

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Мюльгаузен Дарья Сергеевна

**Трансформация ландшафтов в результате деятельности
комбината «Печенганикель» (пгт. Никель, Мурманская область)**

Магистерская диссертация

«К ЗАЩИТЕ»

Научный руководитель:

к.г.н. Л.А. Панкратова

« ____ » _____ 2016

Заведующий кафедрой:

д.г.н., проф. К.В. Чистяков

« ____ » _____ 2016

Санкт-Петербург

2016

Оглавление:

Введение.....	2
Глава 1. Физико-географическая характеристика и история освоения района исследований.....	4
1.1. Географическое положение.....	4
1.2. История освоения.....	5
1.3. Геологическое строение и рельеф.....	10
1.4. Климатические условия.....	15
1.5. Внутренние воды.....	17
1.6. Почвы.....	21
1.7. Растительность.....	22
1.8. Животный мир.....	26
Глава 2. Материалы и методика работы.....	28
2.1. Материалы и методы полевых исследований.....	28
2.2. Материалы и методы камеральных исследований.....	30
Глава 3. Современное состояние ландшафтов района исследований.....	39
3.1. Характеристика ландшафтного разнообразия.....	39
3.2. Проблема аэротехногенного загрязнения в районе исследований.....	49
3.3. Дендрохронологический анализ древостоя района исследований.....	66
Заключение.....	78
Благодарности.....	81
Список литературы.....	78
Приложения.....	87

Введение

Территория Кольского полуострова является одним из регионов интенсивного антропогенного освоения, как в силу наличия разнообразных полезных ископаемых, так и благодаря привлекательной в эстетическом отношении северной природе, свойственной только этому региону. Одним из важнейших ресурсов полуострова являются медно-никелевые руды, сосредоточенные на северо-западе полуострова, в Печенгском районе Мурманской области. Здесь располагается основанный в 1945 г. горно-металлургический комбинат «Печенганикель», осуществляющий добычу и переработку сульфидной медно-никелевой руды. В составе комбината 2 промышленных объекта: обогатительный комбинат с рудниками в районе города Заполярный и плавильный комбинат с рудниками в районе посёлка городского типа Никель. Естественно, что горные разработки и связанная с ними переработка руды оказывают значительное влияние на прилегающие к районам медно-никелевого производства территории. Это выражается не только в нарушении карьерами, шахтами и отвалами пустой породы, но также и в негативном влиянии выбросов и сбросов комбинатов на природную среду, зачастую приводящих к необратимым изменениям. В связи с этим появляется необходимость в изучении механизмов и последствий такого влияния для последующей выработки мероприятий по его возможному предотвращению или минимизации. Кроме того, санитарно-гигиеническая обстановка в районах металлургической промышленности неблагоприятна для проживающего и работающего в них населения, что также требует принятия защитных мер, невозможных без всестороннего изучения.

В данной работе рассматривается район плавильного комбината ГМК «Печенганикель», расположенного в пгт. Никель (далее называемый просто комбинатом «Печенганикель»). Интерес к изучению ландшафтов в этой местности связан не только с выявлением влияния медно-никелевой металлургии на природные системы, но и в целом с изучением антропогенно нарушенных ландшафтов и их отличительных особенностей. Рассматриваемая территория испытала и продолжает испытывать на себе не только влияние металлургической промышленности, она активно осваивалась русскими, норвежскими и финскими поселенцами на протяжении XIX в., была районом активных боевых действий в годы Великой Отечественной Войны, поэтому подвергалась интенсивной антропогенной нагрузке в течение длительного времени, что не могло не отразиться на состоянии её ландшафтов. Также немаловажен тот факт, что для произрастающих здесь хвойных лесов (сосновых) район

является северным пределом распространения (пгт. Никель расположен на широте 69°24'), что также привлекло внимание к изучению этого района. Кроме того, несмотря на сильное антропогенное влияние, в этом районе сохраняются и условно ненарушенные участки природной среды. К юго-западу от пгт. Никель расположен Государственный природный заповедник «Пасвик» (сокращённо ГПЗ «Пасвик»), основанный в 1992 г., главным образом, для сохранения коренных сосновых лесов и северных лесных экосистем. В связи со всем вышеперечисленным становится очевидной привлекательность района для физико-географических исследований.

Целью данной работы является изучение современного состояния ландшафтов в окрестностях пгт. Никель и влияния на них аэротехногенного загрязнения (т.е. загрязнение воздуха) комбината «Печенганикель».

Для достижения поставленной цели были решены следующие задачи:

1. проведение полевых работ в окрестностях пгт. Никель и на прилегающих территориях для обследования изучаемой территории и отбора древесных кернов;
2. изучение истории исследуемого района и проблемы аэротехногенного загрязнения по литературным источникам;
3. характеристика ландшафтного разнообразия окрестностей пгт. Никель с составлением ландшафтной карты в масштабе 1:50 000;
4. выявление признаков трансформации ландшафтов, главным образом, в растительном и почвенном покрове по результатам полевых исследований;
5. выделение участков с разной степенью трансформации растительного покрова с использованием методов дистанционного зондирования Земли и составление карты трансформации растительного покрова окрестностей пгт. Никель в масштабе 1:100 000;
6. дендрохронологический анализ отобранных древесных кернов для выявления возрастной структуры лесов и изучения зависимости между влиянием выбросов комбината, климатическими факторами и радиальным приростом деревьев в районе исследований.

Данная работа является продолжением исследования данного района, начатого в 2013 г.

Глава 1. Физико-географическая характеристика и история освоения района исследований

1.1. Географическое положение

Район исследований располагается на северо-западе Мурманской области, в Печенгском районе, на приграничной территории Российской Федерации, Королевства Норвегия и Финляндской Республики. Исследованная территория включает в себя такие населённые пункты как посёлок городского типа Никель с окрестностями, посёлок Раякоски с окрестностями, нежилой посёлок Янискоски (упразднён в 2001 г.) с окрестностями. Также в пределах района исследований находится Государственный природный заповедник «Пасвик» (ГПЗ «Пасвик») (рис. 1).

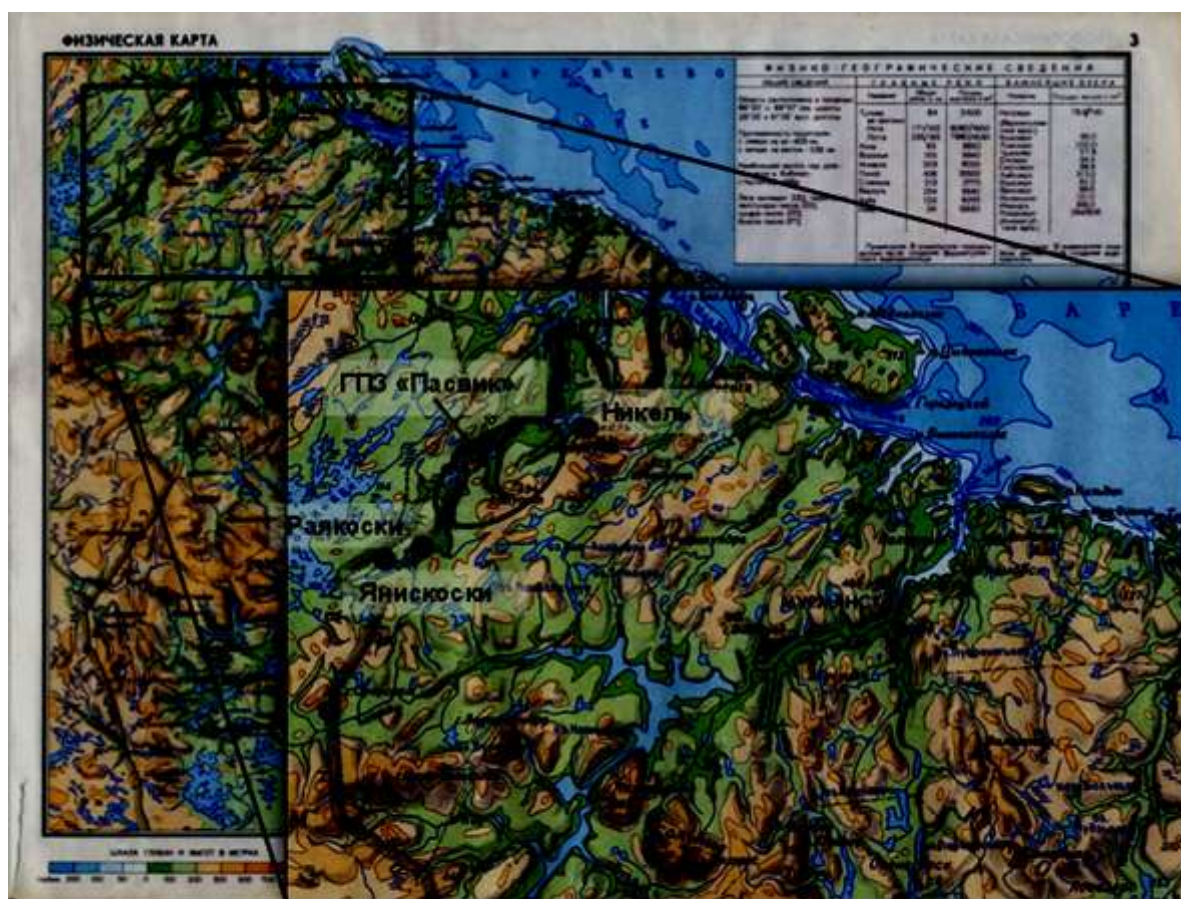


Рисунок 1. Физическая карта Мурманской области с увеличенным фрагментом расположения района исследований (Атлас Мурманской области, 1971).

Посёлок Никель расположен в долине реки Колосйоки, большей частью на её левом берегу, при впадении реки в озеро Куэтсъярви. Посёлок Никель является административным центром Печенгского района и городского поселения Никель.

Площадь посёлка составляет 1516,43 га, численность населения на 2008 г. составила 15260 человек (Генеральный план..., 2012).

Посёлок Раякоски находится в 82 км к юго-западу от пгт. Никель, располагается на правом берегу реки Паз, по фарватеру которой проходит российско-норвежская граница. Площадь составляет 30 га, по данным на 2008 г. в посёлке проживает 213 человек (Генеральный план..., 2012). В 21 км к юго-западу от п. Раякоски, также на правом берегу р. Паз находится нежилой посёлок Янискоски. В настоящее время в посёлке работает метеостанция и ГЭС с одноименными названиями.

Заповедник «Пасвик» расположен в 25 км к юго-западу от пгт. Никель. Общая площадь заповедника составляет 14687 га, он вытянут на 44 км вдоль р. Паз и автодороги Никель-Виртаниеми, ограничивающими его территорию с запада и востока соответственно. Расстояние от южной границы заповедника до п. Раякоски составляет 30 км (<http://pasvik51.ru/>).

1.2. История освоения

Территория северо-запада Кольского полуострова имеет длинную историю освоения, начиная с 1500 – 1000 гг. до н.э., когда обособившиеся от единой общности финно-угорского народа саамы заселили бассейн р. Паз, главным образом, нижние части бассейна, и занялись хозяйственной деятельностью (рыболовство, охота, оленеводство, рубка и сплав леса). Любопытный факт: по одной из версий зимний саамский погост располагался примерно в районе современного пгт. Никель. По мере роста населения антропогенная нагрузка на эту территорию возрастала, особенно в сер. XVI в. после основания преподобным Трифоном монастыря святых Бориса и Глеба вблизи одного из саамских погостов: увеличилась площадь выборочных рубок леса, началась распашка земель. В XIX в. северо-запад Кольского полуострова начал колонизироваться русскими, финнами и норвежцами. Они организовывали поселения по берегам рек и озёр, занимались охотой, рыболовством, заготовкой древесины, огородничеством. В сер. XIX в. в долине р. Паз появился лесопильный завод, соответственно начала стремительно увеличиваться доля нарушенных лесов. Кроме того, норвежцы вели активное осушение болот для получения новых угодий для сельского хозяйства (Кольская..., 2012; Ларькова, Хлебосолова, 2012).

В XX в. характер природопользования стал меняться: до Первой мировой войны ещё сохранялся традиционный уклад, но началось активное строительство дорог и инженерной инфраструктуры. В 1921 г. в ходе экспедиции Геологической комиссии

Финляндии (в 1920 г. по Тартускому мирному договору после советско-финской войны 1918 – 1920 гг. РСФСР уступила область Петсамо (пограничная с Норвегией полоса шириной 30 – 60 км и длиной до 150 км – современный Печенгский район) Финляндии) у подножия г. Котсельваара (примерно в 5 км на восток от современного пгт. Никель) была выявлена сульфидная медно-никелевая минерализация. Впервые же никеленосные ультраосновные породы в этом районе были обнаружены ещё в 1912 г. русским геологом С.А. Конради. В последующее десятилетие были проведены поиски и разведка медно-никелевых месторождений. В итоге в 1930-х гг. Интернациональной никелевой компанией INCO Ltd (по концессии) при разведке месторождения Каула (г. Котсельваара) были обнаружены запасы медно-никелевых руд в количестве 6088 тыс. т со средним содержанием в них никеля 3,86% и меди 1,82%; соответственно запасы никеля 235 тыс. т и меди 11 тыс. т. В 1937 – 1940 гг. здесь был построен подземный рудник, металлургический завод и сопутствующая инфраструктура, в том числе посёлок Колосйоки (современный Никель). Советско-финская война 1939 – 1940 гг. прервала развитие металлургического комплекса, но после очередного возвращения области Петсамо Финляндии (по Московскому мирному договору 1940 г.) строительство возобновилось. В период последующей немецкой оккупации на заводе немецкой компанией «Фарбениндустри» осуществлялась переработка медно-никелевой руды и выпуск файнштейна (полупродукт металлургического производства, получаемый при конвертировании (окисление и удаление в шлаки железа и других вредных примесей при высоких температурах) штейнов – сплавов сульфидов железа и цветных металлов переменного химического состава) для его дальнейшей переработки в Германии. Также необходимо отметить появление новой отрасли в рассматриваемом районе – гидроэнергетики. В 1938 г. финской фирмой «Иматран-Войма» в верховьях р. Паз строится ГЭС Янискоски, запущенная в 1942 г. для обслуживания металлургического завода, что привело к изменению береговой линии р. Паз и затоплению значительной территории (Кольская..., 2012; Комбинат «Печенганикель»..., 2008; Ларькова, 2012; <http://www.nornik.ru/>).

После освобождения рассматриваемой территории советскими войсками в 1944 г. началось восстановление разрушенного при отступлении немецких войск производства и посёлка, и в ноябре того же года здесь был организован горно-металлургический комбинат «Печенганикель». 22 июня 1945 г. считается днём рождения комбината, когда был принят его Устав. Первая плавка руды была осуществлена 6 ноября 1946 г. Также активно начала развиваться гидроэнергетика. Восстанавливается разрушенная ГЭС Янискоски, а создается каскад Пазских ГЭС (рис.



Рисунок 2. Схема каскада Пазских ГЭС
(<http://raucam.my1.ru/>).

2). Его составили 5 советских ГЭС – Янискоски (пущена в эксплуатацию в 1950 г.), Раякоски (1956 г.), Кайтакоски (1959 г.), Борисоглебская (1964 г.), Хевоскоски (1970 г.) – и 2 норвежские – Скугфосс (1964 г.) и Мелькефосс (1978 г.). Создание каскада привело к значительному преобразованию долины р. Паз и значительному затоплению сельскохозяйственных угодий по берегам. Наряду со строительством ГЭС организуются посёлок Янискоски и посёлок Раякоски (сначала строится «финская» часть посёлка компанией «Иматран-Войма», затем «норвежская часть» фирмой «Норэлектро»,

которая строила ГЭС Хевоскоски и Борисоглебскую ГЭС) (Кольская..., 2012; Ларькова, 2012; Печенга..., 2005; <http://www.kolagmk.ru/>).

В последующие годы ударными темпами развивается металлургическое производство. Активно велись геологоразведочные работы, открывались и разрабатывались новые месторождения, как подземным, так и открытым способом, новые способы переработки сырья. Самым важным было открытие в 1946 г. крупнейшего рудного объекта района – Ждановского медно-никелевого месторождения, на базе которого в 1956 г. появился город Заполярный (расположен в 28 км к востоку от пгт. Никель). В 1965 г. на Ждановском горно-обогатительном комбинате (в г. Заполярный) был получен первый медно-никелевый концентрат (продукт обогащения руды с повышенным содержанием извлекаемого минерала). В 1956 г. была открыта Печенгская железная дорога, соединившая пгт. Никель с г. Мурманск. В 1962 г. в целях освоения Аллареченского месторождения (полностью отработано в 1970-х гг.) был построен рудник открытых работ и посёлок Приречный (посёлок расположен в 48 км к югу от пгт. Никель) (Кольская..., 2012; Комбинат «Печенганикель»..., 2008; Печенга..., 2005; <http://www.kolagmk.ru/>; <http://www.nornik.ru/>).

Пик развития производства пришёлся на 1970-е гг., когда было принято решение направить на комбинаты Кольского полуострова руду из города Норильск (сегодня Заполярный филиал «ГМК «Норильский Никель» в Красноярском крае), где в тот период не хватало мощностей для переработки всего объёма добываемой руды.

Содержание серы в норильской руде было значительно выше (30%), чем в местной (6,5%) (Программа «Пасвик»..., 2008), поэтому несоответствие технологий производства комбината «Печенганикель» новому сырью привело к повышению содержания серы в выбросах и сбросах. До начала переработки норильской руды комбинат не оказывал столь значительного влияния на окружающую среду (выбросы не превышали 100000 т/год). Использование же нового сырья привело к деградации природной среды в окрестностях пгт. Никель и г. Заполярный. В связи с этим была проведена модернизация основного оборудования и организовано сернокислотное производство (в пгт. Никель): первая технологическая нитка в 1979 г, вторая технологическая нитка в 1987 г.; что позволило значительно сократить выбросы диоксида серы (с 400 тыс. т/год до 187 тыс. т/год). Уровень выбросов на к. 1980-х гг. соответствовал международным обязательствам СССР (по Женевской конвенции о трансграничном загрязнении воздуха на большие расстояния, 1979 г.), но был достаточно высок для природной среды. Государственный сектор и местная администрация не располагали средствами для оказания помощи в требующейся модернизации технологий комбината. В 1998 г. наряду с комбинатом «Североникель» (расположен в г. Мончегорск Мурманской области) он был включён в ОАО «Кольская горно-металлургическая компания», которая является дочерним предприятием ПАО «ГМК «Норильский Никель»». С этого времени начинается современный этап развития медно-никелевого производства, когда внимание начинает уделяться охране окружающей среды. В частности, в 2002 г. была полностью прекращена переработка норильской руды, также была выполнена реконструкция сернокислотного производства, обогатительной фабрики и модернизировано оборудование плавильного цеха. Все эти мероприятия привели к последующему сокращению объёма сернистых выбросов к 2010 г. до 108 тыс. т/год (Кольская..., 2012).

Сегодня комбинат «Печенганикель» или, правильнее, ОАО «Горно-металлургический комбинат Печенганикель» – это ведущий производственный комплекс Мурманской области, представляющий собой единое горно-металлургическое производство по добыче сульфидных медно-никелевых руд и производству цветных металлов. Выпускаемая продукция – это электролитный никель и медь, карбонильные никелевые порошки, кобальтовый концентрат и концентраты драгоценных металлов. По данным на 2014 г. Компанией было добыто 8138 тыс. т руды (сухой вес), было произведено 106 тыс. т никеля и 57 тыс. т меди (<http://www.kolagmk.ru/>; <http://www.nornik.ru/>).

