей, занимаемых различными типами растительных сообществ на участке исследования

Тип растительных сообществ	Площадь, кв. км	Процент от общей площади участка исследования
Тундры	530,0	37,9
Кустарничково-лишайниковые тундры	235,5	16,8
Кустарничковые тундры	294,5	21,1
Березовые криволесья	389,3	27,9
Березовые криволесья кустарничково-лишайниковые	67,1	4,8
Березовые криволесья кустарничковые зеленомошные	224,0	16,0
Березовые криволесья травяно-кустарничковые	42,0	3,0
Березовые криволесья злаково-высокотравные и разнотравные	14,8	1,1
Заболоченные березовые криволесья мелкобугристые и кочковатые	41,4	3,0
Болота	320,1	23,0
Травяно-сфагновые сильно обводненные болота	102,9	7,4
Травяно-кустарничково-сфагновые, мелкобугристые среднеобводненные болота	106,7	7,6
Лишайниково-кустарничковые и кустарничково-лишайниковые мелкобугристые «сухие болота»	110,5	7,9
Озера и крупные реки	158,0	11,3
Общая площадь участка исследования	1397,4	100

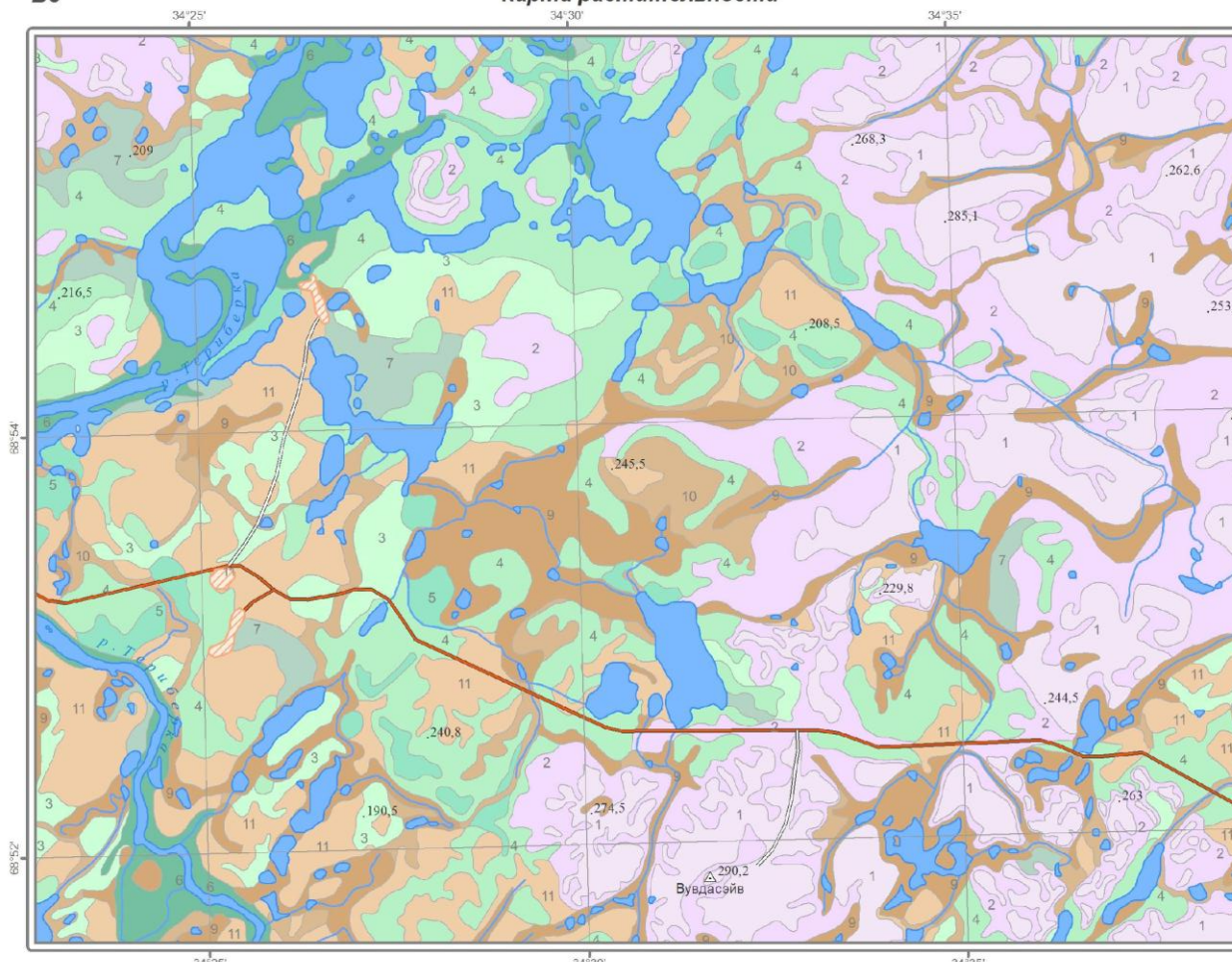
Наибольшая площадь тундровых участков, по-видимому, свидетельствует против отнесения данного района подзоны (или полосы) лесотундры к таежной зоне [20]. Стоит вспомнить, что на Карте растительности Европейской части СССР [6] лесотундровые березовые криволесья Кольского полуострова были целиком отнесены к зоне тундр. Несмотря на общую гетерогенность растительного покрова, на выполненной нами карте хорошо выделяются участки с преобладанием сообществ того или иного типа растительности — это **болотно-лесотундровый** и два **тундровых** участка. На болотно-лесотундровом участке, расположенном в центральной, в более пониженной части территории отмечено наиболее пестрое и мозаичное сочетание всех трех типов растительности. На карте отчетливо видно, что тунд-

