

УДК 911.2(084.3)

© Б.А. Новаковский, Т.М. Красовская, Н.И. Тульская

Б.А. Новаковский, Т.М. Красовская, Н.И. Тульская

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЦИФРОВОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ РЕЛЬЕФА И ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ДЛЯ АКТУАЛИЗАЦИИ МЕЛКОМАСШТАБНЫХ ЛАНДШАФТНЫХ И ЭКОЛОГИЧЕСКИХ КАРТ ГОРНЫХ РАЙОНОВ

Геоинформационные технологии

Традиционные методы создания ландшафтных карт – полевые исследования – в настоящее время все чаще дополняются материалами дистанционного зондирования, а также цифрового моделирования. Эти методы оказались весьма полезными при создании мелкомасштабных карт горных районов в камеральных условиях, а также для анализа временной динамики ландшафтной структуры экотон, территорий с существенным антропогенным влиянием. Заметим, что создание и обновление ландшафтных карт в ходе полевых наблюдений – трудоемкий и дорогостоящий процесс, требующий больших затрат времени. Однако, именно таким образом были созданы имеющиеся в настоящее время ландшафтные карты Хибинских гор (Чепурко, 1967; Жучкова, 1973; Мягкова, 1988).

Цель настоящего исследования состояла в разработке методики актуализации мелкомасштабных ландшафтных карт горных районов (1:150000) на примере Хибинского горного массива (Кольский полуостров) в камеральных условиях при использовании цифровой модели рельефа и современных космических снимков района, а также создания прикладных экологических карт. Такие исследования могут осуществляться на территориях, для которых уже имеются базовая информация ландшафтной съемки на реперных участках, сведения об основных ландшафтообразующих процессах, данные о проявлении динамики природно-территориальных комплексов и ее причинах. Теоретической основой предлагаемой методики является феномен фрактальности в ландшафтной структуре (Берущашвили, Жучкова, 1997). Это даёт возможность интерполировать выявленные закономерности дифференциации и естественной динамики ландшафтов по реперным участкам на всю территорию в процессе компьютерного картографирования. Алгоритм использования информации для компьютерного ландшафтного картографирования Хибин представлен на рис. 1.

Необходимость обновления ландшафтной карты для территории Хибинских гор объясняется следующими причинами. Во-первых, они расположены в области крупного регионального экотона северной тайги-лесотундры, что объясняет повышенную динамику границ ландшафтных зон в целом под влиянием современных изменений климата. Кроме того, в ландшафтном спектре гор также присутствуют экотонные зоны – березового криволесья и каменистой тундры. Во-вторых, современные изменения ландшафтных границ все чаще определяются антропогенными факторами (разрастанием площадей промплощадок горнодобывающего предприятия ОАО «Апатит», селитебной и рекреационной зон, а также геоэкологическими нарушениями, сопряженными с хозяйственной деятельностью).

Реперные участки для анализа закономерностей ландшафтной дифференциации выбирались в основных региональных ландшафтных макровыделах внутри Хибинских гор (Жучкова, 1973):

- ландшафты депрессионной воронки над ярусом интрузии (Куниокский);
- ландшафты западного блока массива (Тахтарвумчоррский);
- ландшафты северного блока массива (Кальиокский);
- ландшафты восточного блока массива (Туйиокский);
- ландшафты южного блока массива (Вуоннемийокский).

В каждом реперном участке имелись детальные ландшафтные описания ключевых территорий, выполненные, однако, более 20 лет назад. Проведенные нами исследования показывают, что за этот период произошли существенные изменения положения высотных зон, обусловленные климатическим фактором (Krasovskaya, Kislov, 2003). Выявленные особенности ландшафтной дифференциации на ключевых территориях использовались при моделиро-