Федеральное государственное учреждение Государственный природный заповедник «Пасвик» был образован в 1992 г. Резолюцией Правительства РФ № 493 от 16.07.1992 и приказом Министерства экологии и природных ресурсов № 202 от 08.09.1992 «О создании государственного природного заповедника «Пасвик». Заповедник является природоохранным, научно-исследовательским и эколого-просветительским учреждением федерального значения, имеющим целью сохранение и изучение естественного хода природных процессов и явлений, генетического фонда растительного и животного мира, отдельных видов сообществ растений и животных, типичных и уникальных экологических систем. Основными целями создания заповедника являются:

- охрана и изучение коренного соснового леса,
- комплексный мониторинг северных экосистем,
- охрана водно-болотных угодий, являющихся ценным объектом международного значения для гнездования многочисленных видов водоплавающих птиц,
- охрана местной популяции лосей,
- охрана ненарушенных участков р. Паз,
- охрана культурного наследия международного значения.

Заповедник «Пасвик» относится к категории Ia МСОП: «Природный заповедник со строгим режимом охраны / охраняемая территория дикой природы; управление, в основном, осуществляется для научных целей и охраны дикой природы» (Мюльгаузен, Панкратова, 2013; План действий..., 2008).

Заповедник «Пасвик» осуществляет охрану природных комплексов для сохранения биоразнообразия и поддержания их в естественном состоянии, организацию и проведение научных исследований, включая ведение Летописей природы, экологический мониторинг на специально организованных площадках и экологическое просвещение: проводятся семинары для учителей местных школ, экологические лагеря для школьников, в том числе с участием учеников из соседних стран и т.д. В 2000 г. участок «Фьярванн — Полигон Сконнинга» в южной части заповедника был внесён в Перспективный список водно-болотных угодий Рамсар (Особо охраняемые..., 2003; План действий..., 2008; <http://pasvik51.ru/>).

Заповедник «Пасвик» помимо его важной роли как особо охраняемой природной территории России имеет и большое международное значение. В 2005 – 2008 гг. заповедник совместно с природоохранными организациями Норвегии и Финляндии участвовал в создании Трёхстороннего Трансграничного парка «Пасвик-Инари» (рис.

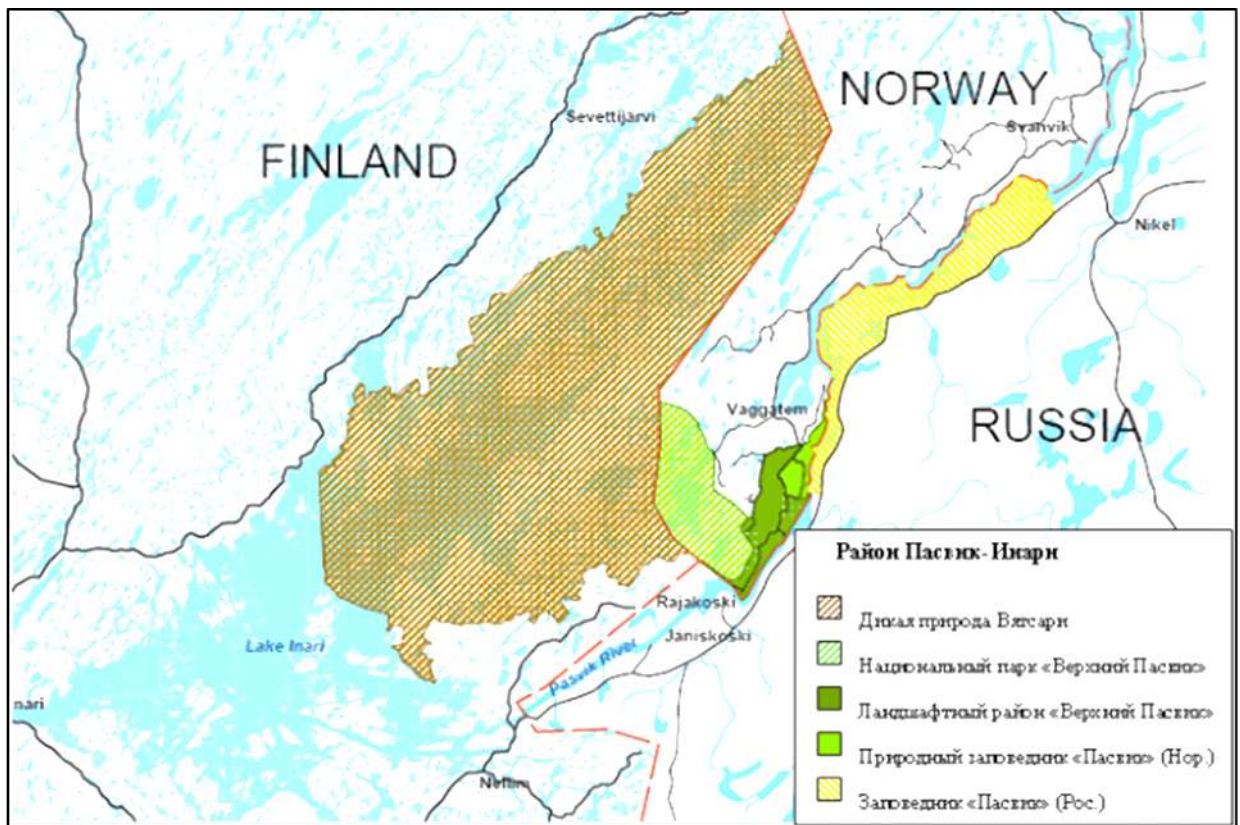


Рисунок 3. Карта района Пасвик-Инари (План действий..., 2008).

3), и теперь является одним из его членов. Этот район неслучайно был выбран как объект сотрудничества, так как Россию, Норвегию и Финляндию объединяет не только общая граница, но и природные условия, а также историко-культурная среда. В регионе создано несколько охраняемых природных территорий: в Финляндии – район дикой природы «Вятсари» (создан в 1991 г.), в России – заповедник «Пасвик», в Норвегии 3 ООПТ – национальный парк «Верхний Пасвик» (создан в 1979 г, расширение территории в 2003 г.), природный заповедник «Пасвик» (1993 г.) и ландшафтный заказник «Верхний Пасвик» (2003 г.). Целью создания такой охраняемой территории было не только её большое значение для охраны уникальных природных ландшафтов Севера, но также и сотрудничество стран по вопросам совместных научных исследований, мониторинга природных комплексов, а также создания условий для устойчивого туризма (План действий..., 2008; <http://www.pasvik-inari.net/neu/rus/main.html>).

1.3. Геологическое строение и рельеф

Исследованная территория располагается в пределах Балтийского кристаллического щита, она сложена древними породами архея, нижнего и среднего

протерозоя, распределение которых очень неоднородно. В окрестностях пгт. Никель преобладают осадочно-вулканогенные породы в основном среднего протерозоя:

1. комплекс пород свиты Луостари: амфиболизированные диабазы, мандельштейны и диабазовые порфириты; миндалекаменные спилиты, альбитофиры, агломераты, спилзиты, филлиты;
2. комплекс пород свиты Сальмиярви: спилиты, диабазовые порфириты, агломераты с интрузиями пироксенитов и частично амфиболизированных габбро-диабазов; конгломераты, туффиты, алевролиты, филлиты с многочисленными интрузиями пироксенитов и частично амфиболизированных габбро-диабазов, а также серпентинитов, перидотитов и пироксенитов;
3. комплекс пород свиты Ламмас: авгитовые диабазы, спилиты с интрузиями пироксенитов и частично амфиболизированных габбро-диабазов.

Северная часть заповедника «Пасвик» и прилегающие к ней с востока территории помимо вышперечисленных пород слагаются также олигоклазовыми мигматизированными гнейсогранитными интрузиями раннего архея и архейскими биотитовыми гнейсами (Кольская серия), а также нижнепротерозойскими гранитными плагиоклазовыми амфиболитами (свита Тольпвыд-Кеулик). Для севера заповедника характерны также большие площади, занятые голоценовыми морскими песками, глинами и суглинками. В районе озёр Лангватн и Пороярви преобладают кварцево-биотитовые, кварцево-хлористые сланцы нижнего протерозоя (свита Тольпвыд-Кеулик) и интрузии диоритовых порфиритов, частично порфиритоидов. Южнее, в районе озера Боссояврре территорию заповедника слагают нижнепротерозойские хлоритовые, слюдяно-кварцевые, углисто-кварцевые и др. сланцы (свита Тольпвыд-Кеулик). Наивысшая точка заповедника г. Калкупя (357 м над у.м.) сложена нижнепротерозойскими метадиабазами, зелёными сланцами, сланцеватыми и др. амфиболитами нижнего протерозоя (свита Тольпвыд-Кеулик), а также интрузиями метагаббро, габбро-амфиболитов и плагиоамфиболитов. Большие территории в южной части заповедника слагаются моренными отложениями Валдайского оледенения, главным образом, валунными песками, реже супесями, галечниками и глинами, а также голоценовыми торфами с максимальной мощностью до 5 м. На крайнем юге заповедника, а также в окрестностях п. Раякоски и п. Янискоски преобладают позднеархейские интрузивные породы – плагиоклазовые и плагио-микроклиновые граниты и гнейсо-граниты. В районе п. Янискоски также развиты моренные отложения Валдайского оледенения (Геологическая карта СССР масштаба 1:200 000 лист R-35-

XXIV/R-36-XIX, XX, 1962; Геологическая карта СССР масштаба 1:200 000 лист R-35-XXIX, XXX, 1962; Объяснительная записка..., 1963).

Коренные породы практически повсеместно перекрыты чехлом четвертичных отложений, главным образом, ледникового генезиса – основной мореной. Она представлена в основном песками, реже супесями, суглинками и глинами, с гравием, щебнем, галькой и валунами, в среднем мощностью 4 – 7 м. Водно-ледниковые отложения развиты фрагментарно, сложены песками различной крупности и глинистости, с включением гальки, гравия и валунов. Это озовые гряды северо-восточного или меридионального простирания шириной от нескольких метров до 3,5 км и средней высотой 7 – 15 м. Местами встречаются озерно-ледниковые отложения в виде камов, сложенных песчаным материалом с включением гальки. Представляют собой холмы округлой формы 3 – 10 м высотой. Широкое распространение имеют биогенные отложения, представленные торфом, преимущественно плохо разложившимся, водонасыщенным, максимальной мощностью до 5 м. Элювиально-делювиальные отложения развиты на всех возвышенных массивах района исследований. Залегают в виде покрова мощностью от 0,3 до 2,2 м. На крутых склонах возвышенностей коренные породы выходят на поверхность. На градостроительноосвоенной части рассматриваемой территории залегают насыпные техногенные грунты, представленные в основном крупнообломочными разновидностями (глыбы, валуны, галька, гравий, щебень, дресва) с песчаным и супесчаным заполнителем до 35%, с примесью строительного мусора, металлолома и шлака. Мощность насыпного грунта на отдельных участках достигает 3 м. Особо стоит отметить морские отложения в долине р. Паз. Практически на всем протяжении голоцена её речная долина периодически превращалась в морской залив. Многочисленные морские трансгрессии (Арсланов и др., 1974) нанесли отпечаток на строение её берегов: до высоты 65 – 70 м над у.м. их слагают морские глины с прослоями песков и супесей; на плоских участках сформировались морские равнины, к примеру, на севере заповедника «Пасвик» (Объяснительная записка..., 1963; Пояснительная записка, 2009; <http://pasvik51.ru/>).

В тектоническом отношении рассматриваемая территория состоит из следующих тектонических элементов Балтийского щита (при движении с севера на юг района исследований):

1. Северо-Печенгская зона Центрально-Кольского мегаблока (осадочные комплексы карелия (нижний протерозой));

2. Южно-Печенгская зона Верхнетуломской зоны протерозойской активации (осадочно-вулканогенные толщи карелия, тектонически переработанные в позднем карелии)
3. Аллареченско-Солозерский блок Верхнетуломской зоны протерозойской активации (архейский фундамент, подвергшийся гранитообразованию в позднем карелии)
4. Хихнаярвинский блок Лапландского мегаблока (фрагмент архейского гранитогнейсового фундамента)

Все эти образования пересечены зонами глубинных разломов и расчленены на блоки, движения по которым продолжаются и сегодня (Государственная геологическая карта..., 2007).

Согласно информации, предоставленной Министерством природных ресурсов и экологии Мурманской области и Управлением по недропользованию по Мурманской области, на территории городского поселения Никель зарегистрированы месторождения и проявления никеля, меди, золота, титана, молибдена, олова, серы, асбеста, яшмы, графита, песчано-гравийных отложений, песка. Медно-никелевые рудопроявления приурочены к интрузиям основных и ультраосновных пород. Промышленные запасы месторождений составляют более 600 млн. тонн руды. Основа запасов – рядовые вкрапленные руды с содержанием никеля 0,5 – 0,6%, составляющие 95% всех запасов (соответственно богатые руды 5%). На сегодняшний день из 4-х эксплуатируемых месторождений два находятся на территории исследования – Котсельваара и Семилетка (рудник «Каула-Котсельваара», подземный способ добычи), расположенные примерно в 5 км к востоку от пгт. Никель. Также в пределах рассматриваемой территории ведётся добыча песка, гравийно-галечного материала и облицовочного камня (Медно-никелевые..., 1999; Объяснительная записка..., 1963; Пожиленко и др., 2002; Пояснительная записка, 2009).

Современный рельеф сформировался под влиянием 3-х основных рельефообразующих факторов: тектоники, денудации и эрозионно-аккумулятивной деятельности ледника и талых ледниковых вод. В целом для рассматриваемой территории характерны унаследованно-возрожденные морфоструктуры денудационно-тектонического рельефа – глыбовые низкие островные горы (Каскама – 351 м, Кораблекк – 386 м в районе центральной части заповедника «Пасвик» и др.), разделенные глубокими впадинами и долинами, и крупные возвышенности, самым ярким примером которых являются Печенгские тундры (на их северо-западной оконечности расположен пгт. Никель) с преобладающими высотными отметками 350-

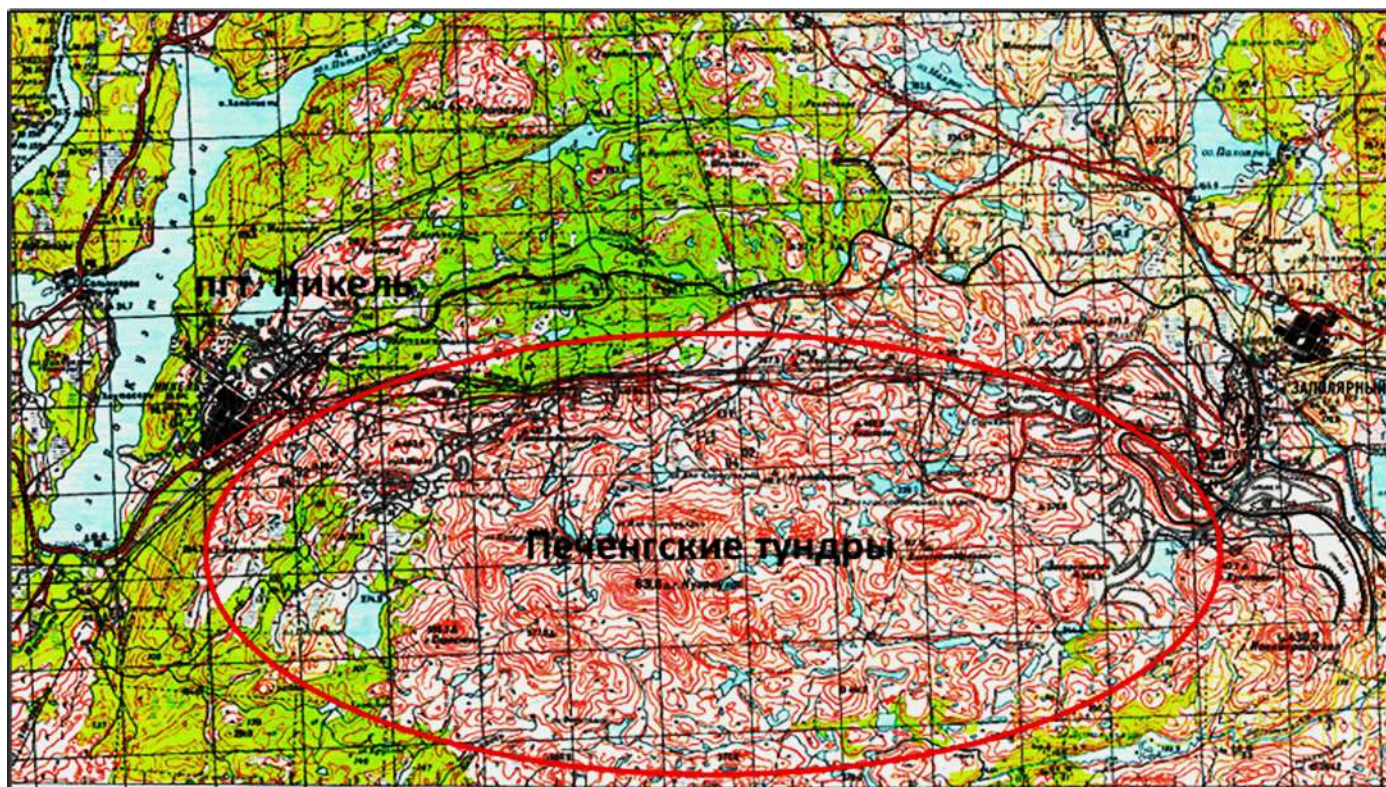


Рисунок 4. Фрагмент карты Генштаба лист R36-85_86 (1:100 000)

с указанием примерного расположения Печенгских тундр и пгт. Никель

400 м (рис. 4). Наивысшая точка массива – г. Куорпукас (631 м н. у. м.) – и ряд близко расположенных к ней возвышенностей (к примеру, Сяряслаки – 555,3 м, Хоусутунтури – 548 м, Каммикивитунтури – 482,3 м) также может считаться островными горами. Островные горы отличаются от возвышенностей большей крутизной и ступенчатостью склонов, в то время как возвышенности довольно пологи. Также широко распространен денудационный рельеф – результат разрушения древнего пенеблена, а также грядово-холмистый рельеф, оставленный Валдайским ледником. Их комплексное сочетание представляет собой чередование слаборасчлененных цокольных равнин (150 – 250 м) денудационного происхождения с холмистыми и увалистыми формами рельефа ледникового генезиса (25 – 50 м). Многочисленны следы ледниковой деятельности. Они проявляются в сглаженных поверхностях вершин возвышенностей, «ваннах выпаживания», «бараньих лбах», ледниковых шрамах, а также в специфической вытянутости холмов, озёрных котловин и понижений в направлении движения ледника – с северо-запада на юго-восток. О наличии форм рельефа водно-ледникового (озы), озерно-ледникового (камы) и морского (террасы) генезиса уже упоминалось выше. В пределах заболоченных равнин, приуроченных к пониженным участкам, формируются органогенные формы рельефа (болота) (Объяснительная записка..., 1963; Пожиленко и др., 2002).

1.4. Климатические условия

Рассматриваемый район расположен в атлантико-арктической области субарктического и умеренного климатических поясов (по Б.П. Алисову, 1969). Большое влияние на формирование климата данной местности оказывает Нордкапское течение, омывающее Кольский п-ов. Морское влияние проявляется в таких климатических особенностях данной территории как довольно мягкая зима и прохладное лето, постоянно высокая влажность воздуха в течение года (75 – 80%), высокая повторяемость пасмурных дней и значительное количество осадков, частые и быстрые изменения погоды при смене направления ветра. Район исследований лежит за северным полярным кругом, поэтому зимой здесь наблюдаются полярные ночи, а летом – полярные дни. Полярная ночь наступает в декабре и продолжается до середины января, полярный день характерен для июня – июля. Кроме того, для зимы характерно такое явление, как северное сияние (Птицы Пасвика, 2007; <http://pasvik51.ru/>). Среднегодовая температура воздуха близка к 0°C (-0,1°C по данным метеостанции Печенга-Никель) (Научно-прикладной справочник..., 1988)

Зимой климатические особенности рассматриваемой территории определяются господством морских воздушных масс и интенсивной циклонической деятельностью. Нельзя однозначно определить, какой месяц является наиболее холодным, так как низкие температуры постоянно чередуются в течение зимних месяцев. Средняя температура января составляет -11,3°C, изменяясь от -6...-10°C на севере района до -13...-14°C на юге. Абсолютный минимум температур был зарегистрирован в январе и составляет -48°C. Первый снег обычно выпадает в конце сентября. Снежный покров устанавливается в начале октября и держится 190 – 200 дней в году. Средняя мощность снежного покрова варьирует от 40 см на севере до 80 см на юге рассматриваемой территории. Такая мощность снега защищает почвы от сильного и глубокого промерзания, но весной из-за медленного таянья снега почвы длительное время находятся в переувлажнённом состоянии и долго прогреваются. Проникновение тёплого воздуха с Атлантического океана в зимний период приводит к оттепелям. Вторжение же холодных и сухих арктических воздушных масс вызывает сильные похолодания, и перепад температур в этом случае в течение суток может достигать 47°C (от -40°C до +7°C) (Птицы Пасвика, 2007; <http://pasvik51.ru/>).