ровые сообщества на болотно-лесотундровом участке являются **элементом высотной поясности**, занимая вершины возвышенностей и холмов (рис. 14, карта, лист Б3).

Два больших тундровых участка на западе и востоке территории приурочены к общему поднятию этих территорий в рельефе. Это два водораздела между реками Средняя и Териберка, а также Териберка и Воронья (рис. 14, карта, лист Б4). Здесь абсолютно преобладают тундры, а березовые криволесья приурочены к долинам рек и складкам рельефа. При достаточно высоком синтаксономическом разнообразии тундровых сообществ в районе исследований абсолютно преобладают примерно в равных долях кустарничково-лишайниковые (как правило, располагаются на местности выше в рельефе) и кустарничковые тундры (ниже в рельефе) (табл. 1). Понижения в рельефе заняты болотными массивами, которые часто соседствуют с белоусовыми и субнивальными ивково-мелкотравными тундровыми луговинами. На сырых и пологих тундровых склонах обычны склоновые болота. Комплексное строение отмечено для всех тундровых болотных массивов, но элементы комплекса небольшие, площадь осоково-пушицевых фаций в мочажинах — квадратные дециметры и метры, площадь мелкобугристого комплекса — десятки квадратных метров (рис. 16).

Б3

Карта растительности



Составлено на основе космического снимка Landsat TM 2005 г. и по данным полевых наблюдений 2009-2011 гг. Исправлено по космическому снимку Landsat TM 2011 г. Состояние местности на 2011 г. Система координат 1942 г. Проекция Гаусса-Крюгера, 6 зона.

1:50 000
В 1 см 500 м
0 0.5 1 1.5 2 км



- Условные обозначения**
- Тундры**
- 1 **Кустарничково-лишайниковые** на вершинах моренных холмов, выходах коренных пород (арктоусово-воронично-флавоцетрариево-кладониевые)
 - 2 **Лишайниково-кустарничковые** на склонах возвышенностей, холмов (кладониево-вороничные, ерниково-вороничные, чернично-вороничные)
 - 3 **Березовые кривоlessя кустарничково-лишайниковые** на склонах северной и северо-восточной экспозиции (воронично-кладониевые, воронично-флавоцетрариево-кладониевые), сомкнутость 0,1-0,3
 - 4 **Березовые кривоlessя кустарничковые зеленомошные** на склонах восточной, юго-восточной, северо-западной экспозиции (чернично-вороничные зеленомошные, чернично-вороничные лишайниково-зеленомошные), сомкнутость 0,3-0,5
 - 5 **Березовые кривоlessя травяно-кустарничковые** в нижних частях склонов южной и юго-западной экспозиции (деренно-чернично-вороничные, папоротниково-деренно-черничные зеленомошные).
 - 6 **Березовые кривоlessя злаково-высокотравные и разнотравные** по речным долинам и приручьям, сомкнутость 0,5-0,7
 - 7 **Заболоченные березовые кривоlessя мелкобугристые и кочковатые** в межрядовых понижениях (моршкovo-багульниково-воронично-зеленомошно-сфагновые), сомкнутость 0,3-0,5
 - 8 **Ивняки вдоль рек и ручьев**
- Болота**
- 9 **Травяно-сфагновые обводненные болота** вдоль водотоков, около озер (осоково-пушицево-сфагновые) **сильно**
 - 10 **Травяно-кустарничково-сфагновые, мелкобугристые среднеобводненные** (осоково-моршкovo-кустарничково-зеленомошные бугры и осоково-пушицево-сфагновые мочажины)
 - 11 **Лишайниково-кустарничковые и кустарничково-лишайниковые** (кустарничково-кладониевые) **сухие** краевые и возвышенные участки болот
- ~ Реки — Шоссе ■ Населенные пункты
● Озера — Грунтовые дороги ■ Карьеры

