

А. Р. ЛОШКАРЕВА¹, Н. Е. КОРОЛЕВА²

**КРУПНОМАСШТАБНАЯ КАРТА РАСТИТЕЛЬНОСТИ
КЛЮЧЕВОГО УЧАСТКА В ЛЕСОТУНДРЕ КОЛЬСКОГО ПОЛУОСТРОВА:
МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ СОСТАВЛЕНИЯ И АНАЛИЗ**

¹НП «Прозрачный мир»

119021, г. Москва, ул. Россолимо, 5/22, стр. 1, aloshkareva@gmail.com

²Полярно-альпийский ботанический сад-институт им. Н.А. Аврорина КНЦ РАН
184209, г. Апатиты, ул. Ферсмана, 18А, flora012011@yandex.ru

Карты растительности крупного масштаба на отдельные районы Мурманской области были составлены в 20-е – 30-е гг. прошлого века. Это карта растительности Хибинского массива, м. 1 : 200 000 (Аврорин и др., 1936), карта растительности Монче-тундры, м. 1 : 200 000 (Боброва, Качурин, 1936) и др. Позднее крупномасштабное картографирование (м. 1 : 200 000, а местами 1 : 25 000 и 1 : 10 000) проводили в связи с организацией оленеводческих колхозов и при землеустроительных работах. Результаты этих работ не опубликованы, хотя были использованы при составлении областных карт землеустройства, оленьих пастбищ и лесной таксации. На их основе была создана “Карта растительности Мурманской области, м. 1 : 1 000 000”, также не опубликованная полностью (Чернов, 1953). За прошедшие более полувека с момента ее создания растительность, как и, в целом, природа Мурманской области, претерпела значительные изменения, и в настоящее время необходимо изучение и картографирование их современного состояния.

Опубликованных в последние десятилетия крупномасштабных карт для Мурманской области очень мало: это карта растительности Лапландского заповедника, м. 1 : 50 000 (ред. Нешатаев, 2008), карта повреждений растительности в зоне воздействия комбината «Североникель», м. 1 : 250 000 (Экологический..., 1999, с. 43), карта растительности центральной части Мурманской области, м. 1 : 100 000 (Пузаченко и др., 2011). Для инвентаризации биологически ценных растительных сообществ и сети охраняемых территорий (GAP-анализ) создана “Карта основных типов растительного покрова Северо-Западной России (м. 1 : 7 500 000)” (Сохранение..., 2011, с. 82), доступная для просмотра и в более крупном масштабе (<http://gis.transparentworld.ru/gapnw/>). Поскольку объектом GAP-анализа растительности были, главным образом, леса, отображение болот Мурманской области, а также тундровой и лесотундровой зон на ней очень схематично и неточно. Большая часть карт опубликована в очень ограниченном количестве (в виде диссертаций и отчетов) (Бреслина, 1970; Паянская-Гвоздева, 1988 и др.). Между тем, крупномасштабные карты наглядно демонстрируют структуру растительного покрова и его взаимоотношение с другими компонентами физико-географической среды. Они служат основой для карт среднего и мелкого масштаба. Особенно актуально создание крупномасштабной карты для изучения состава и структуры растительного покрова экотона между тайгой и тундрой, для исследования динамики северной границы древесной растительности. Цель данной статьи – представить результаты крупномасштабного картографирования растительности ключевого участка на севере Кольского полуострова, в районе озера Канентъявр: карту, созданную с использованием данных космических снимков и полевых наблюдений, и анализ закономерностей распределения растительного покрова на основе карты.

Район работ расположен в северной части Кольского полуострова, к востоку от Мурманска, в районе оз. Канентъявр – среднего течения р. Териберка, близ северной границы лесотундры (рис. 1), его площадь около 1400 км². Во время полевых исследований 2009–2012 гг. была выполнена маршрутная геоботаниче-

ская съемка, сделано около 200 геоботанических описаний с точной привязкой по географическим координатам и проведено сопоставление контуров растительности на местности с контурами, выявленными на космическом снимке.

Геологическая основа района исследования – архейские кристаллические породы, переработанные карельской складчатостью. Рельеф расчлененный – холмисто-грядовый, с относительным превышением высот до 150–200 м. Максимальная высота – г. Дальняя (389 м н. у. м.), отметки урезов рек и озер в среднем 180 м н. у. м. Тектонические морфоструктуры с выположенными (иногда платообразными) вершинами чередуются с моренными холмами и грядами, заболоченными понижениями и долинами ручьев и рек.

Почвообразующие породы – щебнистая морена, элювий кристаллических коренных пород, в древней долине р. Териберки – мощные песчаные флювиогляциальные отложения, а в бессточных ложбинах и заболоченных долинах – торфяные отложения. На мелкобугристых болотах в 25–30 см от поверхности бугра присутствует мерзлое торфяное ядро.

Гидрографическая сеть представлена относительно крупными реками Кольйок и Териберка, ручьями и многочисленными озерами, крупные реки имеют узкие участки развитой поймы.

Пересеченный рельеф, близость водоупорного горизонта и гумидный характер климата обусловили высокую заболоченность территории, особенно в долинах ручьев, по берегам озер и на равнинах между возвышенностями. Гетерогенность физико-географической среды прослеживается в чередовании тундровых и лесных сообществ, а также болотных комплексов в сочетании с многочисленными озерами.