В отличие от зимних характеристик погоды летом наблюдается выраженный период тепла – июль. Средние многолетние температуры составляют 10 – 14°C. В последние годы наблюдается явное повышение средних июльских температур – в 2003

г. были зарегистрированы температуры 16,4°C на севере и 16,7°C на юге заповедника «Пасвик». Абсолютный же максимум температур составляет 33°C. Летом повторяемость циклонов уменьшается, в основном преобладает адвекция холодного воздуха с моря на сушу, что определяет прохладную погоду, особенно в северных районах. Безморозный период длится в среднем 97 дней, варьируя от 62 до 148 дней. Продолжительность вегетационного периода – около 117 дней (конец мая – последняя декада сентября). Вторжение холодных и сухих арктических масс может приводить к заморозкам (за исключением июля) (Печенга..., 2005; Птицы Пасвика, 2007; <http://pasvik51.ru/>).

Ветровой режим на рассматриваемой территории также подвержен сезонности (таблица 1).

Таблица 1. Повторяемость среднегодовых направлений ветра (%)
(метеостанция Печенга-Никель, Научно-прикладной справочник..., 1988).

Направление	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ
Среднегодовое значение	10	10	6	10	31	16	8	9

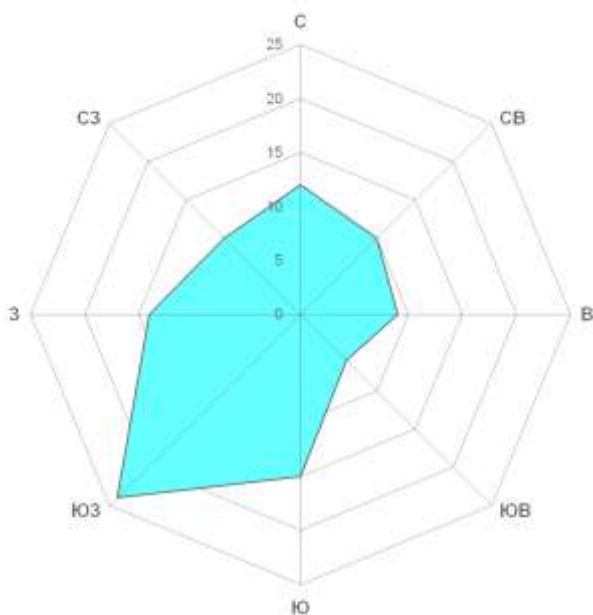


Рисунок 5. Роза ветров по метеостанции Печенга-Никель (показатели даны в %).

В зимний период преобладают южные и юго-западные ветры, летом – ветры преимущественно северных и северо-восточных направлений, но за год господствующими все же являются юго-западные ветры (рис. 5). Среднегодовая скорость ветра усиливается с юга на север рассматриваемой территории: от 1,7 м/с до 3,7 м/с соответственно. Наибольшие зарегистрированные скорости ветра достигают 30 – 40 м/с (Птицы Пасвика, 2007; <http://pasvik51.ru/>).

Среднегодовое количество осадков колеблется от 440 до 530 мм. Основная масса осадков в виде дождей выпадает в июле-августе. В целом же в тёплый период года на рассматриваемой территории выпадает 70% годовой суммы осадков. Осенью наблюдается минимум, который приходится на сентябрь. Затем наступает резкое

повышение количества осадков в октябре, обусловленное развитием циклонической активности над Баренцевым морем. В результате на севере района, по сравнению с его южной частью, выпадает большее количество осадков, как правило, в виде снега, и на 1 – 2 дня раньше происходит установление снежного покрова (Птицы Пасвика, 2007; <http://pasvik51.ru/>).

1.5. Внутренние воды

Главной водной артерией рассматриваемой территории является река Паз (фин. Патсойоки, норв. Пасвикэльва). Интересно, что в её долине соединяются государственные границы России, Норвегии и Финляндии. Река берет своё начало в финском озере Инари, её верховья и средняя часть располагаются на границе России и Норвегии, низовья и устье реки – Бек-фьорд, являющийся частью Варангер-фьорда (Варяжский залив) в Баренцевом море – находятся на территории Норвегии. Река Паз – это типичная для Фенноскандии (рассматриваемая территория принадлежит этой физико-географической стране) речная система, имеющая множество крупных заливов и расширений русла, которые являются озёрами: Хеюхеньярви, Воуватусьярви, Боссояврре, Сальмиярви и др. Продольный профиль реки плохо выработан, что свидетельствует о молодом возрасте речной системы. Наряду с плёсовыми участками, река имеет перекаты, небольшие пороги и водопады. Общая протяжённость реки составляет 147 км. Ширина реки варьирует от 200 м в районе порога Йорданфосс до 4 км в районе озера Воуватусьярви (норв. Ваггатем). Глубина колеблется от 1 м на плёсовых участках в районе озера Хеюхеньярви до 21 м на водохранилищах. Общая площадь водосбора реки составляет 32700 км² (70% – с территории Финляндии). Паз имеет несколько крупных притоков (Наутсийоки, Сейгийоки, Корнетийоки, Лауккуйоки), кроме того, в неё впадает множество ручьев, которых только в пределах заповедника «Пасвик» насчитывается около 50. Река имеет преимущественно снеговой тип питания со значительной долей дождевого (за счёт интенсивных дождей в июле – августе) и подземного стоков. В годовом ходе уровня река характеризуется весенним половодьем, довольно высоким уровнем стока осенью и зимней и летней меженью. Что касается режима реки, то ледостав обычно начинается в конце октября – начале ноября и длится около 200 дней, вскрытие приходится на середину – конец мая. Толщина льда заметно различается на разных участках реки: близ перекатов она достигает 1 см, а у берегов доходит до 1 м. Крупные пороги реки и отводные каналы имеющихся на реке

ГЭС вообще не замерзают (Пояснительная записка, 2009; Птицы Пасвика, 2007; <http://pasvik51.ru/>).

Река обладает высоким энергетическим потенциалом, благодаря которому здесь возможно устройство Каскада Пазских ГЭС (см. подглаву 1.2). Перепад высот от истока реки до устья составляет 119 м. Общая мощность всех ГЭС – 275,9 МВт (на российскую часть каскада приходится 187,9 МВт), причём она увеличивается при движении от истока к устью реки: нижняя ГЭС Борисоглебская в 5 раз превосходит по мощности (56 МВт) самую верхнюю ГЭС Кайтакоски (11,2 МВт). Озёра фактически стали водохранилищами, и в естественном состоянии русло реки сохранилось только на том её участке, который лежит в пределах заповедника «Пасвик»: Хеюхеньярви или Фьярванн (Перспективный список Рамсар). В северной части заповедника протекает река Мениккайоки – это бывший рукав р. Паз, который был зарегулирован в результате строительства дамбы (так называемой Глухой плотины) для образования водохранилища норвежской ГЭС Скугфосс (<http://www.tgc1.ru/>; <http://pasvik51.ru/>). В годы с большой высотой снежного покрова, интенсивным снеготаянием и большой долей осадков в августе – сентябре увеличивается уровень воды в оз. Инари. В соответствии с «Правилами регулирования режима в оз. Инари», установленными Финляндией и Россией, гидроэлектростанции осуществляют холостой сброс воды, как правило, в начале – середине июня и сентябре. Иногда длительность его составляет месяц и более, частота подъёма шлюзов и объёмы сбрасываемой воды сильно варьируют. Регулирование водного режима реки в связи со строительством каскада ГЭС привело к изменению прилегающих территорий. В настоящее время наблюдается замедление её течения, что приводит к расширению отмелей, происходит запруживание и оползание берегов, что в свою очередь ведёт к сокращению площадей прибрежных лугов, которые являются местами произрастания некоторых типичных видов растений. Примером может служить мерингия бокоцветная (*Moehringia lateriflora* (L.) Fenzl.), которая практически полностью исчезла с берегов реки. Кроме того, наличие плотин препятствует миграции рыб, что приводит к формированию их локальных популяций и изменению соотношения разных видов, более приспособленных к обитанию на отмелях. Например, кумжа и хариус пострадали из-за изменений водной среды, тогда как для щуки, окуня и сига условия стали более благоприятными. Уже несколько лет в долине р. Паз не встречается выдра и крайне редко встречается такой вид птиц как оляпка обыкновенная (Пояснительная записка, 2009; http://www.pasvik-inari.net/neu/rus/nature_watersystems.html).

Для пгт. Никель основной водной артерией является река Колосйоки (рис. 6). Река берет начало из оз. Колосъярви, расположенного в 14 км к востоку от п. Никель, и впадает в оз. Куэтсъярви, находящееся в 1,5 км к югу-западу от п. Никель, образуя в месте впадения на востоке озера выраженную дельту. Из её наиболее крупных

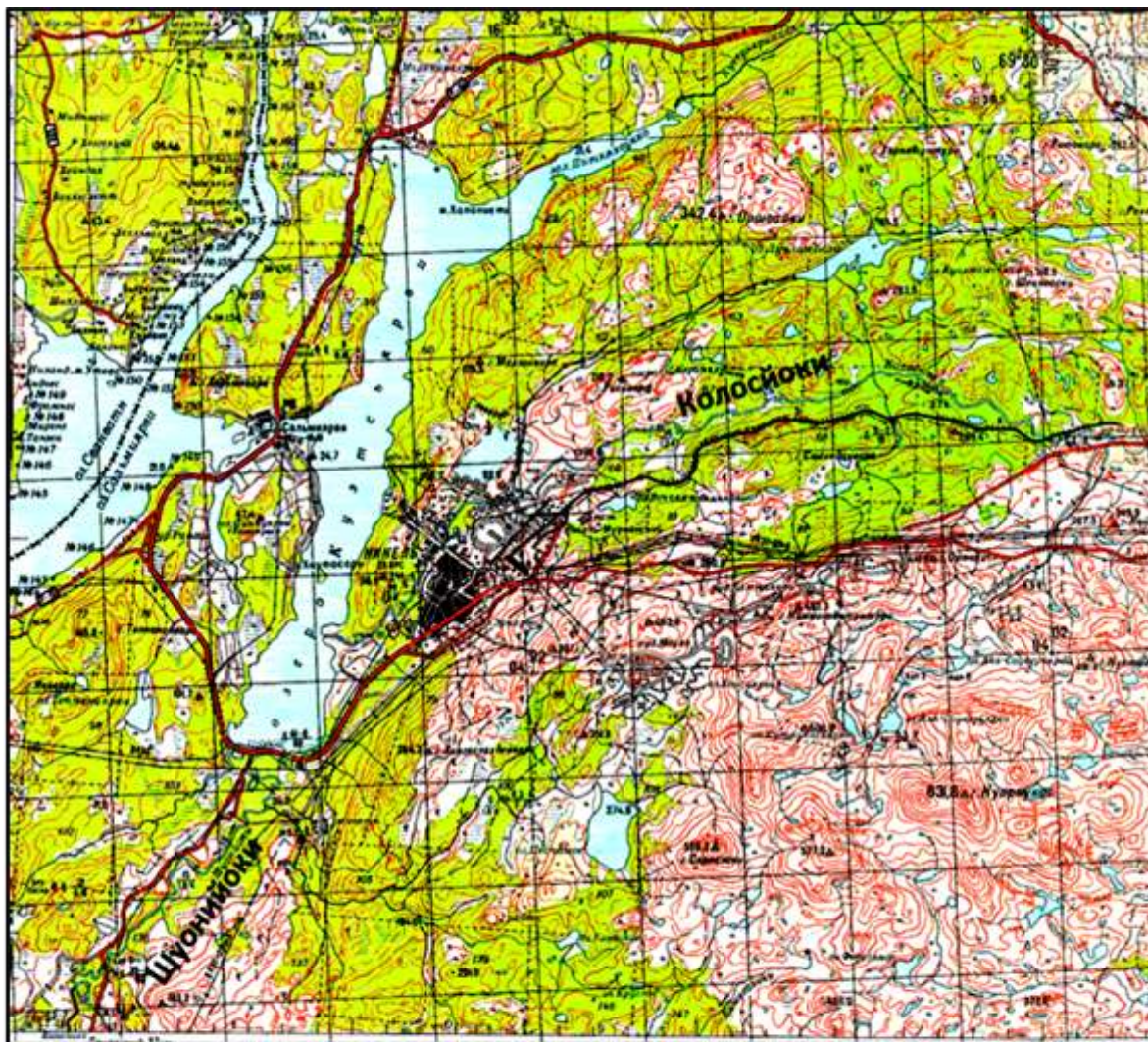


Рисунок 6. Фрагмент карты Генштаба лист R36-85_86 (1:100 000) с озером Куэтсъярви

и указанием рек Колосйоки и Шуонийоки

притоков следует упомянуть правобережный приток – реку Малая Колосйоки, впадающую в неё у промзоны комбината «Печенганикель». Протяжённость реки составляет 24 км, ширина колеблется от 15 до 25 м, а глубины достигают всего 25 – 30 см. Площадь водосбора реки невелика и составляет 134 км². Колосйоки относится к типу рек с преимущественно снеговым типом питания. В годовом ходе уровня река характеризуется высоким весенним половодьем, низкой летней и зимней меженью и относительно небольшими подъёмами в летне-осенний период, вызываемыми дождями. Характерно значительное преобладание весеннего стока над летне-осенним и небольшое летне-осеннее над зимним. Образование льда на реке начинается в середине

октября – начале ноября, вскрытие реки происходит в конце апреля. Ледохода, как правило, не бывает. Ещё одной крупной рекой на изучаемой территории является Шуонийоки, впадающая в оз. Куэтсьярви на крайнем юге. Вытекает из озера Шуонияур в 15 км к югу от оз. Куэтсьярви. Длина реки составляет 26 км (Печенга..., 2005; Пояснительная записка, 2009).

На рассматриваемой территории насчитывается несколько десятков озёр. Они имеют различное происхождение, но практически все испытали воздействие ледника. Большая их часть мелководна. Встречаются как на равнинах, так и в котловинах на возвышенностях и между ними (Птицы Пасвика..., 2007). Одно из крупнейших озёр – вышеупомянутое оз. Куэтсьярви, у восточного берега которого располагается пгт. Никель. Это вытянутый с севера на юг водоём длиной 11 км и шириной в среднем 1 км. Наибольшая ширина отмечается в южной части озера и на севере, в районе залива Питкялоукко – от 2 до 2,5 км. Средняя глубина – 11,9 м, максимальная – 30 м (в районе залива Питкялоукко). Площадь озера составляет 17 км². Наиболее крупными реками, впадающими в озеро, являются Колосйоки и Шуонийоки. Через протоку Сальмиярви на западе озеро Куэтсьярви соединяется с рекой Паз в районе озера Сальмиярви. Длина протоки составляет 2,5 км, ширина в центральной части – 100 м (Печенга..., 2005; Пояснительная записка..., 2009).

По данным Баренцево-Беломорского территориального управления Федерального агентства по рыболовству р. Паз, р. Колосйоки, озера Куэтсьярви и Сальмиярви относятся к рыбохозяйственным водным объектам высшей (особой) категории. Ихтиофауна представлена следующими видами рыб: кумжа, форель, хариус, сиг, щука, окунь, голян (Пояснительная записка..., 2009).

Равнинность долины р. Паз, наличие понижений между выпуклыми формами рельефа, близкое залегание к поверхности грунтовых вод и постоянно избыточное увлажнение способствуют широкому распространению болот. Они имеют преимущественно атмосферное и в меньшей степени грунтовое питание и приурочены в основном к берегам реки, озёрам и ручьям. Около 30% территории заповедника «Пасвик» (3741 га) занято болотами (Птицы Пасвика, 2007; <http://pasvik51.ru/>).

На рассматриваемой территории встречаются 2 типа подземных вод – воды рыхлых четвертичных отложений и воды трещинного типа, приуроченные к коренным породам. Это слабо минерализованные воды (Σ анионов ≤ 3 мг·экв/л) гидрокарбонатно-кальциевого типа. Трещинные воды коренных пород образуются за счёт инфильтрации атмосферных осадков и вод, содержащихся в вышележащих рыхлых отложениях. Нередко обладают напором, дренируются в долинах рек и в виде родников. Воды

четвертичных отложений относятся к типу поровых. Питаются преимущественно за счёт инфильтрации атмосферных осадков (Пояснительная записка, 2009).

1.6. Почвы

На формирование почвенного покрова рассматриваемой территории оказывают влияние низкие температуры, преобладание осадков над испарением и низкая зольность растительности. Вследствие значительной расчленённости рельефа и достаточно разнообразных по генезису и гранулометрическому составу четвертичных отложений, а также микроклиматических условий почвенный покров довольно мозаичен. Преобладание рыхлых почвообразующих пород (моренные отложения преимущественно песчано-супесчаного состава с высокой щебнистостью), обеспечивающих свободный внутренний дренаж почв, и окислительных условий обуславливают доминирование на данной территории иллювиально-железистых подзолов с неглубоким профилем: 20 – 50 см. Данный подтип почв отмечен практически повсеместно на хорошо дренированных участках рельефа: на вершинах и склонах (даже пологих) возвышенностей и холмов. На равнинных участках господствуют песчаные и супесчаные иллювиально-гумусово-железистые подзолы, в разной степени завалуненные. Иллювиально-гумусовые подзолы развиваются под лесами и редколесьями с густым травяно-кустарничковым покровом. Под сухими кустарничково-лишайниковыми тундрами при недостаточном внутреннем дренаже формируются подбуры. Местами на плоских и вогнутых участках равнин, межрядовых понижениях и нижних частях очень пологих склонов встречаются торфянисто-подзолистые почвы. Мощность их также невелика – ≤ 40 см (Белов, Барановская, 1969; Никонов, Переверзев, 1989; Птицы Пасвика, 2007; <http://pasvik51.ru/>).

На кристаллических породах горных тундр формируются примитивные горные тундровые щебнистые почвы. Довольно высокая степень заболоченности исследованной территории и близкое залегание грунтовых вод, а также наличие значительных снеготпасов приводят к распространению торфянисто-болотных (мощность торфяного горизонта 20 – 30 см), реже торфяно-болотных (мощность торфяного горизонта 30 – 50 см) почв. По берегам р. Паз на морских ингрессионных террасах развиваются дерновые почвы. Их отличительными особенностями являются: наличие плотной дернины, образуемой корнями такой типичной для этих участков растительности как дёрен шведский (*Chamaepericlymenum suecicum* (L.) Asch. &

Graebn.), хвощи, кустарнички и разнотравье, размытость почвенного профиля, тяжелосуглинистый и глинистый механический состав и высокая влажность (Птицы Пасвика, 2007; <http://pasvik51.ru/>).

1.7. Растительность

Район исследований весьма интересен с зональной точки зрения – это переходная территория от подзоны северной тайги к зоне лесотундры. По Классификационным типологическим схемам лесов..., 1979 окрестности пгт. Никель и заповедника «Пасвик» до г. Калкупя (включительно) попадает в подзону предтундровых лесов, южная часть исследованной территории (окрестности поселков Раякоски и Янискоски) относится уже к подзоне северотаежных лесов. Главной лесообразующей породой является северный аналог сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris L.*) сосна Фриза, или лапландская (*Pinus friesiana Wich.*). Это самые северные хвойные леса Европы, произрастающие здесь на пределе своего распространения. Характерными особенностями лесов данной местности являются их редкостойность, низкий класс бонитета (Va), преобладание средневозрастных, спелых и перестойных насаждений. Около 60% лесов в заповеднике «Пасвик» старше 140 лет. Стоит особо отметить, что заповедные леса «Пасвика» – это одни из наиболее ценных лесов всей Мурманской области (<http://pasvik51.ru/>).