Рис. 14. Переход от болотно-лесотундрового участка (долина р. Териберки, левая часть листа карты) к тундровому участку (запад водораздела между р. Териберкой и Вороньей)

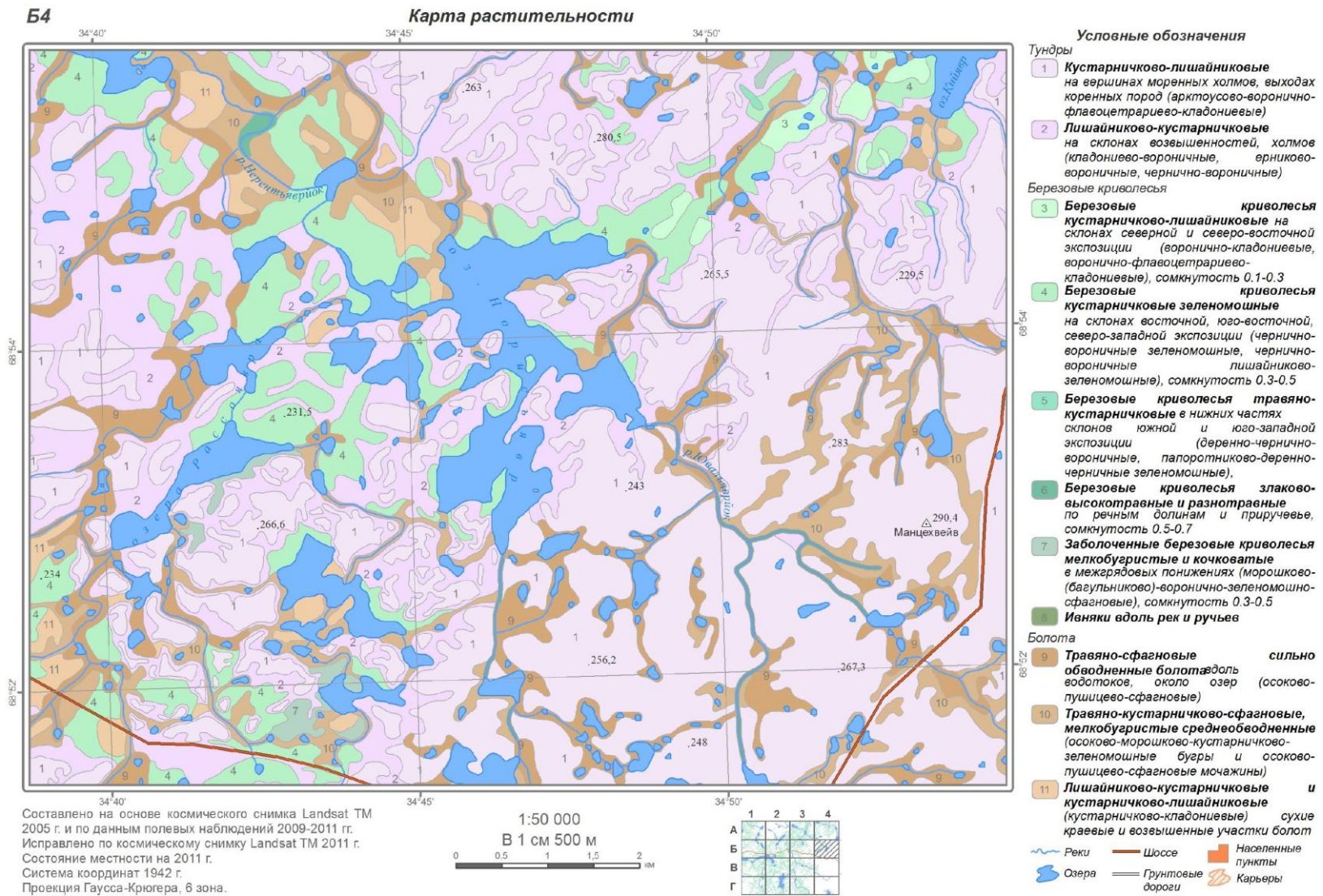


Рис. 15. Тундровый участок на западе водораздела между р. Териберкой и Вороньей. Болотно-криволесные сочетания в долине озер, сетчатое чередование болотных массивов в долинах и понижениях и тундровых сообществ на повышениях мезорельефа

На лесотундровом участке тундры занимают вершины холмов, березовые криволеся приурочены к склонам холмов, выположенным равнинным участкам, долинам крупных рек, а болота — к наиболее пониженным участкам местности и локальным бессточным понижениям возвышенных территорий, тектоническим складкам, часто сопряжены с долинами ручьев. Более половины березовых криволесий и редколесий приходится на кустарничково-зеленомошные типы, а лишайниковые и заболоченные типы находятся в равном соотношении. Последние могут рассматриваться и как кустарничково- и кустарничково-зеленомошно-кладониевые мелкобугристые болота с разреженным древесным ярусом из *Betula pubescens* ssp. *czerepanovii*, хотя на снимке они достаточно уверенно отличаются от болотных массивов. Менее всего распространены злаково-высокотравные и разнотравные березовые криволеся. Комплексность растительного покрова, отраженная на крупномасштабной карте, особенно отчетливо проявляется на болотах лесотундрового района: здесь центральные, более обводненные болотные фации окружены менее обводненным мелкобугристым комплексом и на окрайке — «сухими болотами», где аспект создают кладониевые лишайники (рис. 17). Болотные массивы могут включать все эти три комплекса фаций, представленные в легенде, но достаточно обычны и массивы из двух компонентов (например, мелкобугристо-топяные или кочковато-ковровые комплексы). Болотные массивы занимают обширные площади, при этом не только в понижениях мезорельефа, но и в нижних частях склонов холмов. Размеры элементов комплекса (фаций и их комплексов) в лесотундрово-болотном участке больше, чем на тундровых участках. Это десятки и сотни квадратных метров.