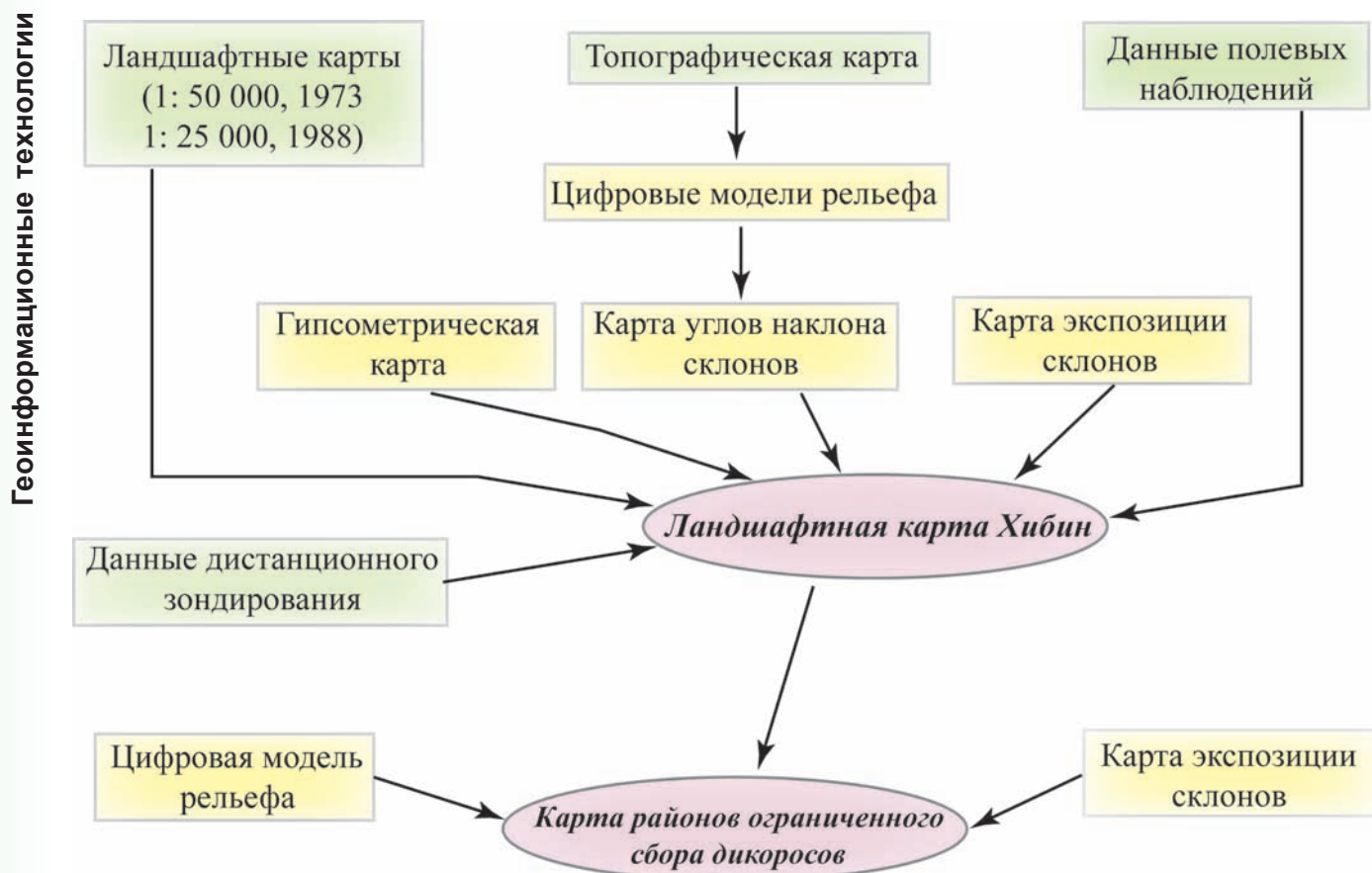


Рис. 1. Общая схема получения информации при создании компьютерной ландшафтной карты Хибин

вании ландшафтных выделов ранга местностей с использованием цифровой модели рельефа.

Роль рельефа как фактора дифференциации ландшафтов хорошо известна. В Хибинах рельеф обуславливает четко выраженную природную зональность, меняющуюся в зависимости от теплообеспеченности склонов с высотой. Это дало возможность построить гипотетическую модель высотной зональности с использованием цифровой модели рельефа в среде программного пакета Surfer (Новаковский, 1997). Распределение природных зон на ней ограничивается следующими горизонталями:

- зона тайги занимает высоты 250-300м в нижних частях склонов и долин;
- зона березового криволесья (лесотундра) занимает высоты 300-400м в средних частях склонов;
- зона тундры прослеживается на высотах 400-850м и подразделяется на кустарниковую (450-550м), кустарничковую (550-700м) и мохово-лишайниковую (700-850м). Эта зона занимает верхние части склонов гор, средневысотные плато, верховья горных долин;
- зона высокогорных арктических пустынь расположена на высотах 850-900м и более в верхних частях склонов и на высоких плато.