Сосновые леса данной местности весьма разнообразны. Сосновые кустарничковые леса (бруснично-вороничные и чернично-вороничные) встречаются на хорошо дренируемых участках и занимают до 60% лесопокрытой площади. В напочвенном покрове таких лесов помимо кустарничков встречаются также кустистые лишайники (преимущественно род *Cladonia*). Чуть менее распространёнными являются сосновые лишайниково-зеленомошные и зеленомошно-кустарничковые леса. Кустарничковый ярус в зеленомошно-кустарничковом варианте соснового леса представлен брусникой (*Vaccinium vitis-idaea L.*) и черникой (*Vaccinium myrtillus L.*), иногда багульником болотным (*Ledum palustre L.*) и голубикой (*Vaccinium uliginosum L.*). В мохово-лишайниковом покрове господствуют мхи родов *Pleurozium* и *Hylocomium*. Особенностью является мозаичность растительного покрова: чередование «пятен» зелёных мхов (преимущественно гилокомиума блестящего *Hylocomium splendens (Hedw.) W.P. Schimp.* и плевроциума Шребера *Pleurozium schreberi (Brid.) Mitt.*) и кустарничков под кронами деревьев и лишайников на открытых местах. В понижениях рельефа, где подстилающие породы имеют суглинистый состав,

произрастают сфагновые сосняки, характеризующиеся сильной разреженностью и угнетённостью. Их травяно-кустарничковый ярус составляют берёза карликовая (*Betula nana* L.), багульник болотный, морошка (*Rubus chamaemorus* L.) различные виды пушицы (род *Eriophorum*), а в мохово-лишайниковом покрове господствует сфагнум (*Sphagnum* sp.). По подножиям склонов встречаются сосновые травяные зеленомошные леса с вахтой трёхлистной (*Menyanthes trifoliata* L.), вейником тростниковидным (*Calamagrostis arundinacea* (L.) Roth) и различными видами осок (*Carex* sp.) с примесью сфагнума. Сосновые лишайниковые леса – наименее распространённый тип сосновых лесов данной местности. Они распространены на возвышенностях, где в качестве почвообразующей породы выступают коренные породы или грубовалунная морена. Такие леса практически лишены подроста и кустарников и сильно разрежены, а в их напочвенном покрове преобладают лишайники (проективное покрытие достигает 45 – 85%), представленные в основном родами *Cladonia*, *Cetraria*, *Stereocaulon* (Костина, 1995; Птицы Пасвика, 2007; <http://pasvik51.ru/>).

Еловые леса на рассматриваемой территории не произрастают, только на территории заповедника «Пасвик» у подножия г. Калкупя зарегистрировано несколько угнетённых куртин, состоящих из ели сибирской (*Picea obovata* Ledeb.) (<http://pasvik51.ru/>).

Лиственные леса, точнее мелколиственные леса образованы, главным образом, берёзой пушистой (*Betula pubescens* Ehrh.) и берёзой субарктической (*Betula subarctica* N.I. Orlova). Эпизодически можно встретить берёзу повислую (*Betula pendula* Roth.), чаще всего в сообществах с берёзой пушистой. Естественные берёзовые леса с хорошо развитым травяно-кустарничковым ярусом распространены по берегам рек и ручьев. Они представляют собой заболоченные берёзовые разнотравные леса с примесью рябины обыкновенной (*Sorbus aucuparia* L.), ольхи серой (*Alnus incana* (L.) Moench), черёмухи обыкновенной (*Padus avium* Mill.) и сфагновым мохово-лишайниковым покровом. Их травяно-кустарничковый ярус богат осоками и крупнотравьем: лабазник (*Filipendula ulmaria* (L.) Maxim.), купальница европейская (*Trollius europaeus* L.), манжетка обыкновенная (*Alchemilla xanthochlora* Rothm.). На более возвышенных участках береговых склонов встречаются также берёзовые зеленомошные леса с преобладанием брусники, вороники (*Empetrum nigrum* L.) и черники в травяно-кустарничковом ярусе и развитым рябиновым или ивовым (род *Salix*) подлеском. На возвышенностях с высотами до 150 – 200 м произрастают березняки травяные. Вторичные берёзовые леса распространены на местах бывших вырубок и зарастающих сельскохозяйственных угодьях (бывшие пашни), например, на острове Варлама,

расположенного в южной части заповедника «Пасвик», где в к. XIX – 1-ой пол. XX вв. располагалась финская деревня, позднее лесопильный завод. Но чаще всего берёза образует не самостоятельные лесные сообщества, а составляет второй ярус леса в смешанных древостоях (Костина, 1995; Птицы Пасвика, 2007; <http://pasvik51.ru/>).

Ещё одна порода, произрастающая в смешанных лесах – осина (*Populus tremula L.*), но чистые осиновые леса крайне немногочисленны. Как правило, осина произрастает на увлажнённых пологих склонах или ступенях возвышенностей и образует осиновые зеленомошные леса с обильным кустарником. По долине р. Паз или долинам ручьев распространены травяные осинники с обилием трав, папоротников и дёрена шведского в травяно-кустарничковом ярусе и слабо выраженным ярусом кустарников. К заболоченным берегам рек и других водоёмов приурочены заросли ивняка с обилием трав и значительным развитием сфагнома, иногда с «пятнами» берёзы карликовой. Также в увлажнённых местах по долинам ручьев и берегам рек встречаются заросли ольхи серой (Костина, 1995; Птицы Пасвика, 2007; <http://pasvik51.ru/>).

Для островных гор и крупных возвышенностей района исследований характерна высотная поясность. Рассмотрим основные высотные яруса на примере г. Калкупя, расположенной в центральной части заповедника «Пасвик» (рис. 7). Нижние части



Рисунок 7. Примерная схема высотной поясности г. Калкупя. Отметки высот даны в метрах (схема построена по описанию г. Калкупя с официального сайта ГПЗ «Пасвик» (<http://pasvik51.ru/>)).

склонов примерно до высоты 200 м заняты сосновыми кустарничковыми (воронично-черничные, воронично-брусничные) лесами с примесью берёзы. Далее по мере увеличения высоты леса становятся более разреженными, и доминирование переходит к берёзе. Затем пояс лесов переходит в пояс берёзового криволесья. С отметки 300 м начинается горная тундра. Здесь широко распространены лишайниково-кустарничковые и кустарничково-лишайниковые тундры со скальными обнажениями и каменисто-щебнистыми «пятнами» (Птицы Пасвика, 2007).

На рассматриваемой территории распространены различные типы болот. На олиготрофных болотах встречается поросль сосны, травяно-кустарничковый ярус представлен различными видами пушицы и болотных кустарничков с доминированием клюквы мелкоплодной (*Oxycoccus microcarpus Turcz. ex Rupr.*), а в мохово-лишайниковом покрове господствует сфагнум. Поверхность таких болот часто кочковата. Мезотрофные болота занимают малые площади, образуются в понижениях и имеют более однородный растительный покров из болотных кустарничков, осок и сфагнума. В ложбинах стока по склонам возвышенностей развиваются эвтрофные болота, отличающиеся богатым видовым разнообразием трав. Ведущая роль принадлежит осокам: здесь встречаются осока бедненькая (*Carex paupercula Michx.*), водная (*Carex aquatilis Wahlenb.*), волосистоплодная (*Carex lasiocarpa Ehrh.*) и т.д. Постоянны сабельник болотный (*Comarum palustre L.*) и вахта трёхлистная, иногда мытник болотный (*Pedicularis palustris L.*), росянка английская (*Drosera anglica Huds.*). Вогнутые участки рельефа с проточным увлажнением занимают комплексные, или аапа-болота, характерные для всей Фенноскандии. Аапа-болота представляют собой сочетание гряд и мочажин. Гряды – это аналог олиготрофно-мезотрофных болот, они покрыты бурым сфагнумом (*Sphagnum fuscum (Schimp.) Klinggr.*) с вороникой, голубикой, подбелом обыкновенным (*Andromeda polifolia L.*), черникой, пушицей влагалищной (*Eriophorum vaginatum L.*), изредка наблюдается примесь сосны. Мочажины же эвтрофны и состоят из обводнённого торфа. Они занимают 70% таких болот. В них развиты осоковые и осоково-сфагновые группировки с осокой водной, пушицей узколистной (*Eriophorum polystachion L.*), хвощем болотным (*Equisetum palustre L.*). В центральной части таких болот часто встречаются озёрки. На севере заповедника «Пасвик» на острове Меникка встречаются также крупнобугристые болота, типичные для зональной лесотундры. Особенность таких болот состоит в том, что бугры, имеющие высоты до 2-х метров, заключают в себе мерзлотные линзы, сохраняющиеся до середины лета на глубине 40 – 50 см (Костина, 1995; <http://pasvik51.ru/>).

Для территорий бывшего сельскохозяйственного использования характерны ассоциации лугов. В основном это разнотравно-злаковые луга, характеризующиеся высоким видовым разнообразием с преобладанием щучки дернистой (*Deschampsia cespitosa* (L.) P. Beauv.), купальницы европейской и манжетки обыкновенной. В настоящее время они активно зарастают берёзой и ивами. Лишь на небольших участках пойм и по узким полосам между руслом и лесом развиты естественные луговые травостой, чаще всего злаково-разнотравные из мятлики лугового (*Poa pratensis* L.), щучки дернистой, вероники длиннолистной (*Veronica longifolia* L.), лабазника и т.д. (Костина, 1995; <http://pasvik51.ru/>).

Вышеописанные особенности растительного покрова характерны в основном для территории, лежащей к юго-западу от пгт. Никель. Растительный покров его окрестностей будет рассмотрен подробнее в Главе 3.

В заповеднике «Пасвик» встречаются редкие виды как флоры, так и фауны, включённые в Красные книги России, Мурманской области, Восточной Фенноскандии и международный список IUCN (International Union for Conservation of Nature – Международный Союз Охраны Природы). К таким видам среди сосудистых растений относятся венерин башмачок настоящий (*Cypripedium calceolus* L.), пальчатокоренник Траунштейнера (*Dactylorhiza traunsteineri* (Saut.) Soo), полушник озёрный (*Isoetes lacustris* L.) и полушник шиповатый (*Isoetes setacea* Durieu), осока свинцовая (*Carex livida* (Wahlenb.) Willd.) и некоторые другие. Среди лишайников очень редким видом является бриория Фремонта (*Bryoria fremonii* (Tuck) Brodo & D. Hawksw.), занесённая в Красную книгу России, но для территории заповедника она довольно обычна. Из включённых в Красную книгу Мурманской области выявлено 11 видов, например, бриория блестящая (*Bryoria nitidula* (Th. Fr.) Brodo & Hawksw.). Среди мхов можно выделить бриум круглолистный (*Bryum cyclophyllum*), который находится в Мурманской области под биологическим надзором. На территории заповедника встречается также редкий гриб, внесённый в Красную книгу Мурманской области – осиновик белый (*Leccinum percandidum* (Vassilk.) Watl.) (<http://pasvik51.ru/>).

1.8. Животный мир

Фауна исследованной территории представлена в основном наиболее типичными для северотаежных лесов видами, многие из которых здесь встречаются на границе своих ареалов. Наиболее типичными представителями являются: белка обыкновенная, заяц-беляк, горностай, лесная куница, лисица обыкновенная, лось,

бурый медведь. Прибрежные участки водоёмов – типичное местообитание ондатры. Изредка можно наблюдать ласку, росомуху, выдру, рысь. До Великой Отечественной Войны довольно часто встречался волк, сегодня можно встретить несколько странствующих особей (<http://pasvik51.ru/>; <http://www.pasvik-inari.net/neu/rus/main.html>).

Аборигенным видом для всего природоохранного региона Пасвик-Инари является северный олень. Наиболее распространены его одомашненные формы. Также встречается и дикий олень. Что касается оленеводства как такого, то в России оно развито лишь на востоке Мурманской области, в то время как на территории Финляндии в Лапландии и в норвежском Финнмарке оно широко развито и сохранило традиционный уклад. В лесах Вятсари (Финляндия) и Верхнего Пасвика (Норвегия) насчитывается около 6000 оленьих пастбищ (<http://pasvik51.ru/>; <http://www.pasvik-inari.net/neu/rus/main.html>).

Главное богатство этого края и заповедника «Пасвик» в частности – фауна птиц. На сегодняшний день в заповеднике зарегистрировано 229 видов птиц. Наиболее богатой в орнитологическом отношении является южная часть заповедника в районе о. Варлама. Этот участок называется Фьярванн (дословно «Пуховое» или «Перьевое» озеро). Река Паз и близлежащие водно-болотные угодья служат средой обитания для таких видов, как чернозобая гагара, лебедь-кликун, гоголь, луток, кряква, длинноносый крохаль. На болотах также встречаются кулики (бекас, фифи, щёголь) и серый журавль. Фауна хищных птиц представлена скопой, орланом-белохвостом, ястребом-тетеревятником, канюком-зимняком, пустельгой, болотной совой. Леса служат местом гнездования дятлов, лесного конька, дрозда-рябинника, горихвостки, юрка, пеночки, мухоловки, овсянки. Среди птиц, зимующих на данной территории, следует указать тетерева, глухаря, куропатку, рябчика, свистеля, синицу, воробья, чечётку. В горной тундре встречаются обыкновенная каменка, луговой конёк, средний кроншнеп (<http://pasvik51.ru/>; <http://www.pasvik-inari.net/neu/rus/main.html>).

В противоположность птичьему богатству на рассматриваемой территории обитает всего 1 вид амфибий – травяная лягушка и 1 вид рептилий – живородящая ящерица (<http://pasvik51.ru/>).

Говоря о редких видах фауны заповедника «Пасвик», стоит в первую очередь сказать о птицах. Среди обитающих или прилётных птиц редкими являются: хохлатый баклан, малый лебедь, серый гусь, пискулька, чёрная казарка, белощёкая казарка, скопа, орлан-белохвост, беркут, сапсан, большой кроншнеп, филин, серый сорокопут и другие. К редким млекопитающим относятся кутора, северный кожанок, лесной лемминг, песец, ласка, росомуха, выдра, рысь, косуля (<http://pasvik51.ru/>).

Глава 2. Материалы и методика работы

Материалы, используемые при написании данной работы, были получены в ходе полевых исследований окрестностей пгт. Никель, п. Раякоски и п. Янискоски в рамках производственной практики 2013 г. и научно-исследовательской практики 2015 г. Полевые работы включали в себя ландшафтное описание указанных территорий, а также отбор древесных кернов сосны обыкновенной (здесь и далее подразумевается сосна лапландская). Затем была выполнена камеральная обработка полученных материалов.

2.1. Материалы и методы полевых исследований

Полевое ландшафтное описание проводилось по принятой на кафедре физической географии и ландшафтного планирования методике, разработанной доцентом кафедры, к.г.н. Исаченко Г.А. и старшим преподавателем кафедры, к.г.н. Резниковым А.И. (Исаченко, 1999). Данная методика подразумевает использование специальных бланков-описаний геокомплексов. Бланки были разработаны для проведения ландшафтных описаний в районе Северо-Западного Приладожья, однако они с успехом применяются для работ в любом другом ландшафтном районе. Пример бланка представлен в Приложении 1. Бланк представляет собой план ландшафтного описания местности, следуя которому можно получить полное название элементарного геокомплекса (приблизительно соответствует понятию фации), встреченного на выбранном для исследования участке (точке описания). Участок – это пробная площадка размером 20 м на 20 м на участках с лесной растительностью и 10 м на 10 м – с луговой растительностью и на болотах. В ходе описания характеризуется мезоформа рельефа, растительное сообщество и почва пробной площадки. Также составляются краткие ландшафтные описания, которые представляют собой сжатый вариант бланка и обычно применяются для уточнения границ различных геокомплексов. Графическим выражением ландшафтного описания является ландшафтная карта исследованной территории.

Ландшафтное описание территории проводилось в ходе полевых маршрутов, разработанных по принципу ландшафтного профилирования: одно главное направление, обычно привязанное к какому-то линейному объекту, и несколько пересекающих его направлений с примерными ключевыми точками описаний. Маршруты были проложены с учётом особенностей местности на основе

сопоставления топографической карты ГГЦ (1:50 000) и спутникового снимка Bing Map (масштаб приближения 500 м). Всего было выполнено 14 маршрутов: 10 маршрутов в окрестностях пгт. Никель, 2 маршрута в окрестностях п. Раякоски и 2 маршрута в окрестностях п. Янискоски. Пример карты маршрута представлен в Приложении 2. Маршруты были проложены с учётом природных условий местности, особенностей пограничного режима и режима охраны промышленных объектов, целей исследования и возможности передвижения. Точки описаний выбирались исходя из смены форм мезорельефа и растительных сообществ. GPS-навигация осуществлялась с помощью программы OziExplorer for Android с системой координат WGS84, каждая точка снабжалась GPS-привязкой. Всего было выполнено 23 полных и 119 кратких ландшафтных описаний на весь район исследований.

Отбор древесных кернов сосны обыкновенной осуществлялся при помощи возрастного бурава по стандартной методике (Ваганов и др., 2008; Дендрэкология..., 2011; Шиятов и др., 2000; Speer, 2011). Образцы отбирались на уровне груди исследователя (примерно на высоте 1,3 м от корневой шейки дерева), как правило, место отбора было ориентировано на юг для первого радиуса (соответственно на север для второго радиуса), но в силу особенностей морфологии деревьев это соблюдалось не всегда. Из каждого дерева керны высверливались в основном по одному радиусу, реже по два или же дерево просверливалось насквозь. Полученные отверстия герметизировались пластилином, извлечённые керны помещались в пластиковые трубочки с номером керна. Отборы образцов производились в ходе ландшафтных маршрутов. Дендрохронологические площадки выбирались произвольно в зависимости от наличия экземпляров сосны обыкновенной, положения в мезо- и микрорельефе, типа лесной ассоциации и удалённости от источника загрязнения (пгт. Никель, комбинат «Печенганикель»). Кроме того, на глаз учитывался примерный возрастной состав присутствующих на площадке деревьев и условия их произрастания (деревья выбирались с учётом максимально возможного исключения фактора конкуренции). Для каждого дерева была зафиксирована GPS-привязка, примерная высота, при помощи портновского сантиметра измерена окружность ствола для установления примерного диаметра. Кроме того, на каждой площадке было выполнено краткое ландшафтное описание. Всего было организовано 23 дендрохронологические площадки: 15 площадок в окрестностях пгт. Никель, 3 площадки в окрестностях п. Раякоски и 5 площадок в окрестностях п. Янискоски. Площадки были организованы в 3 типах местоположений: сухие возвышенности (вершины/склоны), равнины с нормальным увлажнением (преимущественно этот тип), равнины с избыточным увлажнением (заболоченные).

Под пгт. Никель было отобрано 133 кернa, на площадках Раякоски – Янискоски – 109 кернов. Таким образом, на всей территории было собрано 242 кернa.

2.2. Материалы и методы камеральных исследований

Первая часть камеральной работы заключалась в составлении ландшафтной карты окрестностей пгт. Никель. Для этого были использованы следующие материалы:

- топографическая карта Генштаба 1980 г. в масштабе 1:50 000, покрывающая окрестности пгт. Никель: листы R-35-096-3-4, R-36-085-A-B, R-36-085-C-D, R-36-086-A-B, R-36-086-C-D, R-36-097-A-B;
- спутниковый снимок на исследуемую территорию в масштабе приближения 500 м (программа SAS.Планета: ресурсы Google Maps, Bing Maps, Яндекс.Карты)
- материалы полевых исследований.