Рис. 16. Мелкобугристо-кочковато-ковровый болотный массив на тундровом участке района исследований



Рис. 17. Болотно-криволесное сочетание как основной элемент растительного покрова на лесотундровом участке района исследований. На переднем плане мелкобугристо-топяной болотный массив с озерком и протокой и с лишайниковой окрайкой

Заключение

Таким образом, преобладание в районе исследований тундровых сообществ и мелкобугристых грядово-мочажинных и грядово-топяных болотных комплексов, по-видимому, говорит о весьма условном размещении лесотундровой полосы на севере Кольского полуострова участка в таежной зоне, как это принято в современном зонировании растительности. Постепенный переход от сообществ березовых криволесий и редколесий (лесотундры) к тундрам в районе исследования происходит как по мере движения на север и северо-восток, так и по мере повышения абсолютной высоты над уровнем моря. Наиболее общая выявленная по карте закономерность — как и ожидалось, согласованность характера растительного покрова с рельефом, выраженная на микро-, мезо- и макроуровне. Два тундровых участка на западе и востоке района исследования приурочены к общему поднятию этих территорий в рельефе, участок березовых криволесий и болот приурочен к центральной, со средними высотами части территории и наиболее пониженной части территории по долине реки Териберки. Внутри этих участков также четко выражается приуроченность болот к пониженным долинам рек и ручьев, а тундр и березовых криволесий — к более возвышенным участкам.

При отображении района исследований на средне- и мелкомасштабной карте в качестве хорологической единицы, представляющей лесотундровый участок, может выступать редколесно-болотное сочетание мелкобугристых грядово-мочажинных и кочковато-топяных болот в депрессиях мезорельефа с березовыми криволесьями на склонах возвышенностей. Для тундровых участков на карте среднего и мелкого масштаба такой хорологической еди-

ницей является кустарничковые и кустарничково-лишайниковые тундры в сочетании с мелкобугристыми грядово-мочажинными и кочковато-топяными болотами.