Необходимая детализация ландшафтных выделов гипотетической модели была проведена с учетом таких важнейших факторов ландшафтной дифференциации как крутизна и экспозиция склонов. Для учета этих факторов по цифровой модели рельефа в среде программы Surfer была построена цифровая модель углов наклона.

Углы наклона 0-7° определяют слабонаклонные поверхности, в данном случае к ним относятся днища долин, участки равнин, окружающих Хибин, а также платообразные вершинные поверхности (на высоте более 850 м). Углы 7-15° – полого-покатые склоны определяют благоприятные условия для произрастания древесных видов, так как почвы имеют достаточную мощность в условиях слабого гравитационного сноса. Склоны крутизной 15-35° являются крутыми, характеризующиеся развитием гравитационного сноса (каменистых осыпей). На склонах этой крутизны возможна деятельность лавин. Степень выше 35° представляет собой очень крутые склоны с преобладанием гравитационного сноса. К ним приурочены скальные выходы.

По цифровой модели рельефа в среде программы Surfer была построена цифровая модель экспозиции склонов. Склоны Хибинского горного массива можно разделить на две группы: «теплые» – южной,

юго-западной и юго-восточной экспозиции и «холодные» – северной, северо-западной и северо-восточной экспозиции. Границы высотных зон на тёплых склонах смещаются вверх по склону на 100 и более метров. Для прикладных исследований необходимо было иметь карту экспозиции склонов с большей детальной. Поэтому также была создана карта экспозиции, где выделены восемь градаций. Положение границ высотных зон корректировалось на основании данных описаний ключевых участков «старой» полевой съёмки.

Детализация современного положения границ ландшафтных выделов проводилось с использованием современных многокомпонентных ПЗС-изображений горного массива со спутника «РесурсО-1» с помощью мультиспектрального сканирующего устройства высокого разрешения МСУ-Э, а также изображений с французского космического аппарата «Spot-3». Космические изображения трансформировались в среде ГИС-пакета ERDAS Imaging 8.3. По ним была выполнена автоматическая неконтролируемая классификация, результаты которой использовались для контроля при визуальном дешифрировании (Кравцова, 1995). После обработки космические изображения экспортировались в формат TIFF и использовались в качестве «подложки» при интерпретации ландшафтных выделов в среде ГИС-пакета Mapinfo.

Анализ космических изображений показал, что хорошо дешифрируются лесные и тундровые ландшафтные выделы, высокогорные пустыни, заболоченные участки, антропогенные объекты и т.д. Наибольшие трудности возникли при дешифрировании границ лесотундровой зоны, а также разделении кустарниковой и кустарничковой тундр из-за низкого для этих целей разрешения. Хорошо дешифрируются платообразные вершинные поверхности горных массивов и крутые обрывы. Сложности возникли при отделении днищ долин от склонов. Это удалось сделать с использованием карты углов наклона.

Необходимо отметить, что использование космических изображений в Хибинах для модернизации ландшафтной карты имеет определенные ограничения. С октября по июнь для района характерно наличие снежного покрова, что делает пригодными для использования данные дистанционного зондирования, полученные только в конце июня – начале сентября. Использование космических изображений затрудняется из-за частой облачности в летний вегетационный период.

На основе гипотетической ландшафтной карты, детализированной с использованием данных дистанционного зондирования, создана компьютерная карта современных ландшафтов Хибинского горно-

го массива. На территории Хибин выделены 3 основных группы и 13 типов местностей.

Вершинные поверхности горных массивов:

1 – платообразные поверхности высоких горных массивов с каменистыми полярными пустынями на примитивных почвах; 2 – сглаженные поверхности среднего высотного уровня с каменистыми тундрами на тундровых слабо развитых почвах; 3 – сглаженные поверхности среднего высотного уровня с кустарничковыми и кустарниковыми тундрами на тундровых глеевых почвах и лесотундрами на горных железисто-иллювиальных подзолах.

Горные склоны:

4 – очень крутые со скальными выходами и осыпями, практически лишенные почвенно-растительного покрова; 5 – с каменистыми тундрами на тундровых слабо развитых почвах; 6 – с кустарниковой и кустарничковой тундрой на тундровых слабо развитых почвах и лесотундрами на горных железисто-иллювиальных подзолах; 7 – преимущественно с березовыми лесами на горных железисто-иллювиальных подзолах; 8 – преимущественно с еловыми и сосновыми лесами на железисто-иллювиальных подзолах.