При составлении карты использовалась методика к.г.н. Исаченко Г.А. и к.г.н. Резникова А.И. Методика состоит в выделении по топографической карте и спутниковому снимку на основе полевых исследований форм мезорельефа с учётом дренированности и характера подстилающих пород (местоположения), а также растительных сообществ и типов почв в их пределах (состояния). Затем разрабатывается специальная система индексов-обозначений: латиницей для местоположений, кириллицей для состояний, также используются цифровые индексы. Далее происходит отрисовка карты в специальной ГИС-программе. В завершении составляется развёрнутая легенда к карте с расшифровкой и описанием всех выделенных классов, типов, видов местоположений и соответствующих состояний. Классы местоположений выделяются по выраженности основных точек (вершины), линий (гребни) и граней (склоны), относительным превышения и степени дренированности (увлажнённости) рельефа. Типы местоположений – по формам мезорельефа и признакам субстрата (состав пород в верхнем метровом слое, скелетность, соотношение органогенных и минеральных горизонтов и мощность почвы); генетические признаки рельефа и отложений используются в ряде случаев как дополнительные. Виды местоположений выделяются внутри некоторых типов по различным особенностям рельефа и подстилающих пород. Никаких особых требований к выделению растительных сообществ и почв не предусмотрено. Растительные сообщества выделяются по доминантам каждого яруса: имеющегося древесного, травяно-кустарничкового и мохово-лишайникового, в особых случаях (при высоком проективном покрытии) учитываются и доминанты подлеска. Необходимо отметить,

что тип почвы в легенде указывается всегда, тогда как на карте только в случае особых задач.

Итак, в данной работе была составлена ландшафтная карта окрестностей пгт. Никель в масштабе 1:50 000. Карта и её подробная легенда представлены в Приложениях 3, 4. Площадь карты составляет примерно 380 км². Граница проходит по основным автотрассам: Никель-Заполярный, Никель-Виртаниеми, Никель-Сальмиярви и Сальмиярви-Заполярный; на юге около 18 км по р. Шуонийоки и р. Камагайоки, на востоке около 4 км по р. Соукерйоки. Для составления карты использовалась программа MapInfo Professional 11.5. Было выделено 4 класса, 8 типов и около 20 видов местоположений. Необходимо отметить, что в легенде и на карте также отражены высотные пояса, характерные для исследуемой территории (форма рельефа, абсолютная высота над уровнем моря и характеристика подстилающих пород в совокупности и определяют понятие местоположения). Пояса выделялись с учётом высот, форм рельефа и распространения разных типов растительности уже на основе не только полевых сведений и спутниковых снимков, но и ландшафтной карты. Индексы-обозначения местоположений составлены латинскими буквами для их русскоязычных названий форм рельефа: первые одна/две прописных буквы означают тип местоположения, через косую черту строчными буквами указывается вид местоположения. В случае, если строчная буква указана без косой черты, она означает подтип местоположения, как правило, связанный с особенностями увлажнения. Например, в TU/vzk: «TU» означает тип «тунтури», «vzk» – вид «возвышенность с крутыми склонами в пределах «тунтури»»; L – тип «ложбины между крупными возвышенностями», видов не выделяется; Во – «В» означает тип «болото» (правильнее «торфяник», как указано в легенде, так как болото – это состояние, но с учётом того, что индекс «Т» больше подходит для обозначения типа техногенных местоположений, для торфяников используется «В»), «о» – подтип «олиготрофное (верховое)», видов не выделяется. Цифровой индекс указывает соподчинённость одинаковых подтипов в рельефе, при этом чем больше цифра, тем выше расположена форма рельефа. Например, Rn3, Rn2, Rn1 относятся к одному подтипу «пологонаклонные (до 5°) равнины, местами переувлажненные, с отдельными небольшими холмами с превышениями до 20 м», но они различаются положением в рельефе: «3» – верхние, лежащие на высотах около 250 м и даже выше, «2» – промежуточные, отделённые от Rn3 склоном, с высотами 200 – 250 м, «1» – нижние, не перешагивающие отметку 100 м. Обозначения состояний (растительных сообществ) представляют собой аббревиатуры полных названий растительных сообществ (слово «лес» из аббревиатуры

исключается, «криволесье» оставляется). Все сообщества определены на уровне типов ассоциаций. Прописной буквой обозначаются доминанты древесного яруса («Б» – берёзовый, «С» – сосновый) или же тип сообщества («БО» – болото, «П» – пустошь, «С-Т» – сочетание скальных поверхностей и тундровых сообществ), входящие в название сообщества, строчными – тип травяно-кустарничкового яруса и мохово-лишайникового покрова («тк» – травяно-кустарничковый, «рз» – разнотравно-злаковый»). К примеру, Ск означает «Сосновый, частично берёзово-сосновый (травяно-) кустарничковый лес», КБтк – «Берёзовое криволесье травяно-кустарничковое», Гб – «зарастающая гарь с единичными берёзами». В скобках может указываться важный отличительный признак («(б)» в КБтк(б) означает «заболоченный», «(р)» в Бтк(р) означает «разреженный»). По аналогии с местоположениями цифровой индекс отражает позицию сообщества в рельефе, что указано в расшифровке обозначения («Ск2» – сосновый кустарничковый лес (на возвышенностях), «Ск1» – сосновый кустарничковый лес (на равнинах)). В таком ключе выделялись сообщества на возвышенностях, на равнинах и в ложбинах в соответствии с изменениями условий произрастания. Отдельного подразделения на вершинные и склоновые не производилось по соображениям предотвращения излишней пестроты и дробности карты. Важно, что в случае с местоположениями каждый индекс употребляется только в том сочетании букв, в котором он дан, может использоваться только для обозначения одного и того же местоположения, повторения исключены, в то время как у растительных сообществ одна и та же буква может обозначать разные сообщества, к примеру б в «Гбс(б)» означает в первом случае «берёзы», в втором – «заболоченность», С в «Ск1» означает «сосновый», а в «С-Т» – «скальная поверхность».

На основе ландшафтной карты были составлены круговые вторичные гистограммы процентного соотношения разных типов и видов сообществ и местоположений в пределах исследованной территории, а также нормированная накопительная гистограмма распределения растительных сообществ по разным местоположениям. Цвета секторов на диаграмме по местоположениям соответствуют таковым на карте, цвета растительных сообществ выделены произвольно. Аналогично для поясности были построены круговые вторичные гистограммы процентного соотношения поясов в пределах закартированной территории, нормированные накопительные гистограммы распределения высотных поясов по формам мезорельефа и по растительным сообществам. Статистические данные по площадям и соотношениям показателей были получены автоматическим расчётом по ландшафтной карте в программе MapInfo Professional 11.5.

Вторая часть исследования заключалась в изучении трансформации растительного покрова в районе исследований при помощи методов дистанционного зондирования Земли (ДДЗ) с верификацией полевыми данными. Метод ДДЗ заключался в расчёте нормализованного вегетационного индекса NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) по разноканальным снимкам (в красном (0,6 – 0,7 мкм) и в ближнем инфракрасном (0,7 – 1,0 мкм) световых диапазонах, соответственно 4 и 5 каналы съёмки) со спутника дистанционного зондирования Landsat 8, полученным с ресурса earthexplorer.usgs.gov. Пространственное разрешение снимка 30 м. Дата съёмки – 27 июля 2013 г. Многие снимки более поздних версий были сильно покрыты облачностью, поэтому удалось подобрать снимок лишь по 2013 г. Все работы со снимками выполнялись в программе IDRISI Kilimandjaro. NDVI – нормализованный относительный индекс растительности – простой показатель количества фотосинтетически активной биомассы. Вычисляется по следующей формуле:

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED}, \text{ где}$$

NIR – отражение в ближней инфракрасной области спектра,

RED – отражение в красной области спектра.

Согласно этой формуле, плотность растительности (NDVI) в определённой точке изображения равна разнице интенсивностей отражённого света в красном и инфракрасном диапазоне, делённой на сумму их интенсивностей. Расчёт NDVI базируется на двух наиболее стабильных (не зависящих от прочих факторов) участках спектральной кривой отражения сосудистых растений. В красной области спектра лежит максимум поглощения солнечной радиации хлорофиллом высших сосудистых растений, а в инфракрасной области находится область максимального отражения клеточных структур листа. То есть высокая фотосинтетическая активность (связанная, как правило, с густой растительностью) ведёт к меньшему отражению в красной области спектра и большему в инфракрасной. Отношение этих показателей друг к другу позволяет анализировать и чётко отделять растительные объекты от прочих природных объектов. Использование же не простого отношения, а нормализованной разности между минимумом и максимумом отражений увеличивает точность измерения, позволяет уменьшить влияние таких явлений как различия в освещённости снимка, облачности, дымки, поглощение радиации атмосферой и прочее (<http://gis-lab.info/>). Индекс безразмерен, может принимать значения от -1 до 1.

После расчёта NDVI для части спутникового снимка, покрывающего исследованную территорию, полученное картографическое изображение было

реклассифицировано (реклассификация – это процедура преобразования (пересчёта) исходного изображения в новое, отражающее заданные пользователем диапазоны значений отображаемого показателя) по 7 укрупнённым диапазонам полученных значений NDVI: <0,1; 0,1 – 0,2; 0,2 – 0,3; 0,3 – 0,4; 0,4 – 0,5; 0,5 – 0,6; >0,6 (исходное и реклассифицированное изображения представлены в Приложении 5). Диапазоны были выбраны с учётом сопоставления примерных значений NDVI с известными типами сообществ. Однако при этом возникли трудности, так как некоторые типы растительности при таком пространственном расширении имеют схожие значения NDVI. Поэтому выделенные диапазоны несколько условны: <0,1 – территории с максимальным поглощением света, как правило, водные объекты и техногенные образования; 0,1 – 0,2 характерны для наименее покрытых растительностью территорий: сильно эродированных пустошей и незадернованных гарей, частично скальных поверхностей; 0,2 – 0,3 – частично задернованных пустошей и гарей, разреженных криволесий, скальных поверхностей; 0,3 – 0,4 – тундровые группировки, болота и разреженные леса, преимущественно сосновые, гари, зарастающие берёзой и сосной; 0,4 – 0,5 – смешанные и берёзовые леса, заболоченные криволесья на переувлажнённых равнинах и по ложбинам; 0,5 – 0,6 – осушенные болота и луга, густые березняки в долинах рек и по берегам озёр; >0,6 – единичные участки с густыми ивняками. Затем путём сопоставления реклассифицированного изображения NDVI и контуров разных типов растительных сообществ по ландшафтной карте были идентифицированы территории с разной степенью нарушения растительности. Полученные результаты представлены на карте интенсивности трансформации растительного покрова в окрестностях пгт. Никель (масштаб 1:100 000), построенной в программе MapInfo Professional 11.5 (Приложение 6). Площадь карты и границы совпадают с ландшафтной картой.

Третья часть камеральных исследований заключалась в обработке и анализе кернов сосны обыкновенной с целью выявления взаимосвязи годового прироста с климатическими параметрами (ежемесячное и годовое количество осадков, среднемесячная и годовая температура воздуха) и аэротехногенным загрязнением выбросами комбината «Печенганикель» (через годовые объёмы выбросов диоксида серы, медной и никелевой пыли), а также возрастной характеристики древостоев на исследованных территориях.

Для проведения датировки керны прошли предварительную подготовку. Каждый керн был вклеен в специальную деревянную основу (прямоугольная рейка с пазом шириной, превышающей диаметр керна (5 мм), и высотой, меньшей диаметра

керна (кern должен выступать из паза)), отшлифован с помощью крупнозернистой наждачной бумаги и отполирован мелкозернистой наждачной бумагой. Шлифовка и полировка делается для того, чтобы границы колец были чётко видны и более точно датированы. Затем при помощи измерительного комплекса LINTAB 6 была осуществлена датировка кернов. Данный комплекс состоит из бинокулярного микроскопа, передвижного столика, на который помещается исследуемый образец в деревянной основе, и компьютера со специальным программным обеспечением (использовалась программа TSAPWin Professional). Датировка осуществляется следующим образом: исследователь смотрит в предварительно настроенный под его зрение микроскоп и совмещает центр оптического прицела окуляра микроскопа с сердцевинной образца или при её отсутствии с первым от центра присутствующем на образце кольцом и щелчком левой кнопки мыши устанавливает начало отсчёта; затем, поворачивая рукоятку столика, смещает столик с образцом до границы следующего кольца и щелчком левой кнопки мыши фиксирует кольцо. Так измеряются все последующие кольца на образце. В итоге на экране компьютера строится погодичный график изменения ширины колец (рис. 8). Соответственно была получена и цифра возраста каждого керна. После датировки всех кернов принято проводить процедуру перекрёстного датирования (на рис. 8 отображён момент выполнения этой процедуры).

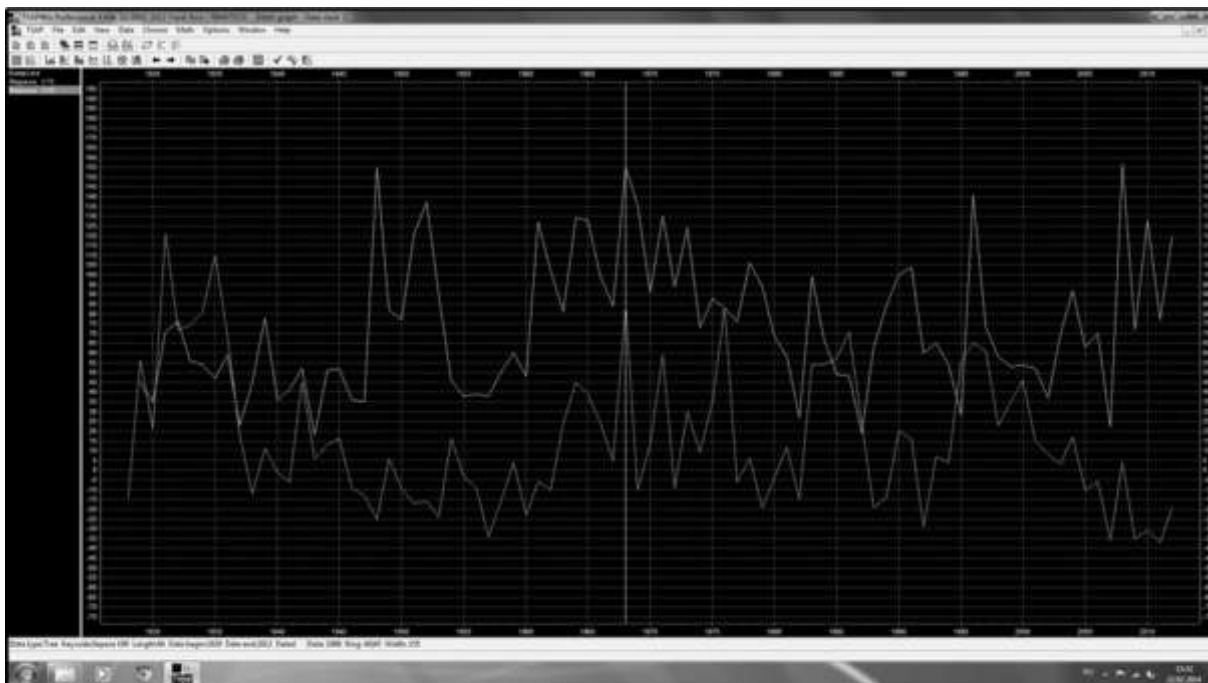


Рисунок 8. Пример построения погодичного графика изменения ширины колец в программе TSAPWin Professional (скриншот программы)

Это сравнение хронологических графиков разных деревьев и установление мест, где найдено соответствие в характере изменения толщины колец между рассматриваемыми образцами (например, на обоих графиках наблюдается пик прироста или, наоборот,

падение прироста), что позволяет выявлять положение ложных и выпавших колец (ложные кольца формируются в пределах годового кольца при длительном ухудшении условий произрастания, выпадающие кольца – это полностью или частично не просматривающиеся на спиле или керне годовые кольца, их возникновение также связано с неблагоприятными условиями, которые препятствуют отложению нового слоя древесины) (Шиятов и др., 2000), и уточнить таким образом и характер изменения прироста, и возраст дерева, из которого был взят образец. Однако данная процедура не была проведена в силу отсутствия какого-либо соответствия практически у всего массива имеющихся кернов. Подобная ситуация может быть объяснена либо слишком большим количеством выпавших и ложных колец, либо индивидуальными особенностями роста деревьев.

Далее все хронологии были обработаны в программе ARSTAN, которая предназначена для стандартизации хронологий. Процедура стандартизации заключается в подборе к каждому хронологическому графику наиболее точно описывающей его кривой (из вариантов, предлагаемых программой) и автоматическом пересчёте значений прироста за каждый год из реальных значений в мм в безразмерные индексы прироста. Индексы – относительные величины, показывающие отклонение абсолютного прироста от многолетней тенденции, вычисляются путём деления толщины годового слоя каждого года на его среднее значение для данного биологического возраста (Дендрэкология, 2011). В качестве аппроксимирующей кривой в данной работе использовалась негативная экспонента (negative exponential curve), наиболее точно отражающая возрастной тренд, если он присутствует в хронологии, а также горизонтальная прямая (horizontal line). Выбор линии определялся в ходе визуального анализа хронологических графиков, получаемых в программе ARSTAN (примеры графиков с линиями аппроксимации см. в Приложении 7): при наличии возрастного тренда использовалась negative exponential curve, при его отсутствии – horizontal line. Стандартизация позволяет исключить возрастной тренд и влияние внутренних факторов, т.е. особенностей роста конкретных деревьев, из графиков прироста, отражая, таким образом, влияние общих для всего рассматриваемого массива деревьев внешних факторов, в первую очередь климатических.

Далее был проведён визуальный анализ и сопоставление друг с другом рядов и построенным по ним графиков температур, количества осадков, объёмов выбросов по диоксиду серы, никелю и меди, индивидуальных хронологий (индивидуальная хронология – возрастная хронология одного одноствольного или многоствольного

дерева или кустарника), позволивших выявить динамику и её особенности для каждой из указанных величин. В независимости от возрастов исследованных деревьев рассматривался период с 1900 по 2015 гг., как этап наиболее интенсивного антропогенного влияния в районе исследований.

Для выявления взаимосвязи радиального прироста сосны обыкновенной с климатическими параметрами и аэротехногенным загрязнением использовался корреляционный анализ. Для этого в программе STATISTICA version 6 с помощью опции Basic Statistics and Tables: Correlation Matrices были рассчитаны коэффициенты корреляции (Пирсон, уровень значимости $p < 0,05$) между полученными индексами прироста и вышеуказанными факторами:

$$r_{xy} = \frac{\sum (x_i - \bar{x}) \times (y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum (x_i - \bar{x})^2 \times \sum (y_i - \bar{y})^2}},$$

где x_i, y_i - значения сравниваемых величин, \bar{x}, \bar{y} - средние значения исследуемых величин.

По имеющимся данным метеостанции Янискоски (<http://meteo.ru/>) использовались среднемесячные значения температуры воздуха в °С за 1959 – 2014 гг., среднемесячное количество осадков в мм за 1969 – 2014 гг.; аэротехногенное загрязнение комбината «Печенганикель» рассматривалось через значения годовых объёмов выбросов диоксида серы в тыс. т/год за 1977 – 2011 гг., годовых объёмов меди и никеля в т/год за 1977 – 2009 гг. (Кольская..., 2012; <http://www.kolagmk.ru/>). С учётом того, что вегетационный период длится в исследуемом районе с мая по сентябрь для корреляций с кольцом данного года использовались значения температуры с января по август текущего года и за сентябрь – декабрь предшествующего года. Для корреляций с выбросами расчёты проводились как по принципу «год в год», так и по принципу «предыдущий год – текущий год», чтобы учесть и влияние на формирование кольца текущего года, и влияние загрязнения предыдущего года. Также использовались непосредственно рассчитанные как среднее арифметическое месячных значений температур годовые температуры и суммарные значения месячного количества осадков как годовое количество осадков за указанные годы. В конечном итоге учитывались только значимые коэффициенты (уровень значимости $p < 0,05$) со значениями $\geq 0,3$.