Литература

1. Барталев С. А., Белвард А. С., Ершов Д. В., Исаев А. С. Карта наземных экосистем Северной Евразии по данным SPOT-Vegetation. Проект Global Land Cover 2000. Информационная система TerraNorte. Институт космических исследований РАН, 2004.
2. Боч М. С. О болотах лесной полосы Кольского полуострова // Ботан. журнал. 1989. Т. 74, № 12. С. 1747—1756.
3. Бреслина И. П. Флора и растительность Семи островов и прилегающего побережья Восточного Мурмана. Дис. ... канд. биол. наук. Кандалакша, 1970. 339 с.
4. Елина Т. А., Похилько А. А., Бойчук М. А. Болотные экосистемы полуострова Рыбачий (Мурманская область) // Материалы симпозиума «Динамика болотных экосистем», Петрозаводск, 2000. С. 38—48.
5. Игнатов М. С., Афонина О. М. Список мхов территории бывшего СССР // *Arctoa*. 1992. Т. 1, № 1—2. С. 187.
6. Карта растительности Европейской части СССР. 1:2 500 000. М.: Академия наук СССР, Ботанический институт им. В. Л. Комарова, 1948 г. Отв. ред. Лавренко Е. М.
7. Константинова Н. А., Потёмкин А. Д., Шляков Р. Н. Список печеночников и антоцеротовых территории бывшего СССР // *Arctoa* Т. 1, № 1—2. 1992. С. 87—27.
8. Королёва Н. Е. Основные биотопы горных и зональных тундр Мурманской области // Вестник МГТУ. 2008. Т. 11, вып. 3. С. 533—542.
9. Королёва Н. Е. Основные биотопы северо-таежных лесов и березовых криволесий Мурманской области: ландшафтное и ботаническое разнообразие, необходимость охраны // Вестник МГТУ. 2011. Т. 14, вып. 4. С. 812—832.
10. Кравцова В. И., Лошкарёва А. Р. Оценка дешифрируемости северной растительности на космических снимках 30-метрового разрешения на основе детальных космических снимков // Геодезия и картография. 2010а. № 8. С. 33—41.
11. Кравцова В. И., Лошкарёва А. Р. Исследование северной границы леса по космическим снимкам разного разрешения // Вестник МГУ. Сер. геогр. 2010б. № 6. С. 49—57.
12. Кузнецов О. Л. Растительность болот // Разнообразие биоты Карелии: условия формирования, сообщества, виды / Ред. А. Н. Громцев, С. П. Китаев, В. И. Крутов, Т. Линдхольм, Е. Б. Яковлев. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2003. 262 с.
13. Лошкарёва А. Р. Исследование и картографирование современного состояния и динамики северной растительности на примере Кольского полуострова на основе космических снимков // Магистерская диссертация. МГУ им. М. В. Ломоносова, географический ф-т, каф. картографии и геоинформатики. Москва, 2012. 110 с.
14. Миркин Б. М., Наумова Л. Г. Современное состояние основных концепций науки о растительности // Уфа, Гилем. 2012. 488 с.
15. Михеева А. И. Исследование изменений верхней границы леса по аэрокосмическим снимкам // Геодезия и картография. 2011. № 1. С. 31—36.