Для составления карты в масштабе 1 : 50 000 было выбрано пространственное разрешение космического снимка, как источника для ее составления, от 10 до 30 м. Кроме того, снимок должен был удовлетворять таким требованиям, как отсутствие на нем облачности, выполнение съемки в период активной вегетации растений, значительный пространственный охват. Данным требованиям соответствовал снимок Landsat TM от 05.07.2005 г. с пространственным разрешением 30 м, второй дополнительный – снимок с небольшим облачным покрытием от 12.06.2011 г., для учета появившихся антропогенных объектов (таких, как новые карьеры и дороги к ним).

Для карты было разработано два варианта легенды, сокращенный – для широкого круга пользователей и полный – для специалистов и научных исследований.

Дешифровочные признаки картируемых единиц растительности

Карта растительности составлена на основе геоботанических работ с использованием визуального дешифрирования снимка в варианте RGB синтеза с красным отображением растительности (зеленая зона снимка выбрана в качестве синей составляющей (B), красная – зеленой (G) и инфракрасная – красной (R), т. е. RGB:432).

При проведении геоботанической съемки и анализе описаний были определены не только основные цветовые дешифровочные признаки типов растительных сообществ в данном варианте синтеза, но также выявлена их приуроченность к определенным формам мезорельефа, что позволило разделить на карте даже те из них, которые не отличаются по спектральным характеристикам. На основе полученных выводов в дальнейшем и производилось визуальное дешифрирование снимков для всей территории исследования. При визуальном дешифрировании снимка, помимо учета спектральных свойств, необходимо постоянно сверяться с рельефом территории по топографической карте.

Автоматизированную классификацию всего снимка в целом для данной территории осуществить не удалось, так как различные типы растительности отличаются не только по спектральным характеристикам, но и по приуроченности к рельефу местности и по другим признакам. Только отдельные типы растительности выделены автоматически.

ТУНДРЫ

Кустарничково-лишайниковые тундры включают сообщества асс. *Empetro–Betuletum nanae* Nordh. 1943 subass. *typicum* (син. *Empetretum nigri lichenosum* (Regel, 1922-1923) в сочетании с асс. *Arctostaphylo (alpinae)–Empetretum hermaphroditum* (Zinserling 1935) Koroleva 1994).

Сообщества приурочены к повышенным формам рельефа – вершинам холмов, а также к возвышенному водоразделу на востоке района исследования. Благодаря преобладанию светлых лишайников в сообществах, на снимке эти тундры отображаются белым, светло-голубоватым цветом. Такие же светлые лишайники создают аспект и в кустарничково-лишайниковых мелкобугристых «сухих болотах», приуроченных к равнинным и пониженным формам мезорельефа. При отрисовке контуров данного типа тундр необходимо использовать топографические карты, чтобы отделить их от «сухих болот», которые имеют похожее по цвету изображение.

Лишайниково-кустарничковые тундры в сочетании с мохово- и травяно-кустарничковыми относятся к асс. *Phyllocladon–Vaccinietum myrtilli* Nordh. 1943 (син. *Empetretum–Vaccinietum microbetulosum* (Regel, 1922-1923) и к асс. *Empetro–Betuletum nanae* Nordh. 1943 субасс. *pleurozietosum* (син. *Betula nana – Hylocomium proliferum – moosreiche* soz. (Kalliola, 1939).

Сообщества занимают склоны и невысокие вершины моренных гряд и холмов, обычно расположены по склону ниже кустарничково-лишайниковых сообществ, как бы окаймляя их.

На снимке они изображаются светло-розовым и серовато-розовым цветом (в зависимости от экспозиции склона, т. е. от условий освещенности при съемке). В сообществах участвуют единичные деревья, которые невозможно распознать на снимке данного пространственного разрешения. Автоматическое дешифрирование этого типа сообществ сильно затруднено вследствие близких спектральных характеристик с заболоченными и кустарничково-зеленомошными березовыми криволесьями.

БЕРЕЗОВЫЕ КРИВОЛЕСЬЯ

Верхняя граница древесной растительности проходит в районе исследования на 230–240 м н. у. м. Березовые криволесья и редколесья кустарничково-лишайниковые включают сообщества асс. *Empetro–Betuletum nanae* Nordh. 1943 subass. *betuletosum czerepanovii* (син. *Parvo–Betuletum cladinosum* (Аврорин и др., 1936)).

На снимке они изображаются светло-розовым цветом со значительной долей белых вкраплений, по цвету очень похожи на кустарничковые тундры, однако достаточно уверенно дешифрируются визуально за счет частых белых вкраплений в общий светло-розовый фон, что не характерно для изображений тундровых сообществ. Помимо этого, для кустарничково-лишайниковых березовых криволесий не характерно «опоясывающее» расположение вокруг сообществ кустарничково-лишайниковых тундр.

Автоматическое дешифрирование этих сообществ по спектральным признакам не представляется возможным, так как они не обладают единым, характерным для них спектральным образом, и при выполнении автоматической класси-

фикации на основе яркостных характеристик переходит частично в типы кустарничковых тундр и кустарничково-зеленомошных березовых криволесий.