Также для исследования влияния аэротехногенного загрязнения на годичный прирост было проведено погодичное (за период 1900 – 2014(15) гг.) сопоставление средних приростов каждой дендрохронологической площадки друг с другом по поколениям деревьев и по выделенным по степени трансформации растительности

территориям. Анализ проводился с целью выявления каких-либо различий в величинах прироста у деревьев разных поколений (так как в разном возрасте деревья по-разному реагируют на изменения), произрастающих в условиях разной экологической напряжённости. Поколения выделялись по 40-летней ступени, принятой для хвойных, т.е. 1-е поколение имеет возраст 0 – 40 лет, 2-е поколение имеет возраст 40 – 80 лет и т.д. Вначале на каждой площадке были рассчитаны средние приросты для каждого имеющегося на площадке поколения как среднее арифметическое для каждого года. Если какое-то поколение было представлено только 1 экземпляром, то он и учитывался в качестве среднего. Затем были рассчитаны средние приросты для каждого поколения по территориям с разной степенью трансформации растительности аналогичным образом. Далее полученные ряды были представлены в виде графиков для удобства сопоставления.

В связи со значительным количеством проанализированного материала в работе приводятся только конечные графики и таблицы.

Глава 3. Современное состояние ландшафтов района исследований

3.1. Характеристика ландшафтного разнообразия

Одной из основных задач исследования было изучение состояния ландшафтов и ландшафтного разнообразия в целом окрестностей пгт. Никель. Не только воздействие аэротехногенного загрязнения, но вообще хозяйственное освоение этой территории на протяжении многих лет привело к преобразованию ее облика. То, что эта территория представляет собой сегодня, отражено в ландшафтной карте окрестностей пгт. Никель в масштабе 1:50 000 (Приложение 3). Анализ полевых данных, картографических материалов и спутниковых снимков позволил выделить 8 основных типов (подтипов) ландшафтов (подробную легенду см. в Приложении 4):

1. Крупные массивы возвышенностей на общем цоколе с превышениями >200 м («тунтури¹»), с многочисленными скальными выходами, часто расчлененные долинами ручьев. На ненарушенных участках при движении от вершин к подножиям наблюдается смена растительных сообществ от мохово-кустарничковых тундр, чередующихся со скальными поверхностями, и березовых травяно-кустарничковых криволесий к березовым, смешанным (сосново-березовым или березово-сосновым) и сосновым травяно-кустарничковым лесам. На нарушенных участках господствуют пустоши и березовые криволесья с напочвенным покровом с покрытием $<10\%$. Почвы представлены петроземами (в районах скальных поверхностей), различными типами литоземов, подбурами и подзолами, а при отсутствии подзолистого горизонта E – абраземами альфегумусовыми (TU);
2. Кристаллические гряды с превышениями <200 м («вараки²»), с многочисленными скальными выходами, часто расчлененные долинами ручьев. На ненарушенных участках на высотах <200 м покрыты преимущественно смешанными и сосновыми травяно-кустарничковыми лесами, на высотах >200 м травяно-кустарничковыми березовыми криволесьями. На нарушенных – пустоши и березовые криволесья с напочвенным покровом с покрытием $<10\%$, часты еще не восстанавливающиеся или уже зарастающие березами и соснами гари. Почвенный покров аналогичен тунтури (VA);

¹ Название по Казаковой, 1972

² Там же

3. Ложбины между склонами крупных возвышенностей (тунтури, варок), местами переувлажненные, часто занятые озерами. Покрывают березовыми и смешанными кустарничково-травяными, местами заболоченными лесами, на участках с высотами >200 м – березовыми криволесьями, также часто заболоченными, на подбурях и подзолах, нередко оторфованных, и даже торфяных почвах (**L**);
4. Волнистые пологонаклонные (до 5°) равнины, местами переувлажненные, с отдельными небольшими холмами с превышениями до 20 м. На высотах >200 м преобладают березовые криволесья травяно-кустарничковые, часто разреженные, по склонам встречаются и разреженные березовые травяно-кустарничковые леса, на высотах <200 м преобладают смешанные травяно-кустарничковые леса. На нарушенных участках встречаются пустоши, гари. Почвы представлены подбурами и подзолами, местами оторфованными, и даже торфяными, при нарушении – абраземами альфегумусовыми (**Rn**);
5. Волнистые слабонаклонные (до 3°) и плоские равнины с длительным переувлажнением (мощность торфа до 0,5 м), местами заболоченные (мощность торфа >0,5 м), с березовыми криволесьями травяно-кустарничковыми, часто заболоченными, на оторфованных подбурях и подзолах, местами даже торфяных почвах. Значительные площади занимают пустоши, нередко зарастающие гари, иногда на абраземах альфегумусовых (**Rb**);
6. Плоские и слабовыпуклые равнины на торфяных отложениях (торфяники) с постоянным избыточным увлажнением (мощность торфа >0,5 м): олиготрофные (верховые) кустарничково-сфагновые, мезоевтрофные (кустарничково-) травяные, при нарушениях стока – лишённые мха олиготрофные кустарничково-травяные, превратившиеся в мезотрофные (переходные); выработанные, зарастающие ивняком и разнотравно-злаковой луговой растительностью (**B**);
7. Отдельно выделяется участок площадью всего 170 м² – плоская дельта р. Колосйоки, переувлажненная, горелая, с травянистой растительностью, на аллювиальной торфяно-глеевой почве или даже торфяной почве (**D**);
8. Техногенный тип ландшафтов, неразделяемых в данном масштабе карты на положительные и отрицательные: карьеры кристаллических пород, частично засыпанные и открытые, шлаковые отвалы, прудки-отстойники, полигон твердых бытовых отходов (ТБО) и насыпи, лишённые естественных почв и растительности (**T**).

Рассматриваемая территория отличается расчлененностью и приподнятостью, формы рельефа весьма разнообразны. Как видно из диаграммы соотношения разных

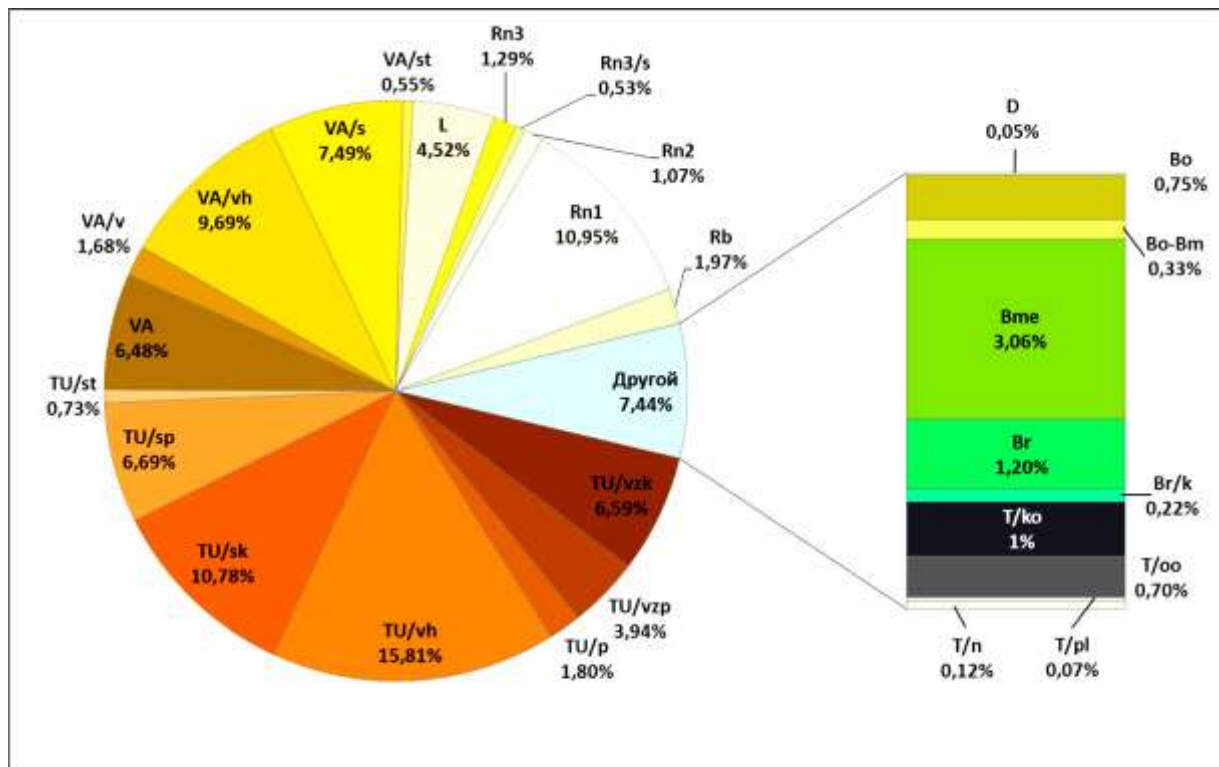


Рисунок 9. Доля разных форм мезорельефа в общей площади изученного района

форм рельефа (рис. 9), большая часть территории занята возвышенностями типа «тунтури» (46%) и «вараки» (около 26%), причем у обоих типов большие площади занимают верхние холмистые части, представляющие собой чередование некрупных вершин, иногда со скальными выходами, и понижений, местами переувлажненных, пересеченные долинами ручьев (**TU/vh** – 15,81%, **VA/vh** – 9,69%). Также значительны площади склонов: на тунтури – разделенных на волнистые, местами ступенчатые склоны средней крутизны (8-15°) с редкими скальными выходами (**TU/sk**) – 6,69% и волнистые покатые (4-8°) склоны (**TU/sp**) – 10,78%, на вараках – волнистые, местами ступенчатые склоны разной крутизны (до 15°) с редкими скальными выходами (**VA/s**) – 7,49%. Также на тунтури одинаковые со склонами площади занимают отдельные крупные возвышенности в пределах массива с крутыми склонами (15-35°), заостренными вершинами, со скальными выходами и обрывами (**TU/vzk**) – 6,59%. Равнины немногочисленны, общая доля от площади территории исследования составляет около 16%. Из всех типов равнин наиболее распространены волнистые пологонаклонные равнины, местами переувлажненные, с отдельными небольшими холмами с превышениями до 20 м (нижние – **Rn1**) – 10,95%. Все остальные типы рельефа занимают менее 7% от закартированной площади: среди торфяников преобладают мезоевтрофные слабопроточные, местами обводненные (**Bme**) – 3,06%

при общей доле торфяников (в том числе выработанных) около 6%, среди техногенных форм – карьерно-отвалы (Т/ко) – 1% при общей доле техногенных форм около 2%.

Растительные сообщества отличаются, несомненно, большим разнообразием, чем формы рельефа (рис. 10). В первую очередь необходимо отметить преобразованные сообщества – в целом на долю таких типов сообществ как пустоши, пресекаемые долинами ручьев с березовым криволесьем кустарничково-травяным (П), различные виды гарей (все виды типа с индексом Г) и низкорослые разреженные березовые криволесья с покрытием травяно-кустарничкового яруса <10% (КБ) приходится 35% изученной территории, 25% из 35% составляют пустоши и скально-пустошные поверхности (П и С-П). Доля березовых криволесий в общем составляет 15%, с преобладанием березового криволесья травяно-кустарничкового (КБтк) 8,73%. Березовые леса занимают незначительные площади – всего 4%, при этом 1,47% приходится на долю березовых травяно-кустарничковых лесов возвышенностей (Бтк2). 19% территории занимают смешанные сосново-березовые или березово-сосновые травяно-кустарничковые леса с преобладанием их возвышенного варианта (СБ-БСтк3) – 10,63%. Сосновые, частично березово-сосновые (травяно-) кустарничковые леса, местами разреженные занимают всего 7,5% от общей

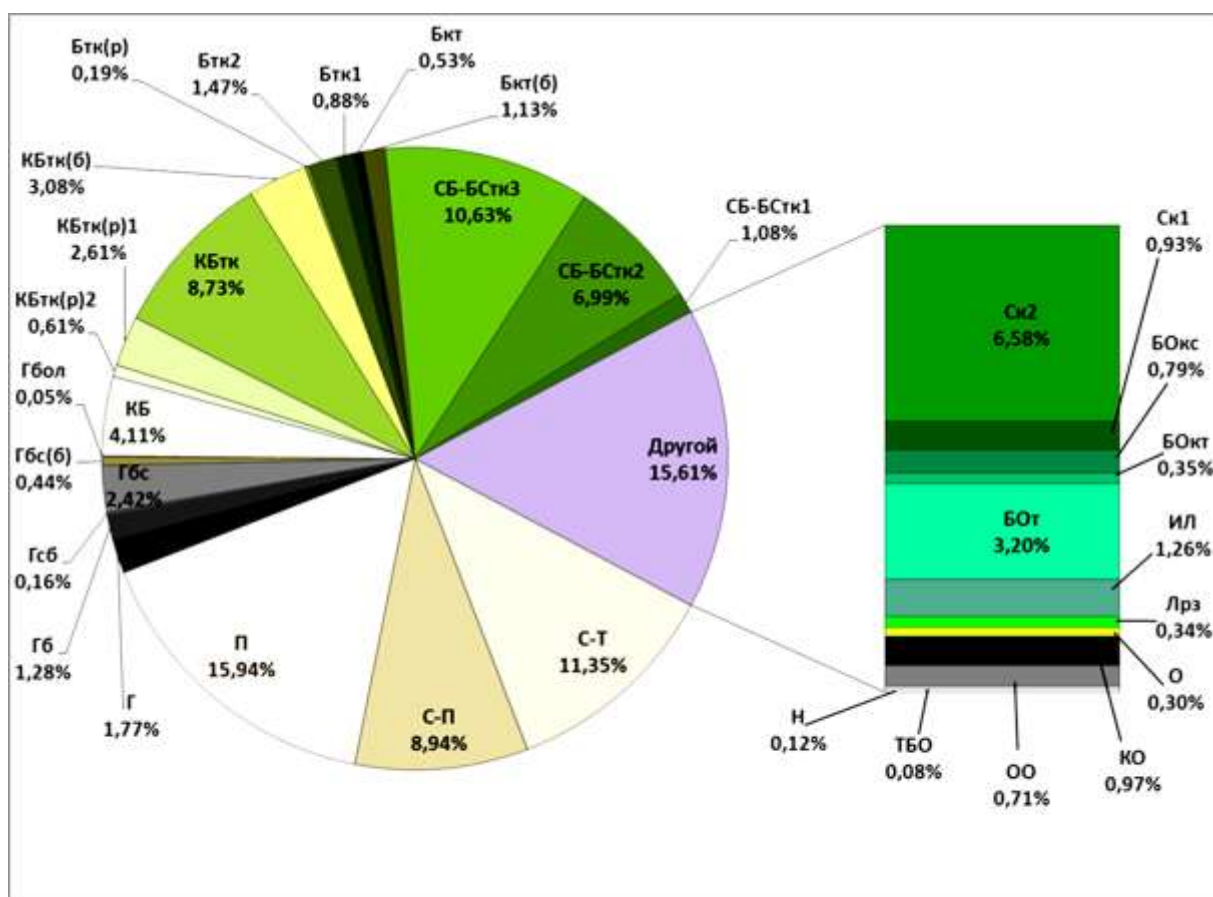


Рисунок 10. Доля разных растительных сообществ в общей площади изученного района

территории, причем также в основном те, которые произрастают на возвышенностях (**Ск2**). Таким образом, можно говорить о преобладании смешанных лесов в общей структуре лесов данной местности. А общая доля лесов здесь составляет 30,5%, т.е. даже несколько меньше, чем доля преобразованных сообществ. Доля болот несколько меньше, чем доля торфяников за счет огородов на выработанных торфяниках (**О** 0,30%) – 4%, при этом 3,2% составляют болота (кустарничково-) травяные с фрагментарным березовым криволесьем (**БОт**). По-прежнему 2% от общей доли приходится на техногенные «сообщества», т.е. незадернованные поверхности карьеров, отвалов, полигона ТБО и насыпей, при этом около 1% занимают карьерно-отвальные поверхности (**КО**). Итак, с учетом техногенных поверхностей доля преобразованных растительных сообществ составляет примерно 37% от площади исследованной территории, что позволяет считать их преобладающим типом растительности на данной территории. Если рассмотреть расположение территорий в пространстве карты, то явно можно выявить влияние источника загрязнения и ветрового переноса – нарушенные территории расположены, главным образом, в восточной и северо-восточной частях карты, лесные же территории сосредоточены на западе.

Наконец, рассмотрим распределение различных растительных сообществ по формам рельефа (рис 11). Отдельные крупные возвышенности с крутыми склонами

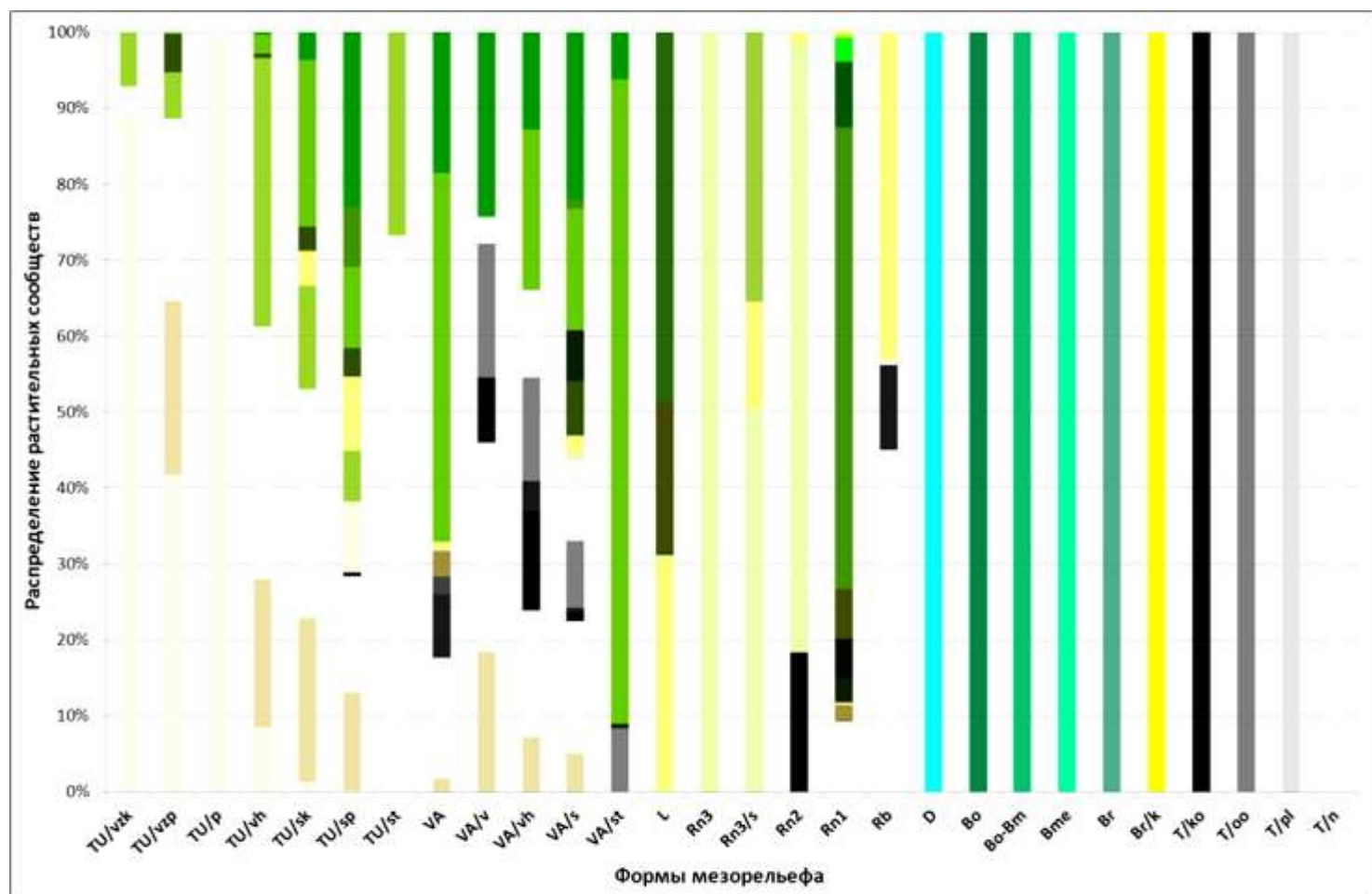


Рисунок 11. Распределение растительных сообществ по формам рельефа в районе исследований