Днища горных долин и озерных котловин:

9 – с каменистой тундрой на тундровых слабо развитых почвах; 10 – с кустарниковой и кустарничковой тундрой на тундровых глеевых почвах и лесотундрой на железисто-иллювиальных и гумусово-иллювиальных подзолах; 11 – преимущественно с березовыми лесами на железисто-иллювиальных и гумусово-иллювиальных подзолах; 12 – преимущественно с сосновыми и еловыми лесами на железисто-иллювиальных подзолах; 13 – заболоченные с осоковыми и моховыми болотами.

Для окончательного оформления ландшафтная карта экспортировалась в формат DXF. В среде графического редактора FreeHand осуществлялся подбор цветов для ландшафтных выделов (см. рис. 2).

Обновленная ландшафтная карта Хибин, а также положенная в её основу производная карта рельефа – экспозиции склонов, послужили картографическими материалами для создания прикладной компьютерной экологической карты районов ограниченного сбора дикоросов. Методической основой для создания этой карты явились результаты экологических исследований о закономерностях накопления загрязняющих веществ в растениях-биоиндикаторах в результате техногенного загрязнения атмосферы в Хибинах (Евсеев, Красовская, 1996; Мягкова, 1988). Основными промышленными предприятиями-источниками загрязнения атмосферы в Хибинах являются ОАО «Апатит», городской автотранспорт, Мончегорский ГМК «Североникель», расположенный к северо-западу от Хибин.