Березовые криволесья кустарничковые зеленомошные относятся к асс. *Empetro-Betuletum pubescentis* Nordh. 1943 (син. *Betuletum empetrosum* (Regel, 1922-1923)).

На снимке этот тип сообществ изображается темно-розовым цветом. Автоматическое дешифрирование сильно затруднено вследствие близких спектральных характеристик с кустарничковыми тундрами на затененных участках и заболоченными березовыми криволесьями, и для их разделения необходимо привлечение топографической карты, но от всех прочих типов отделяется достаточно хорошо.

Березовые криволесья травяно-кустарничковые включают сообщества асс. *Empetro-Betuletum pubescentis* Nordh. 1943, var. *Chamaepericlymenum suecicum* (син. *Betuletum cornoso-myrtillosum* (Regel, 1922-1923)).

Сообщества расположены в нижних частях и на перегибах склонов, в озерных и речных долинах и в неглубоких складках и на уступах холмов. На снимке изображаются самым насыщенным, ярко розовым цветом, и очень хорошо отличаются от всех других типов сообществ, кроме злаково-высокотравных и разнотравных криволесий и березовых лесов в долинах рек, от которых отделяются по положению в рельефе.

Выделение данных сообществ путем выполнения автоматизированной классификации возможно, однако, после ее проведения необходима полная визуальная проверка результатов.

Березовые леса и криволесья злаково-высокотравные и разнотравные относятся к асс. *Rumici lapponici-Betuletum pubescentis* ass. nov. prov. в сочетании с асс. *Filipendulo-Salicetum phyllicifoliae* (Nordh. 1943) Dierssen 1982.

На снимке изображаются самым насыщенным, ярко розовым, бордовым цветом и очень хорошо отличаются от других единиц, кроме травяно-кустарничковых криволесий. Выделение путем выполнения автоматизированной классификации возможно.

Заболоченные березовые криволесья принадлежат к асс. *Betuletum chamaemorosum* и асс. *Betuletum tortuosae chamaemorosum* (Regel, 1922-1923). Дешифрирование данных криволесий очень затруднительно. На снимке они представляют собой чередование пикселей розового цвета 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. 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 отнести к данному типу.

БОЛОТА

Типология лесотундровых и тундровых болот восточной и центральной части области недостаточно разработана. Более изучены болота таежной зоны (Боч, 1989; Паянская-Гвоздева, 1990; Смагин, 1999а, 1999б), есть достаточно полные данные о структуре, составе и синтаксономии, а также по стратиграфии для тундровых болот на западе области (Kalliola, 1939; Елина и др., 2000).

Для болот исследованного района характерен неоднородный микрорельеф и, как следствие, различные условия увлажнения, что ведет к сочетанию на одной

небольшой территории разных фитоценозов. Для составления карты нами были использованы комплексы фитоценозов и болотный массив как единицы картирования, различные типы были выделены на основании состава растительности и различий в обводненности и положения в рельефе, что используется в эколого-топологической классификации болот (Кузнецов, 2003).

Травяно-сфагновые сильно обводненные грядово-коврово-озерковые комплексы представляют болотные фации: ковры и топи вблизи водотоков, около озер – асс. *Drepanoclado-Caricetum aquatilis* Nordh. 1928 (с участием сообществ социаций *Eriophorum polystachion* – *Sphagnum lindbergii*, *Carex rotundata* – *Sphagnum lindbergii*, *Carex rariflora* – *Drepanocladus exannulatus*, *Scirpus austriacus* – *Sphagnum compactum* (Kalliola, 1939)) в сочетании с невысокими более сухими и олиготрофными грядами, варианты асс. *Empetro (hermaphroditi)-Sphagnetum fusci* (Du Rietz 1921) Dierssen 1982. Протоки и обширные мочажины окаймлены невысокими ивняками, отнесенными к социации *Salix lapponum* – *S. glauca* – *Carex aquatilis* – *C. rostrata* (Kalliola, 1939).

Данные сообщества встречаются как компонент более сложного болотного комплекса – мелкобугристо-грядово-мочажинного с озерками (лапландского аапа-мелкобугристого), а могут представлять самостоятельный тип болотного массива. На снимке изображаются темным сине-зеленым цветом и уверенно отделяются от всех других типов сообществ. Расположение комплексов хорошо согласуется с рельефом (они занимают наиболее пониженные участки местности), что хорошо видно на топографической карте. Тип может быть индикационно дешифрован по водотокам, поскольку берега практически всех рек и ручьев района сильно заболочены.

Благодаря значительной доле водного пространства между кочками и буграми, покрытыми растительностью, по спектральным признакам подобные комплексы гораздо более близки именно к водным объектам, а не к растительным. Поэтому наиболее сложной проблемой при дешифрировании было отделение собственно озер и крупных рек от их заболоченных берегов. Пороговое значение яркости было выбрано эмпирическим путем при выполнении автоматизированного дешифрирования водных объектов. Оставшиеся вокруг них контура были отнесены к травяно-сфагновым сильно обводненным болотам. При этом топографический рисунок болот данного типа (вытянутость вдоль водотоков, практически повсеместное «сетевое» распространение) был отрисован вручную, с учетом данных автоматизированной классификации снимка.