16. Нешатаев В. Ю. (ред.) Лапландский государственный заповедник. Восточная часть. Растительный покров. Масштаб 1:50 000. СПб: СПбГЛТА, БИН РАН, ООО «Аконит», 2 листа. 2008.
17. Паянская-Гвоздева И. И. Анализ структуры растительного покрова северной тайги Кольского полуострова : автореферат дис. ... канд. биол. наук: 03.00.05 / АН СССР. Ботанич. ин-т им. В. Л. Комарова, Ленинград, 1988. 20 с.
18. Паянская-Гвоздева И. И. Структура растительного покрова северной тайги Кольского полуострова. Л.: Изд-во Ботан. ин-та, 1990. 182 с.
19. Пузаченко М. Ю., Чёрненькова Т. В., Басова Е. В. Природно-антропогенная вариабельность растительного покрова центральной части Мурманской области и ее картографическое отображение // Отечественная геоботаника: основные вехи и перспективы. Материалы Всероссийской научной конференции с международным участием. СПб, 2011. Т. 1. С. 408—411.
20. Растительность Европейской части СССР. Л.: Наука, 1980 г. 429 с.
21. Растительный покров СССР: Пояснительный текст к «Геоботанической карте СССР» / ред. Е. М. Лавренко, В. Б. Сочава. М. — Л.: Изд-во АН СССР, 1956. Т. 1. С. 8—189, 319—346. Т. 2. С. 475—572.
22. Сохранение ценных природных территорий Северо-Запада России. Анализ репрезентативности сети ООПТ Архангельской, Вологодской, Ленинградской и Мурманской областей, Республики Карелия, Санкт-Петербурга / Ред. К. Н. Кобяков. СПб., 2011. 506 с.
23. Смагин В. А. Растительность мочажин, ерсеев и олиготрофных топей болот Европейского Севера России // Ботан. журн. 1999а. Т. 84, № 1. С. 104—116.
24. Смагин В. А. Растительность мезотрофных топей, мочажин аапа болот, ерсеев бугристых болот Севера европейской России // Ботан. журн. 1999б. Т. 84, № 7. С. 80—96.
25. Уваров И. А. Разработка и использование технологии локально-адаптивной классификации данных спутниковых наблюдений для распознавания типов земного покрова. Автореферат дис. ... канд. техн. наук. М.: 2010 г. 24 с.
26. Юрковская Т. К. Геоботаническое картографирование и составление аналитических карт растительности // Актуальные проблемы геоботаники. III Всероссийская школа-конференция. Лекции. 2007. С. 43—71.
27. Kalliola R. Pflanzensoziologische Untersuchungen in der alpinen Stufe Finnisch Laplands // Ann. Bot. Soc. Zool. Bot. 'Vanamo'. 1939. Bd. 14. 321 s.
28. Koroleva N. E. Mountain Birch Forests of Murmansk Province, Russia // Skograektarritith. 2001. P. 137—143
29. Moosberg B., Steinberg L. Den nya nordiska floran. Wahlstrom et Widstrand, 2003. 928 p.
30. Santesson R., Moberg R., Nordin A., Tønsberg T., Vitikainen O. Lichen-forming and lichenicolous fungi of Fennoscandia. Uppsala. 2004. 359 p.
31. Барталев С. А., Белвард А. С., Ершов Д. В., Исаев А. С. Карта наземных экосистем Северной Евразии по данным SPOT-Vegetation. Проект Global Land Cover 2000. Информационная система TerraNorte. Институт космических исследований РАН, 2004.
32. Боч М. С. О болотах лесной полосы Кольского полуострова // Ботан. журнал. 1989. Т. 74, № 12. С. 1747—1756.