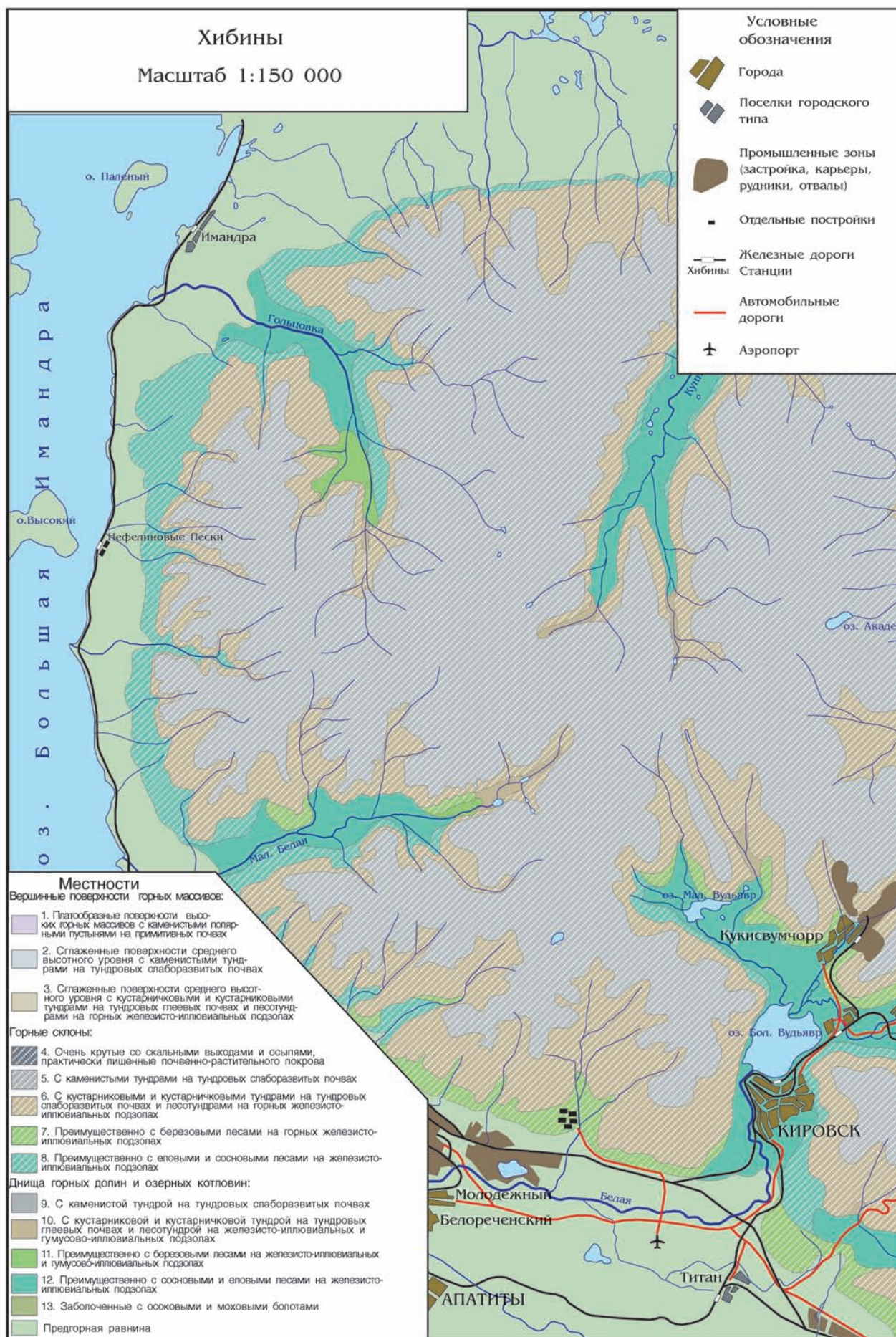


Рис. 2. Фрагмент компьютерной ландшафтной карты Хибин

Выделим ряд факторов, определяющих повышенное накопление типичных для изучаемой территории аэротехногенных поллютантов – меди, никеля (от Мончегорского источника) и стронция, цинка, свинца (от источников, расположенных в Кировске и промплощадках ОАО «Апатит») в природных ландшафтах. Для Хибинского массива – это «открытость» склонов по отношению к источникам поступления аэротехногенных поллютантов, особенности региональной и местной атмосферной циркуляции (характерные высоты приземных инверсий температуры, атмосферного переноса поллютантов), условия снегонакопления (фактической концентрации загрязненных твердых осадков). Для анализа накопления поллютантов выбраны лесные, лесотундровые и тундровые (с кустарниковой и кустарничковой тундрой) зоны, так как в них идет основной сбор ягод и грибов.

На карте рельефа на территории восточной части Хибин до водораздела, отделяющего Тульокский ландшафт, выделены высотные уровни: 500-600 м, 650-750 м – соответствующие верхним уровням приземных температурных инверсий; 300-400 м – соответствующий уровню максимального атмосферного переноса поллютантов. Участки повышенного снегонакопления за счет метелевого переноса были выделены на основе ландшафтной карты и карты рельефа путем оконтуривания областей, простирающихся на 50 м ниже местностей сглаженных вершинных поверхностей среднего высотного уровня, т.к. именно там наблюдается скопление снежных масс.

По карте экспозиции склонов были выделены «навстречные» к поллютантам склоны: северо-западные и западные западной части Хибин (до долины Кунийок-Кукисийок); южные и юго-западные южного макросклона Хибин; борта и днище долины р. Вуоннемийок; склоны, окружающие котловину оз. Б.Вудъявр (до запирающей морены котловины оз. М.Вудъявр). Выделенные территории повышенной аккумуляции аэротехногенных поллютантов в ландшафтах показывались штриховкой различного рода (см. рис. 3).

Далее производилось определение принадлежности участков территории к той или иной группе. Первоначально выделялись участки, где сбор дикоросов не ограничен. Ко второй группе принадлежат участки, где выявлен хотя бы один фактор, определяющий повышенную аккумуляцию загрязняющих веществ (экспозиция или высотные уровни). Это районы условно пригодные для сбора дикоросов. К

третьей группе отнесены участки, где выявлены все факторы. Например, склон северо-западной экспозиции обращенный к Мончегорску на высоте максимального переноса загрязняющих веществ в пределах высоты приземной температурной инверсии. Это районы мало пригодные для сбора дикоросов (возможен высокий уровень накопления загрязняющих веществ).

Карта дает возможность составлять вербальные рекомендации для заготовителей дикоросов. Таким образом, представленная методика позволяет оптимизировать процесс составления и актуализации мелкомасштабных ландшафтных карт, значительно сократить этот процесс по времени, расширить возможности создания прикладных экологических карт на их основе.

ЛИТЕРАТУРА

1. Беручаишвили Н.Л., Жучкова В.К. Методы комплексных физико-географических исследований. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1997.
2. Евсеев А.В., Красовская Т.М. Эколого-географические особенности природной среды районов Крайнего севера России. – Смоленск: Изд-во СГУ, 1996.
3. Жучкова В.К. Ландшафтная карта Хибинского горного массива. В кн. Ландшафтное картографирование и физико-географическое районирование. – М., 1972.
4. Кравцова В.И. Космические методы картографирования. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1995.
5. Мягкова А.С. Естественная и антропогенная динамика ПТК Хибин за голоцен. Дисс. на соиск. уч.ст. канд. геогр. наук, М., 1988.
6. Новаковский Б.А. Фотограмметрия и дистанционные методы изучения Земли: картографо-фотограмметрическое моделирование. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1997.
7. Чепурко Н.Л. Ландшафты Хибинских гор (строевание, геохимия, биологическая продуктивность). Дисс. на соиск. уч.ст. канд. геогр. наук, М., 1966.
8. Krasovskaya T., Kislov A. Tree-line response to climatic changes and technogenic impact in the Kola Subarctic. Geooko, 2003, v. XXIV, p. 311-319.