Травяно-кустарничково-сфагновые среднеобводненные мелкобугристо-грядово-мочажинные комплексы представлены морошково-кустарничково-зеленомошно-сфагновыми сообществами на невысоких буграх, мелкоосоково-пушицевыми мочажинами, низкими ивняками вдоль водотоков. Синтаксономический состав в основном тот же, что и у предыдущего комплекса, но преобладают асс. *Empetro (hermaphroditi)-Sphagnetum fusci* на невысоких буграх и грядах.

Данный тип комплексов составляет основную, центральную часть мелкобугристых грядово-мочажинных (лапландских мелкобугристых аапа) болотных массивов.

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.

Данный тип болот изображается на снимке серовато-розовым цветом. По спектральным признакам они близки к кустарничковым тундрам, частично к заболоченным березовым криволесьям и кустарничково-зеленомошным, поэтому их автоматизированное выделение весьма затруднительно. При визуальном же де-

шифровании, с использованием карты и снимка, тип выделяется очень хорошо, причем уверенно отображаются особенности распространения.

Лишайниково-кустарничковые и кустарничково-лишайниковые мелкобугристые болота («сухие болота») включают сообщества, которые выделяются, как варианты асс. *Empetro (hermaphroditi)-Sphagnetum fusci* и переходы к соседним тундровым и криволесным сообществам.

Данный тип может занимать окрайки мелкобугристых грядово-мочажинных болотных массивов (и входить тогда в их состав), а может развиваться вполне самостоятельно.

На снимке изображается белым цветом и по спектральным характеристикам полностью совпадает с кустарничково-лишайниковой тундрой, что связано с доминированием в сообществах обеих ассоциаций светлых лишайников. Однако, несмотря на сходный состав доминантов, они имеют абсолютно разные экологическую и геоботаническую характеристики. Тундры приурочены к возвышенностям мезорельефа, «сухие болота» – к подножиям холмов, нижним частям склонов, берегам озер. Без учета приуроченности к рельефу их разделение невозможно.

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 материалов полевых исследований и дешифрирования космических снимков была составлена карта растительности лесотундрового участка на севере Кольского полуострова в масштабе 1 : 50 000 в 2-х вариантах. Настенный вариант карты представляет собой набор карт формата А 4 на 16 отдельных листах. Второй вариант очень упрощен и дан на одном листе. Два варианта карты выполнены для удобства ее использования, как в камеральных условиях, так и при проведении полевых исследований. Карта составлена в равноугольной поперечной цилиндрической проекции Гаусса-Крюгера, шестой зоне с центральным меридианом 33°. На однолистную карту помещены две карты-врезки: обобщенная карта типов растительности в масштабе 1 : 200 000 и карта Мурманской области с показанным на ней расположением ключевого участка в масштабе 1 : 3 000 000. На многолистной карте показана схема разделения территории на отдельные листы, для каждого листа в левом верхнем углу обозначен индекс, определяющий его место в разграфке карты (рис. 1, 2).

Легенда построена по иерархическому принципу. Картируемые единицы по объему соответствуют ассоциациям эколого-флористической классификации (или группам ассоциаций эколого-фитоценотической классификации) для зональных березовых криволесий, и территориальным (хорологическим) единицам для долинных березовых криволесий, тундр и болот.

Единицы легенды, относящиеся к тундровой растительности, соответствуют комплексу ассоциаций одного союза эколого-флористической классификации (нескольких формаций эколого-фитоценотической классификации).

Единицы картирования растительного покрова болот – болотная фация (и комплекс фаций) и болотный массив. Кроме состава растительности использовали критерий различий в обводненности и положения в рельефе (эколого-топологи-