(15-35°), заостренными вершинами, со скальными выходами и обрывами **TU/vzk**, а также с крутыми (15-35°) и среднекрутыми (8-15°) склонами и плоскими вершинами **TU/vzp** и пологонаклонное (до 8°) понижение между крупными возвышенностями в пределах тунтури, местами переувлажненное **TU/p** заняты преимущественно (до 90%) тундровыми мохово-кустарничковыми группировками (возможно мохово-лишайниковыми) со скальными поверхностями (**С-Т**), прерываемыми пустошами (**С-П** и **П**). По мере движения вниз от верхних холмистых частей тунтури **TU/vh** по склонам средней крутизны (8-15°) **TU/sk** и покатым (4-8°) склонам **TU/sp** на равнины уменьшается количество пустошей и тундрово-скальных сообществ и увеличивается доля березовых травяно-кустарничковых криволесий, в том числе разреженных и заболоченных (**КБтк**, **КБтк(р)2**, **КБтк(б)**), а также смешанных травяно-кустарничковых лесов и даже сосновых, реже березово-сосновых кустарничковых, местами разреженных лесов (**СБ-БСтк3**, **Ск2**). На пологонаклонных ступенях (до 5°) на склонах тунтури, местами переувлажненных **TU/st** будут образовываться либо пустоши и низкорослые разреженные березовые криволесья с покрытием трав и кустарничков <10% (**КБ**), либо полноценные березовые криволесья травяно-кустарничковые (**КБтк**) в зависимости от положения по отношению к источнику загрязнения. Все формы рельефа в пределах варак отличаются большей залесенностью и большим распространением гарей, что связано с меньшими высотами по сравнению с тунтури. Доля пустошей здесь нигде не превышает 50%, а на пологонаклонных ступенях (до 5°) на склонах, местами переувлажненных, **VA/st** доля смешанных лесов (**СБ-БСтк3**) даже близка к 90%. Вообще смешанные леса встречаются на всех формах рельефа, кроме отдельных крупных вершин, местами со скальными выходами **VA/v**. Сосновые леса (**Ск2**) произрастают на всех без исключения формах: на отдельные небольшие варак с редкими скальными выходами и склонами разной крутизны (до 15°) **VA**, на отдельных крупных вершинах **VA/v**, верхних частях варак **VA/vh**, склонах **VA/s** и ступенях **VA/st**. Кустарничковое криволесье представлено, в основном, низкорослым разреженным вариантом с проективным покрытием напочвенного покрова <10%, распространенным на вершинах, верхних частях варок и склонах (**КБ**). Интересно, что на всех формах рельефа встречаются гари, причем во всем разнообразии: гарь с единичными горелыми березами (**Г**), зарастающая с единичными березами (**Гб**), зарастающая березово-сосновая травяно-кустарничковая (**Гбс**), ее заболоченный вариант (**Гбс(б)**), зарастающая сосново-березовая травяно-кустарничковая (**Гсб**). Ложбины **L** между склонами крупных возвышенностей заняты смешанными (**СБ-БСтк1**) и березовыми кустарничково-травяными, местами

заболоченными (**Бкт(б)**) лесами, на участках с высотами >200 м – березовыми криволесьями травяно-кустарничковыми, также часто заболоченными (**КБтк(б)**). Верхние и промежуточные волнистые пологонаклонные равнины **Rn3** и **Rn2** – это господство разреженного березового криволесья с фрагментарным травяно-кустарничковым покровом (покрытие 30 – 40%) (**КБтк(р)1**), на склонах таких равнин **Rn3/s** также развиты разреженные березовые травяно-кустарничковые леса (**Бтк(р)**). На нижней равнине **Rn1** растительный покров гораздо разнообразнее, что связано не только и не столько с более низким положением в рельефе, сколько с расположением вне основного направления распространения загрязнений. Здесь представлены пустоши, заболоченные березово-сосновые зарастающие гари (**Гбс(б)**), березовые травяно-кустарничковые леса, в том числе заболоченные (**Бтк** и **Бтк(б)**), сосновые кустарничковые леса (**Ск1**), преобладают смешанные травяно-кустарничковые леса (**СБ-БСтк2**). На месте бывшего аэродрома здесь был встречен разнотравно-злаковый луг (**Лрз**). Волнистые слабонаклонные (до 3°) и плоские равнины с длительным переувлажнением (мощность торфа до 0,5 м), местами заболоченные (мощность торфа >0,5 м) **Rb** покрыты в основном березовыми криволесьями травяно-кустарничковыми, часто заболоченными (**КБтк(б)**), однако и здесь значительна доля пустошей и встречаются зарастающие гари с единичными березами (**Гб**). Все остальные формы рельефа – дельта, торфяники и техногенные – представлены 1 типом сообщества. Дельты **D** заняты горелыми заболоченными травянистыми группировками (**Гбол**), олиготрофные (верховые) мелкобугристые торфяники с грядово-озерковыми комплексами **Во** заняты кустарничково-сфагновыми болотами (**БОкс**), олиготрофные (верховые) торфяники, частично преобразовавшиеся в мезотрофные (переходные) **Во-Вм** – травяно-кустарничковыми болотами (**БОтк**), мезоевтрофные, местами обводненные, слабопроточные **Вме** – (кустарничково-) травяными болотами (**БОт**). Выработанные торфяники с антропогенными торфяными грядами (валами) и преимущественно безводными понижениями между ними **Вr** зарастают ивняком, редко березами и разнотравно-злаковой луговой растительностью (**ИЛ**), а их окультуренные виды **Вr/k** заняты огородами (**О**). Техногенные поверхности (**КО**, **ОО**, **ТБО**, **Н**) лишены растительного покрова.

Так как рассматриваемая территория отличается возвышенным рельефом, а максимальная высота составляет 631 м, для данной территории характерна высотная поясность. Распределение высотных поясов по закартированной территории представлено в Приложении 8. Несмотря на значительную преобразованность территории, высотные пояса располагаются вполне закономерно, с увеличением высот с

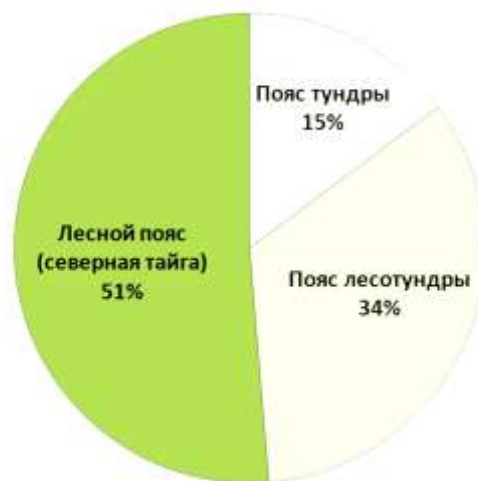


Рисунок 12. Соотношение высотных поясов по площади в районе исследований

запада на восток наблюдается смена лесного (северотаежного) пояса лесотундровым, а затем и лесным. Необходимо подчеркнуть, что на многих нарушенных участках пояса выделены приблизительно по горизонталям рельефа с учетом примерных высот по аналогии с территориями, на которых эти границы прослеживаются: тундровый пояс начинается примерно с 300 – 320 м, лесотундровый – с 200 м, ниже расположен пояс лесов (северотаежный). Распределение поясов по площади представлено на рис. 12: очевидно преобладание лесного пояса 51%, а т.к. высоты >300 м занимают меньшую часть территории, то тундровый пояс ограничивается всего 15% от общей площади.

Если рассмотреть изменение высотных поясов по разным типам рельефа (рис. 13), то оно вполне закономерно: лесной пояс не встречается или занимает <10% на самых возвышенных частях тунтури (TU/vzk, TU/vzp, TU/p) и верхних равнинах (Rn3); 100% территории торфяников (Br, Bo, Bo-Bm, Br/k) за исключением Bme, дельтовых областей (D) и ступеней на склонах варак (VA/st) располагаются в пределах лесного пояса; ≥50% лесной пояс занимает на средних и низких равнинах (Rn1, Rn2), склонах, верхних частях и небольших отдельных вараках (VA/s, VA/vh, VA) и ложбинах (L). 100% преобладание лесотундрового пояса характерно для возвышенных равнин (Rn3), ≥50% лесотундра занимает на всех остальных равнинных формах рельефа (Rn1, Rn2, Rn3/s, Rb), а также на ступенях и отдельных крупных возвышенностях с крутыми склонами в пределах массива тунтури (TU/st, TU/vzk). Тундровый пояс господствует (100%) на понижениях между крупными возвышенностями в пределах тунтури (TU/p), ≥50% занимает на крупных возвышенностях с крутыми склонами (15-35°), заостренными вершинами (TU/vzk), а также с крутыми (15-35°) и среднекрутыми (8-

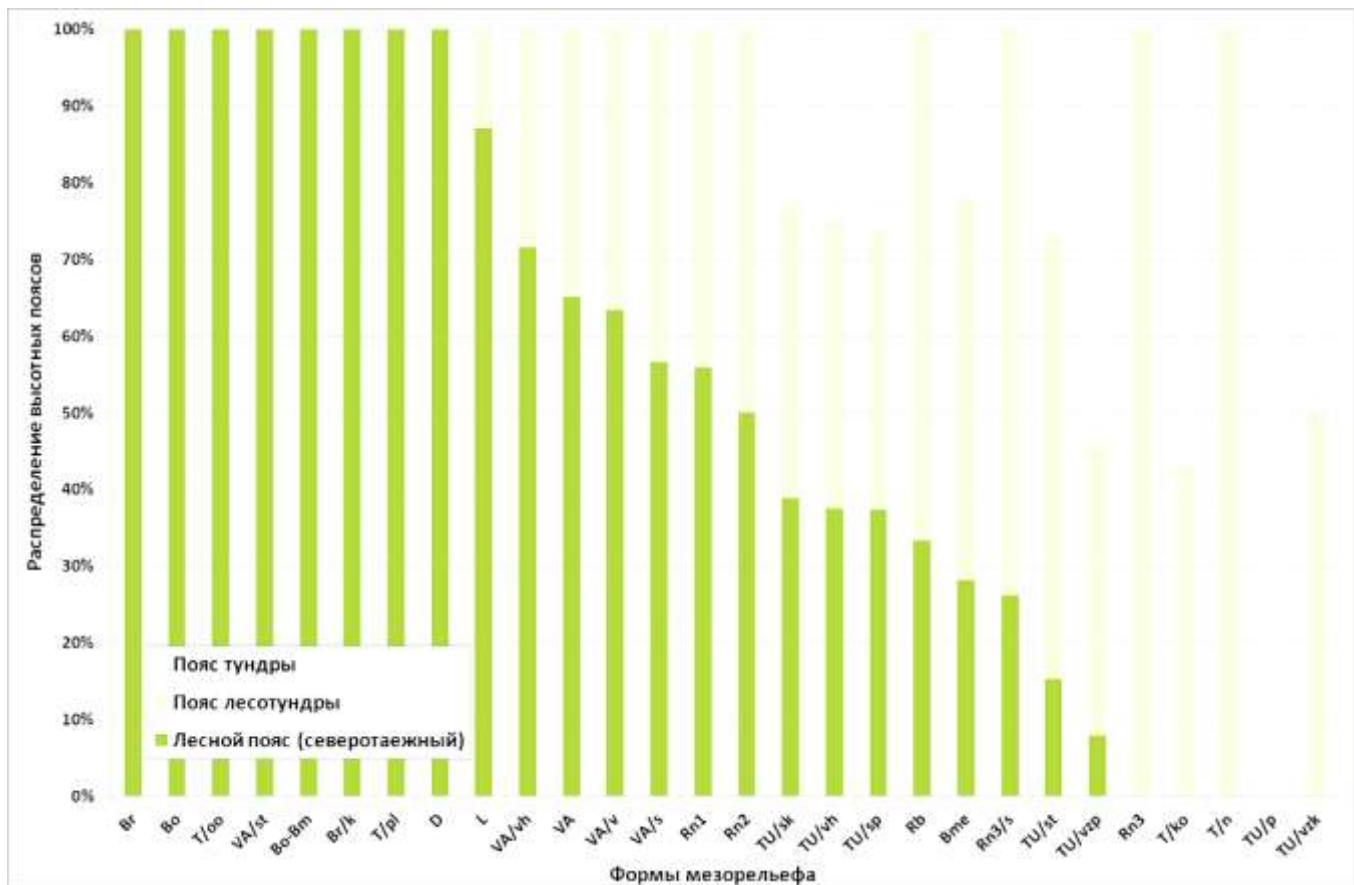


Рисунок 13. Распределение высотных поясов по формам рельефа в районе исследований

15°) склонами и плоскими вершинами (TU/vzp). Техногенные местоположения встречаются во всех поясах, преимущественно в лесном.

При рассмотрении соотношения высотных поясов и растительных сообществ получаются схожие результаты (рис. 14). Лесной пояс представлен наибольшим количеством различных растительных сообществ, поэтому его преобладание (100%) характерно для 18 растительных сообществ из 34 представленных (с учетом техногенных). Это все типы болот за исключением травяных БОт – БОкс, БОкт, а также ивняково-луговые (ИЛ) сообщества выработанных торфяников и огороды (О) на их окультуренных видах; это березовые кустарничково-травяные леса (Бтк), в том числе заболоченные (Бтк(б)), и березовые кустарничково-травяные леса равнин (Бкт1); это равнинные и ложбинные смешанные травяно-кустарничковые леса (СБ-БСтк1, СБ-БСтк2) и все встречаемые в данной местности сосновые, местами разреженные кустарничковые леса (Ск1 и Ск2); это 4 из 6 видов гарей: зарастающие березово-сосновые (Гбс), в том числе заболоченные (Гбс(б)), сосново-березовые (Гсб) и дельтовая травяная гарь (Гбол); и наконец, это разнотравно-злаковый луг на бывшем аэродроме (Лрз). ≥50% пустошей, чередующихся со скальными поверхностями (С-П), разреженных березовых травяно-кустарничковых лесов (Бтк(р)), а также березовых и смешанных травяно-кустарничковых лесов, произрастающих на возвышенностях

(Бтк2, СБ-БСтк3), располагаются в пределах лесного пояса. Скально-тундровые сообщества распространены вне лесного пояса, т.к. располагаются, как правило, на высотах >300 м. Что касается лесотундрового пояса, то ≥50% пустошей (П), всех видов березовых криволесий: разреженных с фрагментарным травяно-кустарничковым покровом, с покровом <10%, заболоченных и полноценных (КБтк(р)2, КБтк(р)1, КБ КБтк(б), КБтк); зарастающих березой гарей и гарей с единичными горелыми березами (Гб и Г), а также травяных болот мезоевтрофных торфяников занимают территорию в пределах лесотундрового пояса. Тундровый пояс занимает около 100% лишь на территориях со скально-тундровыми группировками. Получается классическое распределение: лесные сообщества в лесном поясе, криволесья – в лесотундровом, скально-тундровые в тундровом. Техногенные «растительные сообщества» также представлены во всех поясах, преимущественно в лесном.

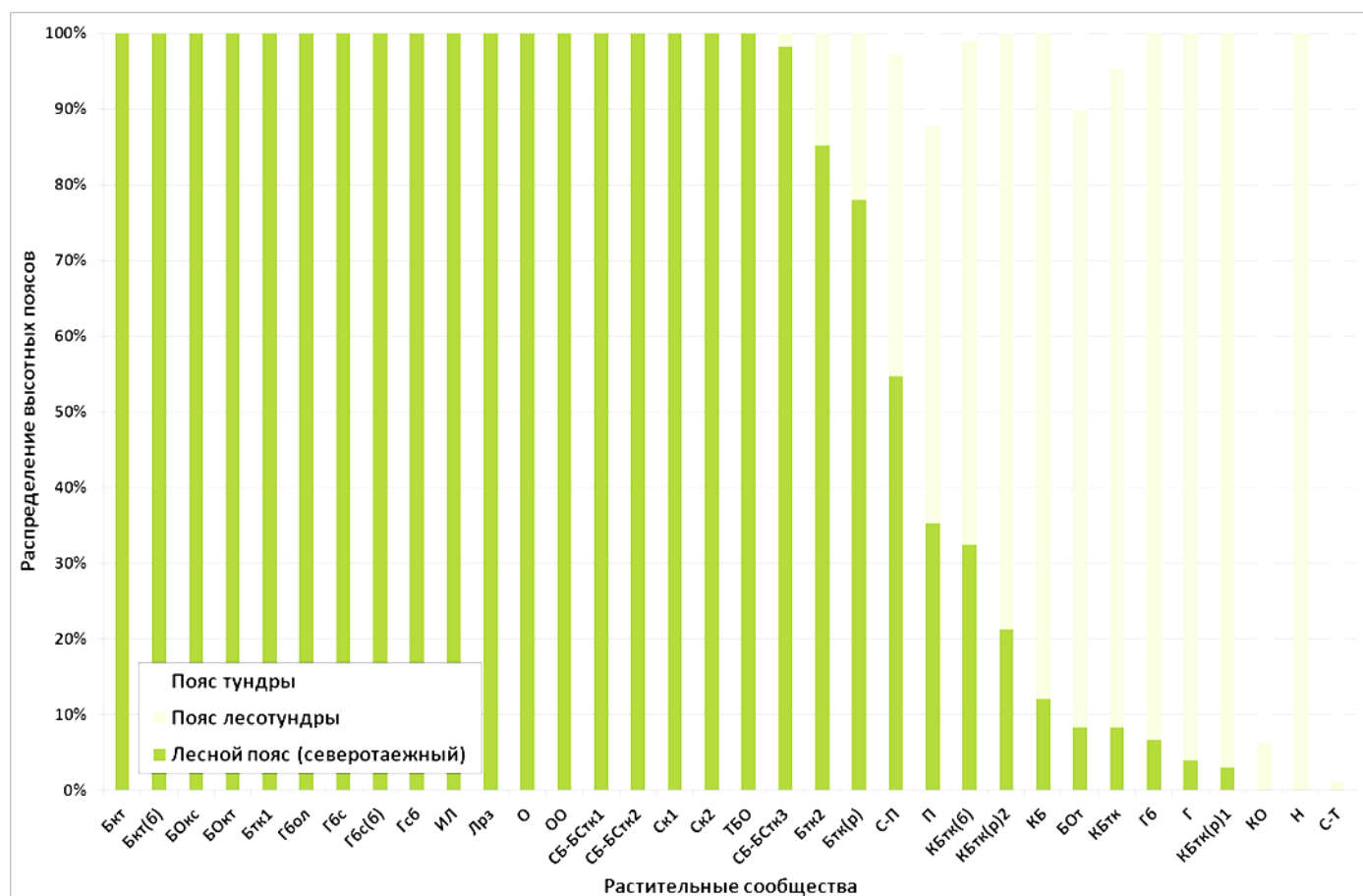


Рисунок 14. Распределение высотных поясов по растительным сообществам в районе исследований

Таким образом, анализ ландшафтов окрестностей пгт. Никель позволил выявить не только различные типы и виды форм рельефа, растительных сообществ и почв, а также высотные пояса, но и определить разнообразие и распространение техногенного рельефа и «сообществ». В целом данной местности преобладает возвышенный рельеф типа «тунтури» и «вараки», характерна классическая таежная схема высотной

поясности («лес – криволесье – мохово-кустарничковые сообщества»). Растительные сообщества представлены и скально-тундровыми сообществами, и березовыми травяно-кустарничковыми криволесьями, и березовыми, сосновыми и смешанными травяно-кустарничковыми лесами и болотами нескольких типов, преобладающими в зависимости от формы рельефа и высотного пояса. Значительна доля преобразованных растительных сообществ (37%), а техногенные формы рельефа занимают всего около 2% от общей площади территории. Встречаются преобразованные ландшафты во всех высотных ярусах. Почвенный покров представлен петроземами (на скалистых вершинах), литоземами, подбурами и подзолами различных типов.