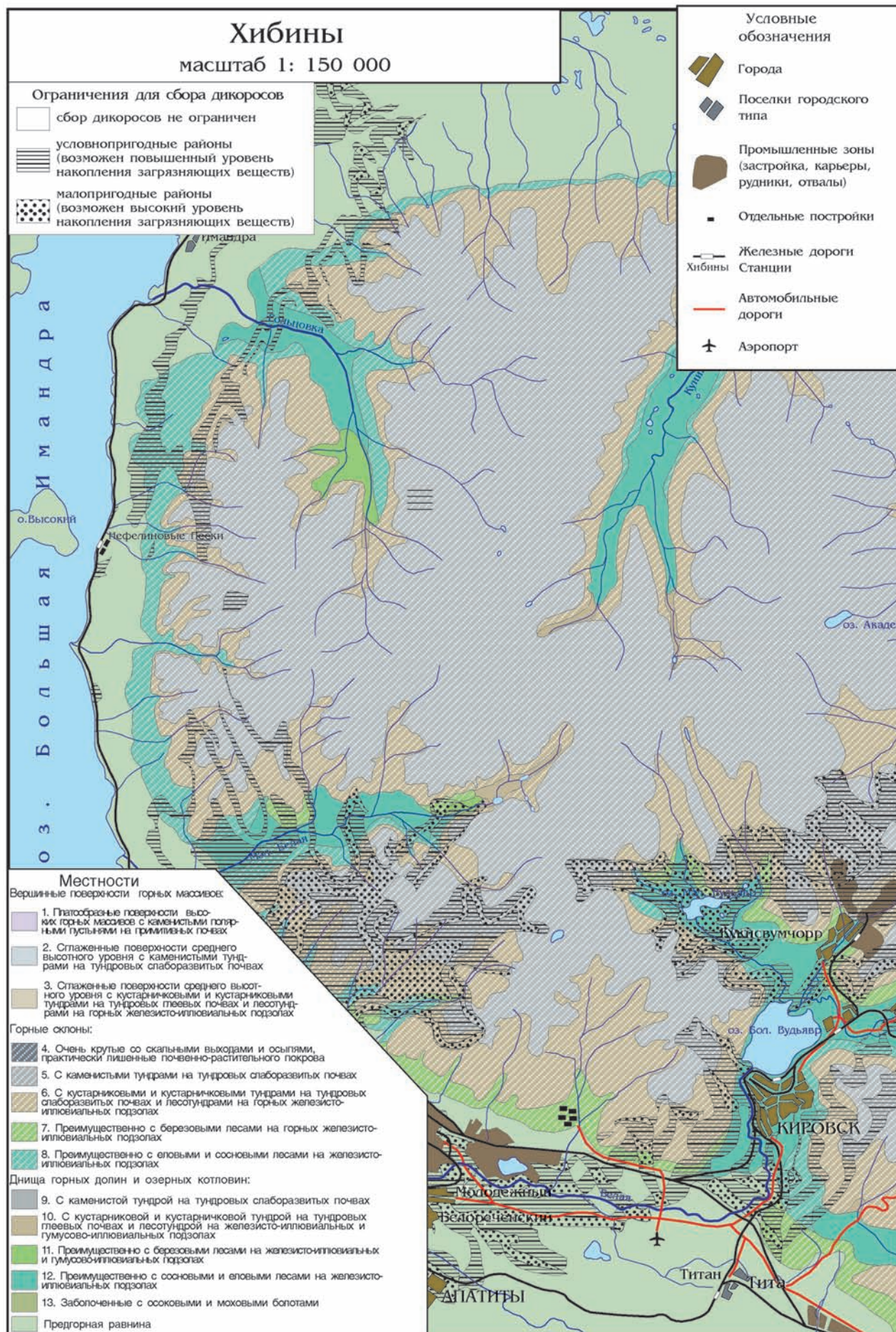


Рис. 3. Фрагмент компьютерной карты районов ограниченного сбора дикоросов