Рис. 1. Местонахождение ключевого участка

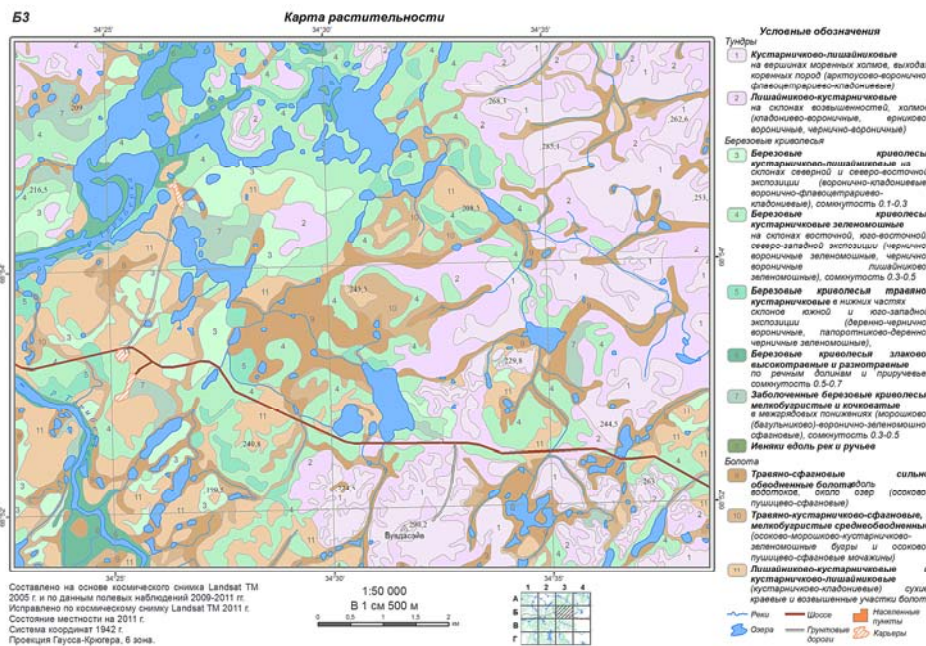


Рис. 2. Карта растительности ключевого участка

ческая классификация). Так, единицы легенды «Травяно-сфагновые сильно обводненные грядово-коврово-озерковые комплексы» или «Лишайниково-кустар-

ничковые и кустарничково-лишайниковые мелкобугристые («сухие болота»)) могут соответствовать компонентам (группам болотных фаций) более крупного мелкобугристо-грядово-мочажинного с озерами комплекса (лапландского аапа-мелкобугристого комплекса), а могут представлять самостоятельный тип болотного массива.

Единицы легенды «Березовые криволесья злаково-разнотравные и высокотравные в долинах рек» представлены сочетанием (экологическим рядом) сообществ ассоциаций двух союзов эколого-флористической классификации (сочетанием групп ассоциаций разных формаций эколого-фитоценотической классификации).

Легенда карты растительности

ТУНДРЫ

1. Кустарничково (*Empetrum hermaphroditum*, *Arctous alpina*)-лишайниковые (*Cladonia arbuscula*, *C. stellaris*, *Cetraria islandica*, *Flavocetraria nivalis*) сообщества в сочетании с лишайниковыми (*Flavocetraria nivalis*, *Alectoria ochroleuca*).

2. Воронично (*Empetrum hermaphroditum*) и мелкоерничково (*Betula nana*) мохово- (*Pleurozium schreberi*, *Dicranum majus*)-лишайниковые (*Cladonia arbuscula*, *C. stellaris*, *Cetraria islandica*) и лишайниково-моховые с травяно (*Chamaepericlymenum suecicum*, *Avenella flexuosa*)-кустарничково (*Vaccinium myrtillus*, *Empetrum hermaphroditum*)-лишайниково-зеленомошными.

БЕРЕЗОВЫЕ КРИВОЛЕСЬЯ И РЕДКОЛЕСЬЯ

3. Криволесья и редколесья воронично-кладониевые (*Cladonia* spp., *Empetrum hermaphroditum*).

4. Криволесья воронично-зеленомошные (*Pleurozium schreberi*, *Polytrichum juniperinum*, *Empetrum hermaphroditum*) и воронично-лишайниково (*Cladonia* spp.)-зеленомошные.

5. Криволесья деренно-черничные, папоротниково-черничные (*Vaccinium myrtillus*, *Chamaepericlymenum suecicum*, *Gymnocarpium dryopteris*, *Dryopteris expansa*).

6. Березовые криволесья злаково-высокотравные (*Calamagrostis langsdorffii*, *Filipendula ulmaria*) и разнотравные (*Geranium sylvaticum*, *Rumex lapponica*, *Trollius europaeus*) в сочетании с высокими разнотравными ивняками (*Salix borealis*, *S. phylicifolia*) с березой.

7. Криволесья и редколесья кустарничково (*Rubus chamaemorus*, *Ledum palustre*, *Empetrum hermaphroditum*)-моховые (*Dicranum elongatum*, *Sphagnum fuscum*) заболоченные.

8. Кустарничковые ивняки (*Salix lapponum*, *S. phylicifolia*) с гигрофильным разнотравьем (*Carex aquatilis*, *C. rotundata*, *Comarum palustre*).

БОЛОТА

9. Сильно обводнённые грядово-коврово-озерковые: комплекс сфагновых осоково-пушицевых (*Carex rostrata*, *C. aquatilis* spp. *stans*, *Eriophorum angustifolium*, *Sphagnum* spp.) ковров и топей с более сухими и олиготрофными грядами и буграми.

10. Среднеобводненные мелкобугристо-грядово-мочажинные: комплекс осоково (*Carex rariflora*, *C. rotundata*)-морозково (*Rubus chamaemorus*)-кустарничково (*Calluna vulgaris*, *Empetrum hermaphroditum*)-зеленомошно-сфагновых (*Sphagnum fuscum*, *Pleurozium schreberi*) по буграм и грядам и осоково-пушицевых (*Eriophorum angustifolium*, *Trichophorum cespitosum*, *Carex rostrata*, *C. aquatilis* spp. *stans*) по мочажинам.

11. Кустарничково (*Empetrum hermaphroditum*, *Betula nana*, *Ledum palustre*, *Rubus chamaemorus*)-зеленомошно-кладониевые (*Cladonia* spp.) мелкобугристые («сухие болота»).