33. Бреслина И. П. Флора и растительность Семи островов и прилегающего побережья Восточного Мурмана. Дис. ... канд. биол. наук. Кандалакша, 1970. 339 с.
34. Елина Т. А., Похилько А. А., Бойчук М. А. Болотные экосистемы полуострова Рыбачий (Мурманская область) // Материалы симпозиума «Динамика болотных экосистем», Петрозаводск, 2000. С. 38—48.
35. Игнатов М. С., Афонина О. М. Список мхов территории бывшего СССР // *Arctoa*. 1992. Т. 1, № 1—2. С. 187.
36. Карта растительности Европейской части СССР. 1:2 500 000. М.: Академия наук СССР, Ботанический институт им. В. Л. Комарова, 1948 г. Отв. ред. Лавренко Е. М.
37. Константинова Н. А., Потёмкин А. Д., Шляков Р. Н. Список печеночников и антоцеротовых территории бывшего СССР // *Arctoa* Т. 1, № 1—2. 1992. С. 87—27.
38. Королёва Н. Е. Основные биотопы горных и зональных тундр Мурманской области // *Вестник МГТУ*. 2008. Т. 11, вып. 3. С. 533—542.
39. Королёва Н. Е. Основные биотопы северо-таежных лесов и березовых криволесий Мурманской области: ландшафтное и ботаническое разнообразие, необходимость охраны // *Вестник МГТУ*. 2011. Т. 14, вып. 4. С. 812—832.
40. Кравцова В. И., Лошкарёва А. Р. Оценка дешифрируемости северной растительности на космических снимках 30-метрового разрешения на основе детальных космических снимков // *Геодезия и картография*. 2010а. № 8. С. 33—41.
41. Кравцова В. И., Лошкарёва А. Р. Исследование северной границы леса по космическим снимкам разного разрешения // *Вестник МГУ. Сер. геогр.* 2010б. № 6. С. 49—57.
42. Кузнецов О. Л. Растительность болот // *Разнообразие биоты Карелии: условия формирования, сообщества, виды* / Ред. А. Н. Громцев, С. П. Китаев, В. И. Крутов, Т. Линдхольм, Е. Б. Яковлев. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2003. 262 с.
43. Лошкарёва А. Р. Исследование и картографирование современного состояния и динамики северной растительности на примере Кольского полуострова на основе космических снимков // *Магистерская диссертация. МГУ им. М. В. Ломоносова, географический ф-т, каф. картографии и геоинформатики. Москва, 2012. 110 с.*
44. Миркин Б. М., Наумова Л. Г. Современное состояние основных концепций науки о растительности // *Уфа, Гилем*. 2012. 488 с.
45. Михеева А. И. Исследование изменений верхней границы леса по аэрокосмическим снимкам // *Геодезия и картография*. 2011. № 1. С. 31—36.
46. Нешатаев В. Ю. (ред.) Лапландский государственный заповедник. Восточная часть. Растительный покров. Масштаб 1:50 000. СПб: СПбГЛТА, БИН РАН, ООО «Аконит», 2 листа. 2008.
47. Паянская-Гвоздева И. И. Анализ структуры растительного покрова северной тайги Кольского полуострова : автореферат дис. ... канд. биол. наук : 03.00.05 / АН СССР. Ботанич. ин-т им. В. Л. Комарова, Ленинград, 1988. 20 с.
48. Паянская-Гвоздева И. И. Структура растительного покрова северной тайги Кольского полуострова. Л.: Изд-во Ботан. ин-та, 1990. 182 с.
49. Пузаченко М. Ю., Чёрненко Т. В., Басова Е. В. Природно-антропогенная вариабельность растительного покрова центральной части Мурманской области и ее картогра-

- фическое отображение // Отечественная геоботаника: основные вехи и перспективы. Материалы Всероссийской научной конференции с международным участием. СПб, 2011. Т. 1. С. 408—411.
50. Растительность Европейской части СССР. Л.: Наука, 1980 г. 429 с.
51. Растительный покров СССР: Пояснительный текст к «Геоботанической карте СССР» / ред. Е. М. Лавренко, В. Б. Сочава. М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1956. Т. 1. С. 8—189, 319—346. Т. 2. С. 475—572.
52. Сохранение ценных природных территорий Северо-Запада России. Анализ репрезентативности сети ООПТ Архангельской, Вологодской, Ленинградской и Мурманской областей, Республики Карелия, Санкт-Петербурга/ Ред. К. Н. Кобяков. СПб., 2011. 506 с.
53. Смагин В. А. Растительность мочажин, ерсеев и олиготрофных топей болот европейского севера России // Ботан. журн. 1999а. Т. 84, № 1. С. 104—116.
54. Смагин В. А. Растительность мезотрофных топей, мочажин аапа болот, ерсеев бугристых болот севера европейской России // Ботан. журн. 1999б. Т. 84, № 7. С. 80—96.
55. Уваров И. А. Разработка и использование технологии локально-адаптивной классификации данных спутниковых наблюдений для распознавания типов земного покрова. Автореферат дис. ... канд. техн. наук. М.: 2010. 24 с.
56. Юрковская Т. К. Геоботаническое картографирование и составление аналитических карт растительности // Актуальные проблемы геоботаники. III Всероссийская школа-конференция. Лекции. 2007. С. 43—71.
57. Kalliola R. Pflanzensoziologische Untersuchungen in der alpinen Stufe Finnisch Lapplands // Ann. Bot. Soc. Zool. Bot. 'Vanamo'. 1939. Bd. 14. 321 s.
58. Koroleva N. E. Mountain Birch Forests of Murmansk Province, Russia // Skograektarritith. 2001. P. 137—143.
59. Moosberg B., Steinberg L. Den nya nordiska floran. Wahlstrom et Widstrand, 2003. 928 p.
60. Santesson R., Moberg R., Nordin A., Tønsberg T., Vitikainen O. Lichen-forming and lichenicolous fungi of Fennoscandia. Uppsala. 2004. 359 p.

*Рецензент — Филиппов Борис Юрьевич,
доктор биологических наук, профессор*