Определение достоверности и точности карты

Для определения достоверности составленной карты растительности использованы дополнительные снимки: космический снимок QuickBird 2005 г. с пространственным разрешением 0,61 м в панхроматическом диапазоне и 2,44 м в четырех спектральных зонах, и аэроснимки 1961 и 1984 гг. с пространственным разрешением 1 м.

Проверка карты по крупномасштабным источникам проводилась визуально. Правильность определения картографируемых единиц растительности выполняли по снимку QuickBird, точность проведения границ ассоциаций оценивалась по аэроснимкам и по снимку QuickBird.

Детальность карты была оценена с учетом предельных возможностей снимка, использованного в качестве источника при создании карты. Пространственное разрешение снимка Landsat TM, по которому была составлена карта, составляет 30 м и выделение контуров площадью менее 900 м² (30 м * 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 м², принимаемого нами как исходная графическая точность карты, обусловленная источником, взятым для ее составления и масштабом создаваемой карты. При этом следовало также учитывать, что линейно вытянутые контуры, даже имеющие площадь более 3 600 м², также 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 4 000 м², а для линейно вытянутых объектов (в основном это болота), шириной 30–40 м, может достигать 7–8 тыс. м². Такая детальность является приемлемой для карты масштаба 1 : 50 000 (1 мм² на карте масштаба 1 : 50 000 соответствует 2 500 м² на местности).

Правильность определения выделяемой растительности проверяли на участке, покрываемом снимком QuickBird, где в 2009 г. проводили маршрутную геоботаническую съемку, а в 2010–2011 гг. при составлении карты данный снимок не использовали. Главным условием при проверке стало соответствие 3-х основных типов растительности (тундр, березовых криволесий и болот) на карте и на снимке. Несоблюдение данного условия было бы грубым нарушением геоботанических закономерностей, отражаемых картой. Проверяли также правильность выделения единиц легенды внутри основных типов растительности. Погрешности их выделения важно учитывать при оценке качества карты, однако они не так значительны, как ошибки первой категории. При анализе карты и снимка QuickBird не было выявлено каких-либо грубых замечаний по содержанию созданной карты и соответствию единиц легенды контурам на местности.

Анализ точности проведения границ контуров, соответствующих легенде, показал, что наиболее точны границы озер, болот и березовых криволесий. Неточности в проведении границ носят в основном случайный характер и не тяготеют к каким-либо природным закономерностям. В целом, точность проведения границ составляет около 30–40 м.

Наибольшие неточности (до 100 м расхождения) отмечены на границе кустарничковых тундр 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 крон деревьев и их теней в сумме дают яркость, близкую к яркости кустарничковых тундр (Кравцова, Лошкарева, 2010а,б).

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 сообществах однозначно выявляет их на снимке относительно высокого простран-

ственного разрешения (участие от 20% выявляется с достоверностью 85%) (Михеева, 2011). Точность проведения этой границы в среднем не хуже 30 м, в отдельных случаях снижается до 50 м. Однако, граница между кустарничково-лишайниковой и кустарничковой тундрой проведена со значительно меньшей определенностью. Это связано с тем, что на местности тундры наиболее гетерогенны.

Таким образом, созданная карта растительности является на данный момент удовлетворительной по точности, достоверности и полноте содержания современной крупномасштабной картой территории исследования.

Анализ крупномасштабной карты растительности ключевого участка

Исследуемая территория в схемах зонального подразделения России располагается в лесотундровой подзоне таежной зоны (Растительность..., 1980).

Созданная нами карта растительности наглядно демонстрирует, что растительный покров в районе исследований представляет собой чередование березовых криволесий, тундр и болот. По картометрическим данным, преобладающим типом растительности являются тундры, занимающие около 40% площади, березовые криволесья – около 30%, болота – 20%, озера и крупные водотоки – 10%.

В центральной, более пониженной части территории, отмечено наиболее пестрое и мозаичное сочетание всех трех типов растительности. Здесь, в районе долины Териберки и на берегах оз. Пуарентъявр, находится обширный участок, представляющий собой сочетание березовых криволесий и болот, с общим преобладанием болот. На высоких водоразделах между р. Средняя – р. Териберка и р. Териберка – р. Воронья преобладают тундры, а березовые криволесья приурочены к долинам рек и складкам рельефа.

В центральной части ключевого участка тундровые сообщества занимают вершины возвышенностей и холмов, а березовые криволесья и болота приурочены к пониженным и выровненным позициям рельефа, что является проявлением высотной поясности. Сопоставление топографической карты и карты растительности показывает, что высотные пояса имеют в районе исследований небольшую ширину: ширина пояса березовых криволесий 40–60 м, верхняя граница древесной растительности располагается на высоте 220–240 м н. у. м., и ее формируют кустарничково-лишайниковые и кустарничково-зеленомошные березовые криволесья и редколесья на склонах. Высотная протяженность тундрового пояса, занимающего вершины холмов, в силу небольших абсолютных высот тоже невелика, порядка первых десятков метров.

Болота приурочены к наиболее пониженным участкам местности и локальным бессточным понижениям возвышенных территорий, тектоническим складкам, часто сопряжены с долинами ручьев на высотах от 170 до 240 м н. у. м. Для центральной части района характерно «сетчато-ячеистое» строение сочетаний болотных массивов и березовых криволесий, когда возвышенные элементы мезорельефа заняты березовыми криволесьями и тундрами, а болота образуют «сетку» в понижениях.

Более половины березовых криволесий и редколесий приходится на кустарничково-зеленомошные типы, а лишайниковые и заболоченные 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 криволесья, их отличает приуроченность к долинам рек и ручьев.

Синтаксономическое разнообразие тундровых сообществ района исследований довольно велико, но в силу небольших размеров многие из них не отображе-

ны на карте растительности, это, например, белоусовые и приснеговые ивково-мелкотравные тундровые луговины. Примерно в равных долях представлены кустарничково-лишайниковые (как правило, располагаются на местности выше в рельефе) и кустарничковые тундры (ниже в рельефе).

Там, где на ключевом участке доминируют тундры, на южно экспонированных склонах долин с отметками высот 200–210 м н. у. м. встречаются фрагменты березовых криволесий. Неглубокие ложбины между холмами, сырые склоны заняты вытянутыми болотными массивами, которые часто соседствуют с белоусовыми и субнивальными ивково-мелкотравными тундровыми луговинами. Наиболее обычно на небольших по площади водосборных бассейнах тундровых участков «звездчатое» строение болотных массивов, когда они приурочены к впадающим в более крупный водоток или в озеро ручьям и скрытым, «подземным» водотокам под плащом моренных и элювиальных отложений в складках возвышенной равнины. Комплексное строение отмечено для всех болотных массивов на тундровом участке, но элементы комплекса небольшие: площадь осоково-пушицевых фаций в мочажинах – квадратные дециметры и метры, площадь мелкобугристого комплекса – квадратные метры и десятки метров.

У большей части болотных массивов исследованного района отчетливо проявляется комплексность строения, которая отражена и на крупномасштабной карте, когда центральные, более обводненные болотные фации «окольцованы» мелкобугристыми грядово-мочажинными менее обводненными комплексами и «сухими болотами». Такой полночленный (где представлены все единицы легенды) тип болотных массивов более всего характерен для центральной части района, где он занимает обширные участки местности, при этом не только в понижениях мезо- и микрорельефа, но и в нижних частях склонов холмов. Размеры болотных массивов и их элементов (болотных фаций и их комплексов) в лесотундре больше, чем на тундровых участках, это десятки и сотни квадратных метров.

Крупнобугристые болота в районе исследований не встречаются, а преобладают мелкобугристые (с мерзлым ядром) грядово-мочажинные болотные массивы.

Таким образом, наиболее общая выявленная по карте закономерность – как и ожидалось, неоднородность растительного покрова и его согласованность с рельефом, выраженная как на мезо-, так и на макроуровне. Два тундровых участка на западе и востоке района исследования приурочены к общему поднятию этих территорий в рельефе, участок березовых криволесий приурочен к центральной, со средними высотами части территории, и болотный участок расположен на наиболее пониженной части территории – по долине р. Териберка. 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 болотно-редколесное сочетание мелкобугристых грядово-мочажинных болот с березовыми кустарничково-лишайниковыми и кустарничково-зеленомошными редколесьями и криволесьями. Тундровые участки при выполнении генерализации могут отображаться как кустарничковые и кустарничково-лишайниковые тундры в сочетании с травяными и лишайниково-сфагново-кустарничковыми болотами.

Благодарности

Авторы признательны Т. К. Юрковской и И. Н. Сафроновой за обсуждение основных положений статьи, С. В. Чиненко и В. Яблокову за помощь в экспедиционных исследованиях.

ЛИТЕРАТУРА

- Аврорин Н. А., Качурин М. Х., Коровкин А. А.* Материалы по растительности Хибинских гор // Тр. СОПС АН СССР, 1936. Сер. Кольск. Вып. 11. С. 3–95.
- Боброва Л. И., Качурин М. Х.* Очерк растительности Монче-тундры // Тр. СОПС АН СССР, сер. Кольская. М.; Л., 1936. Вып. 2. С. 95–121.
- Боч М. С.* О болотах лесной полосы Кольского полуострова // Ботан. журнал. 1989. Т. 74, № 12. С. 1747–1756.
- Бреслина И. П.* Флора и растительность Семи островов и прилегающего побережья Восточного Мурмана. // Дисс. на соиск. уч. ст. канд. биол. наук. Кандалакша, 1970. 339с.
- Грибова С. А., Исаченко Т. И.* Картирование растительности в съемочных масштабах // Полевая геоботаника. Л., 1972. Т. IV. С. 137–334.
- Елина Т. А., Похилько А. А., Бойчук М. А.* Болотные экосистемы полуострова Рыбачий (Мурманская область) // Мат-лы симпозиума «Динамика болотных экосистем», Петрозаводск, 2000. С. 38–48.
- Игнатов М. С., Афонина О. М.* Список мхов территории бывшего СССР // Арктоа. 1992. Т. 1. № 1–2. 187 с.
- Карта растительности Европейской части СССР.* м. 1 : 2 500 000. М., 1979 г. / Отв ред. Исаченко Т. И., Лавренко Е. М.
- Королева Н. Е.* Основные биотопы горных и зональных тундр Мурманской области // Вестник МГТУ. 2008. Т. 11 (3). С. 533–542.
- Королева 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.
- Кравцова В. И., Лошкарева А. Р.* Оценка дешифрируемости северной растительности на космических снимках 30-метрового разрешения на основе детальных космических снимков // Геодезия и картография. 2010 а. № 8. С. 33–41.
- Кравцова В. И., Лошкарева А. Р.* Исследование северной границы леса по космическим снимкам разного разрешения // Вестник МГУ. Сер. геогр. 2010 б. № 6. С. 49–57.
- 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, 2003. 262 с.
- Лошкарева А. Р.* Исследование и картографирование современного состояния и динамики северной растительности на примере Кольского полуострова на основе космических снимков // Магистерская дисс. МГУ им. М. В. Ломоносова, географ. ф-т, каф. картографии и геоинформатики. Москва, 2012. 110 с.
- Михеева А. И.* Исследование изменений верхней границы леса по аэрокосмическим снимкам // Геодезия и картография. 2011. № 1. С. 31–36.
- Неиштаев В. Ю.* (ред.) Лапландский государственный заповедник. Восточная часть. Растительный покров. М. 1 : 50 000. СПб., 2008. 2 л.
- Паянская-Гвоздева И. И.* Анализ структуры растительного покрова северной тайги Кольского полуострова: Автореферат дис. ... кандидата биологических наук. Л., 1988. 20 с.
- Паянская-Гвоздева И. И.* Структура растительного покрова северной тайги Кольского полуострова. Л., 1990. 182 с.
- Пузаченко М. Ю., Черненко Т. В., Басова Е. В.* Природно-антропогенная вариабельность растительного покрова центральной части Мурманской области и ее картографическое отображение // Отечественная геоботаника: основные вехи и перспективы. Мат-лы Всеросс. Науч. конф. с междунар. участием. СПб., 2011. Т. 1. С. 408–411.
- Растительность Европейской части СССР.* Л., 1980. 429 с.
- Смагин В. А.* Растительность мочажин, ерсеев и олиготрофных топей болот европейского севера России // Ботан. журн. 1999а. Т. 84, № 1. С. 104–116.
- Смагин В. А.* Растительность мезотрофных топей, мочажин аапа болот, ерсеев бугристых болот севера европейской России // Ботан. журн. 1999 б. Т. 84. № 7. С. 80–96.
- 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.

Цинзерлинг Ю. Д. География растительного покрова северо-запада Европейской части СССР. Л., 1934. 378 с.

Чернов Е. Г. Карта растительности Кольского полуострова в масштабе 1 : 1 000 000 с пояснительным текстом // Дисс. на соиск. уч. ст. канд. биол. наук. Кировск, 1953. 274 с.

Экологический атлас Мурманской области. Москва–Апатиты, 1999.

Kalliola R. Pflanzensoziologische Untersuchungen in der alpinen Stufe Finnisch Lapplands // Ann. Bot. Soc. Zool. Bot. 'Vanamo'. 1939. Bd. 14. 321s.

Moosberg B., Steinberg L. Den nya nordiska floran. Wahlstrom et Widstrand, 2003. 928 p.

Regel K. Die Pflanzendecke der Halbinsel Kola // Memories de la faculte des sciences de l'universite de Lithuanie, Tail 1. Lapponia Imandrae. Tail 2. Lapponia Ponoensis. 1922–1923. 206 p.

Santesson R. The lichens and lichenicolous fungi of Sweden and Norway. Lund. 1993. 240 p.

Интернет-ресурсы <http://gis.transparentworld.ru/gapnw/>

SUMMARY

A. R. LOSHKAREVA, N. E. KOROLEVA

LARGE-SCALE MAP OF KEY AREA IN FOREST-TUNDRA ZONE ON KOLA PENINSULA: METHODS OF MAPPING AND ANALYSIS OF RESULT

Large-scale vegetation mapping of key area of 1400 km² in forest-tundra zone in the middle flow of Teriberka-river (Kola Peninsula) was conducted on the base of satellite images, topographic maps and field geobotanical investigations. Study of Landsat TM images local spectral characteristics and syntaxonomical analysis of vegetation demonstrated that satellite images with 30 m spatial resolution and 6-bands spectral resolution alone can't be used for automatical large-scale classification of forest-tundra zone vegetation. Map of vegetation in scale 1:50 000 resulted from manual processing of both hypsometry and spectral characteristic, on the base of field work points with description of vegetation. Legend of mapped units contains 2 types for tundra, 5 ones for mountain birch forest and 4 ones for wetlands. Quality and correctness of the map were verified by satellite image of extra high spatial resolution Quick Bird (0,65 m/pixel) and aerial photograph for this territory. The map illustrated that distribution of vegetation is primarily caused by unevenness of relief. Timberline lies at 220-240 m a.s.l., altitudinal distances across mountain birch forest and tundra zones are about 40-60 m, tundra vegetation occurs on moraine hills and bedrocks slopes and summits. Pounikkos flark-and-mounds, tuft-and-fen bog complexes occur from 170 to 240 m.s.l. in depressions and valleys. Proportion of tundra vegetation is about 40%, mountain birch forest – 30%, wetlands – 20%, lakes, rivers and springs take 10% of area investigated.