3.2. Проблема аэротехногенного загрязнения в районе исследований

Территории, на которых располагаются металлургические комбинаты вообще, не только медно-никелевые, в силу многообразия промышленных работ испытывают на себе значительные преобразования природной среды, всех ее компонентов и протекающих в этой среде процессов. В окрестностях медно-никелевых комбинатов наблюдаются воздушные геохимические аномалии, которые при сильных ветрах способны распространяться на расстояния до 50 км. Активный перенос примесей, попадающих в атмосферу с выбросами, осуществляется, главным образом, воздушными, а также водными потоками, что приводит к тому, что в той или иной степени загрязнению подвергаются значительные площади. Наиболее ярко воздействие аэротехногенного загрязнения проявляется в отношении растительности и почвенного покрова, как самых чувствительных к любым изменениям компонентов природной среды. Это влияние по отношению к растительности может выражаться в снижении видового разнообразия, в возрастании чувствительности деревьев к инвазиям насекомых и разного рода болезням, а также к климатическим экстремумам, в снижении роста деревьев, их суховершинности, подавлении генеративной деятельности и гибели (Лукина, 2005; Макарова, 1992).

Основными загрязняющими веществами выбросов комбината «Печенганикель» являются соединения серы и металлургическая пыль, содержащая такие тяжелые металлы как никель и медь. Влияние соединений серы на растительный покров выражается, прежде всего, в воздействии на листовую кутикулу (верхний защитный слой восковидного происхождения) деревьев, что приводит к физиологической сухости, сильные минеральные кислоты вызывают ожоги листьев и хвои. Кроме того, интенсифицируется выщелачивание элементов питания из листвы. Диоксид серы (SO_2),

попадая в растения через устьица, окисляется до высокотоксичного соединения – сульфита (SO_3), а затем медленно превращается в сульфат (SO_4) – менее токсичное соединение. При низкой концентрации диоксида серы в воздухе сульфит практически полностью окисляется до сульфата и не повреждает растительность. При высокой концентрации и длительном воздействии, сульфит образуется гораздо быстрее, чем сульфат, поэтому происходит повреждение растительности. Кроме того, концентрация сульфата при продолжительном накоплении также может достигать фитотоксичных доз. Признак хронического воздействия или поражения сульфатом – хлороз (нарушение образования хлорофилла и снижение активности фотосинтеза) или обесцвечивание листьев с изменением их окраски до красно-бурого цвета у листовых растений, покраснение хвоинок от кончика к основанию – у хвойных. Косвенным образом соединения серы воздействуют на растительность через почвы, подкисляя их. Подкисление почв приводит к снижению pH, что влияет на процессы минерализации и на доступность элементов питания для растений и приводит к высвобождению растворимого токсичного трехвалентного алюминия, повреждающего тонкие корни и снижающего поглощение основных катионов (Ca^{2+} , K^+ , Mg^{2+} и другие), особенно магния. Потери основных катионов снижают кислотонейтрализующую способность почв. Необходимо также отметить, что рубки лесов вносят свой вклад в обеднение почв, так как при рубках происходит значительный экспорт катионов из почвы (Лукина, 2005; Макарова, 1992; Мэннинг, 1985; Miulgauzen, Pankratova, 2015).

Тяжелые металлы в атмосфере встречаются в виде твердых частиц, адсорбированных на других частицах или в виде солей. Твердые частицы сами по себе инертны, при попадании на растения они могут закупоривать устьица и повреждать клетки эпидермиса. При соединении с другими веществами частицы металлов могут становиться фитотоксичными. Интересно, что сами растения, ткани которых насыщены тяжелыми металлами, активно выделяют их в атмосферу при транспирации, с пылью и спорами, то есть оказывают влияние сами на себя. Влияние тяжелых металлов проявляется также через аккумуляцию в почве. Единственным барьером для растений от загрязнителей выступают органогенные горизонты, в которых накапливаются выпадающие с выбросами и с осадками загрязнители и образуются комплексные соединения из гумусовых кислот с серой, никелем, медью, кобальтом и т.д. Органогенный горизонт – основной горизонт питания для растений, поэтому накапливающиеся в нем техногенные элементы на 50 – 60% поглощаются растениями, (остальная часть уходит со стоком), вследствие чего в растительности происходит накопление техногенных элементов. Когда содержание никеля и меди в органогенном

горизонте достигает 200 мг/кг, это повреждает корневые системы растений, а при дальнейшем возрастании концентраций происходит массовое отмирание сначала физиологически активных корней, а затем и крупных корней. Наибольшей подвижностью обладает медь, как в силу химических особенностей элемента, так и по причине низкой степени закрепления меди в почве. Никель гораздо менее растворим. Продолжительность пребывания металлов в почве, как правило, превышает продолжительность жизни нескольких поколений растительных организмов – до 1000 лет и более. Вынос же этих элементов из почв не превышает 10% от их поступления. Металлы негативно воздействуют на почвенные микроорганизмы, главным образом, микроскопические грибы. При начальных наиболее слабых воздействиях загрязнителей на почву наблюдается усиление микоризообразования на тонких физиологически активных корнях (мелиоративный эффект), а затем по мере увеличения концентрации загрязнителей происходит гибель микориз и корней. Можно предположить, что аккумуляция металлов приводит к нарушению циклов элементов минерального питания и углерода, к изменению питательного режима почв. Следствием этого является снижение продуктивности лесов. К тому же, металлы, накапливаясь в почве, распространяются по пищевым цепям (Влияние промышленного..., 1990; Лукина, 2005; Макарова, 1992; Мэннинг, 1985). Комплексное воздействие всех загрязнителей усиливает токсический эффект.

В распределении примесей и выбросов загрязняющих веществ наблюдаются определенные закономерности в зависимости от расстояния от источника загрязнения и положения в рельефе. Тяжелые металлы в непосредственной близости от источника загрязнения во всех формах рельефа выпадают с одинаковой интенсивностью. На расстоянии более 5 км на возвышенностях выпадает в 2 – 2,5 раза больше металлов, чем на равнинах, и в 1,5 – 2 раза больше чем на склонах, различий в интенсивности выпадения металлов на склонах и равнинах не наблюдается. При этом интенсивность выпадения меди на расстояниях до 10 км от источника во все формах рельефа на 30% выше, чем интенсивность выпадения никеля; на расстоянии более 10 км медь и никель выпадают с одинаковой интенсивностью. Соединения серы, преимущественно сульфаты, на расстоянии до 10 км от источника загрязнения выпадают на вершинах на 50% больше, чем на равнинах, и на 30% больше, чем на склонах. На большем расстоянии содержание сульфатов на вершинах совпадает с их содержанием на склонах, но все же превышает его содержание на равнинах в 1,3 раза. На склонах же на всем протяжении от источника загрязнения выпадает в 1,5 раза больше серы, чем на равнинах. В целом нужно отметить, что интенсивность выпадения металлов превышает

интенсивность выпадения серы, однако и здесь необходимо учитывать, что медь выпадает интенсивнее никеля. Подобное распределение объясняется следующим. Интенсивность выпадения серы и ее распределение по территории связано с тем, что высота труб комбинатов обеспечивает поднятие диоксида серы на высоты окружающих форм рельефа. Частицы металлов довольно крупные по размеру, они не обладают способностью к высокому подъему под воздействием сил гравитации и инерции, поэтому осаждаются в непосредственной близости от источника загрязнения (Раткин, 1999). Именно в связи с вышеперечисленными особенностями наиболее сильное влияние загрязнения от комбината «Печенганикель» испытывают прилегающие территории, особенно вершины и склоны возвышенностей. В этом же проявляется и роль рельефа территории в загрязнении.

В условиях воздушного загрязнения в лесах происходят процессы преждевременного опада хвои и листвы – дефолиация. В естественных условиях хвоя сосны сохраняется 6 – 9 лет, в условиях загрязнения ее возраст колеблется от 4 – 5 лет в слабо загрязненных районах до 2 – 3 лет в наиболее приближенных к источнику местах произрастания. Механизм токсического действия заключается в нарушении процесса фотосинтеза (деятельности ферментов), серные соединения снижает фотосинтетическую активность хвои, разрушая пигменты (и в листьях тоже). Кроме того из-за разрушения восковой налета повышается транспирация и сокращается время жизни хвои. Также нарушаются процессы семеношения: в 2 – 3 раза уменьшается число женских шишек, в 2 раза – число потенциально жизнеспособных семян. Поверхность шишек сереет и эродирует. Образование пыльцы снижается на 20 – 40%. Часто наблюдается отмирание верхней трети кроны. Ослабляется рост деревьев в высоту и по диаметру, сильное ослабление приводит к суховершинности и искривлению. Аналогичные изменения происходят и в напочвенном покрове. Листья кустарничков подвергаются хлорозу, уменьшается длина побегов и площадь листовой поверхности. Кустарнички сосредотачиваются в нанопонижениях и в подкроновом пространстве сохранившихся деревьев. Мхи и лишайники за счет высокой поглотительной способности (особенно эпифитные лишайники) вследствие высокой чувствительности к загрязнению составляющей лишайник водоросли исчезают из состава сообществ, что нарушает питательный режим лесов, так как они способны концентрировать элементы питания из атмосферы и передавать их растениям с корневой стратегией питания (деревья, кустарнички и травы) при разложении. (Влияние промышленного...,1990; Лукина, 2005; Мэннинг, 1985; Ярмишко, 1997).

Аэротехногенное влияние вызывает также и морфологические изменения в строение почвенного профиля – происходит разрушение и смыв верхних горизонтов. Под влиянием загрязнения в почве формируются окна с уменьшенной мощностью подстилки, площадь которых возрастает при приближении к источнику загрязнения. На тех участках, где сохраняется растительность, подстилка имеет практически такую же мощность, как и на территориях, не подверженных загрязнению, но она отличается морфологически: имеет серый цвет, высокую степень разложения, наполнена техногенной пылью. Если же растительность отсутствует, то подстилка также отсутствует, а верхние минеральные горизонты почвы частично разрушаются, поверх них формируется тонкий пылевато-супесчаный техногенный слой, где вблизи источника загрязнения концентрируется до 7% никеля (Влияние промышленного..., 1990; Мюльгаузен, Панкратова, 2014).

О современной неблагоприятной экологической обстановке на рассматриваемой территории свидетельствуют результаты международных проектов и российских исследований последних десятилетий, посвященных изучению состояния наземных экосистем данного района. Кольская ГМК совместно с рядом организаций, например, Государственным природным заповедником «Пасвик», Кольским геологическим информационно-лабораторным центром, Кольским центром охраны дикой природы, Институтом проблем промышленной экологии Севера Кольского научного отделения РАН и рядом других осуществляет мониторинговые исследования в районах промышленного производства. Одним из наиболее интересных и важных проектов является долгосрочная программа экологического мониторинга в приграничном районе России, Норвегии и Финляндии «Пасвик».

По инициативе финско-норвежской комиссии по пограничным водоёмам при поддержке природоохранных организаций Мурманской области было решено разработать совместную систему мониторинга, позволяющую эффективно отслеживать изменения экологической обстановки. Программа была разработана в рамках проекта «Interreg III A Kolarctic» в 2003 – 2006 гг. и дополнена в рамках проекта Kolarctic ENPI в 2012 – 2015 гг. Реализация единой межгосударственной Программы мониторинга была начата в 2007 г. Программа основана как на национальных программах мониторинга стран-участниц, так и на рекомендациях, выработанных на основе новой информации, полученной в рамках реализации проекта. Программа позволяет лучше учитывать экологические условия региона, а именно, изменения объемов выбросов комбината «Печенганикель» и связанную с этим динамику нагрузки на природную среду. Сеть совместного мониторинга охватывает бассейн р. Паз. Программа

предусматривает мониторинг качества воздуха, наземных экосистем, а также качества воды и водных экосистем. Кратко рассмотрим результаты по первым 2 направлениям.

В настоящее время наблюдается улучшение ситуации в отношении диоксида серы по сравнению с предыдущими десятилетиями. Но рядом с источниками загрязнения содержание диоксида серы всё же остаётся высоким. В пгт. Никель, в самом центре загрязнения, содержание диоксидов превышает допустимые нормы в 3 раза. В Сванвике средние показатели загрязнения намного ниже, чем в Никеле, так как преобладающие ветры уносят выбросы в северо-восточном направлении. На сегодняшний день уровень загрязнения значительно снизился, допустимые показатели не превышались с 1989 г. Летом здесь чаще, чем зимой наблюдается направление ветра со стороны комбината, поэтому концентрации варьируют в зависимости от сезона. К примеру, в 2013 г. среднее содержание диоксидов серы в Никеле составило 50 мкг/м^3 , в 2013 – 2014 гг. (с апреля по март) в Сванвике средняя концентрация диоксида серы в летнее полугодье составила $8,7 \text{ мкг/м}^3$ в зимнее – $7,3 \text{ мкг/м}^3$. Предельно допустимая среднегодовая концентрация – 20 мкг/м^3 . Показатели качества воздуха в Лапландии с точки зрения здоровья лесов не превышают критического уровня. При восточном ветре концентрации диоксида серы в воздухе ненадолго достигают максимальных показателей (несколько раз в году). Среднегодовые концентрации диоксида серы в воздухе в 10 – 15 раз ниже критического для экосистем уровня. Несмотря на то, что в целом содержание диоксида серы в воздухе в местах наблюдений низкое, многие станции приграничного района регистрируют краткосрочные повышения, намного превосходящие установленные параметры качества воздуха. Короткие периоды повышенного содержания диоксида серы были зарегистрированы всеми станциями наблюдений за воздухом, включая Райа-Йоосеппи на российско-финской границе приблизительно в 135 км к юго-западу от пгт. Никель и на фоновой станции мониторинга в Палласе в западной Лапландии в 300 км к юго-западу от пгт. Никель. Наиболее интенсивное загрязнение тяжёлыми металлами отмечается в радиусе 10 км от производственных площадок комбината, но с увеличением расстояния от источника загрязнения оно падает. Однако, несмотря на модернизацию комбината «Печенганикель», снижения выбросов металлов не происходит, а, начиная с 2004 г., в Сванвике наблюдаются даже более высокие концентрации тяжёлых металлов в осадках, чем в 1990-е гг. (с вышеуказанными вариациями по сезонам) (Программа «Пасвик»..., 2008; <http://www.pasvikmonitoring.org/indruss.html>)

Исследования почв показали, что содержание тяжёлых металлов в них достигает максимальных значений вблизи производственных объектов. По мере удаления от

предприятий уровень концентраций тяжелых металлов снижается и зависит от особенностей перераспределения атмосферных осадков. Большая часть металлов находится в связанной форме, однако содержание доступных для растений форм велико, что препятствует возобновлению растительности на территориях, подверженных загрязнению. Закисления почв из-за сернистых выбросов не происходит благодаря щелочному составу подстилающих пород. Содержание тяжелых металлов в лишайниках и мхах наиболее высоко вблизи производственных объектов и снижается по мере удаления от них. Концентрации тяжелых металлов во мхах вблизи комбината в настоящее время выше, чем 10 лет назад. Аналогичная тенденция характерна и для изменения концентраций серы. Особенно необходимо подчеркнуть динамику эпифитных лишайников, наиболее чувствительных к качеству воздуха. Они полностью отсутствуют вблизи источника загрязнения, и появляются только на расстоянии 30 – 35 км к северу и югу от него. Однако, несмотря на сильное повреждение почвенного покрова вблизи источника загрязнения, недалеко от пгт. Никель на российских площадках наблюдения появляются некоторые виды-пионеры лишайников и мхов. Травяно-кустарничковый покров лесов составляют в основном кустарнички, которые лучше переносят загрязнение. Анализ состояния деревьев и кустарничков показал, что оказываемое влияние имеет ряд территориальных особенностей. К примеру, состояние сосны обыкновенной значительно лучше в норвежской части приграничной территории, чем в российской. В 2003 – 2005 гг. состояние кроны сосен на территории Норвегии было лучше (количество хвои >90 %), чем на российских площадках, подверженных сильному влиянию выбросов (количество хвои <80 %). По результатам исследований 2011 – 2013 гг. уровень концентраций тяжёлых металлов в сосновой хвое повысился по сравнению с 2003 – 2005 гг. В непосредственной близости от предприятий процесс фотосинтеза в листьях березы пушистой и черники протекает на крайне низком уровне. Но важно отметить, что береза как листопадный вид более устойчива к загрязнению, чем сосна (Кольская..., 2012; Программа «Пасвик»..., 2008; State of the Environment..., 2007; <http://www.pasvikmonitoring.org/indrus.html>). Таким образом, программа позволила вывить основные проблемы экологического состояния данного региона.

С 1991 г. лабораторией наземных экосистем Института проблем промышленной экологии Севера КНЦ РАН в районе деятельности комбината «Печенганикель» проводятся комплексные исследования лесных экосистем, которые включают в себя исследования атмосферных осадков, почвенных вод, растений, почв, в том числе биогеохимических циклов элементов минерального питания. Исследования проводили

на постоянных мониторинговых площадях в период 1991 – 2011 гг. Пробные площади расположены на различном удалении от комбината (5, 7, 12, 14, 32 км). Основным типом лесной растительности в районе исследования явились березняки травяные, лишайниково-кустарничковые и кустарничковые, а также сосново-березовые леса лишайниково-кустарничкового и кустарничкового типа. Контрольной пробной площадью (условно фоновая территория) послужил сосняк лишайниково-кустарничково-зеленомошный, расположенный в 44 км от комбината. Объектами исследования явились сосна обыкновенная, береза пушистая, зеленые мхи (плевроциум Шребера и гилокомиум блестящий) и лишайник кладония звездчатая (*Cladonia stellaris* (Opiz) Pouzar & Vězda). Также был проведен отбор ягод вороники, черники, брусники и морошки для определения их элементного состава. Результаты показали, под влиянием атмосферного загрязнения происходит изменение элементного состава ассимилирующих органов растений. Существенно возрастают концентрации элементов, входящих в состав выбросов (медь, никель, сера), причем в зеленых мхах и лишайниках в более высоких концентрациях по сравнению с ассимилирующими органами древесных растений. Установлено, что в условиях сильного загрязнения концентрации фосфора и калия в хвое достигают уровня, определяемого для сосны обыкновенной как дефицитный. В элементном составе листьев березы наблюдаются положительные изменения, заключающиеся в снижении концентрации тяжелых металлов и серы, что свидетельствует о большей устойчивости березы в условиях атмосферного загрязнения. Выявлено, что на расстоянии 5 км от комбината (ближайшая точка исследований) плоды морошки содержат значительное количество никеля, меди и кадмия, черники – свинца, вороники – кобальта по сравнению с другими ягодами. При приближении к комбинату концентрации никеля и меди в ягодах возрастают. При этом концентрации загрязнителей в ягодах черники, брусники и вороники в направлении севера увеличиваются и превышают таковое в направлении юга от комбината на расстояние до 12 км. Концентрации никеля в ягодах всех исследованных растений, а также содержание меди в ягодах вороники (на расстоянии 12 км) и в ягодах морошки (на расстоянии 5 км) превышают ПДК. Следует отметить, что в основном все выявленные концентрации превышают средние показатели по региону. Это объясняется, во-первых, получением питательных веществ (а вместе с ними и загрязнителей) из почвы, во-вторых, осаждением металлургической пыли на ягоды. Несмотря на сокращение объема выбросов диоксида серы и улучшение параметров минерального питания, этого все еще недостаточно для восстановительной сукцессионной динамики и оптимизации минерального питания лесных растений.

Длительное и продолжающееся накопление загрязнителей, хотя и поступающих в атмосферу в меньшем объеме, препятствуют началу процесса восстановления сильно поврежденных и разрушенных экосистем, особенно вблизи локальных источников. В условиях аэротехногенного загрязнения поглощение химических элементов растениями обусловлено нарушением питательного режима почв (органогенные горизонты почв обедняются элементами питания и обогащаются загрязнителями), выщелачиванием элементов питания из хвои и фоллиарным (через листья) поглощением загрязнителей, а также проявлением антагонизма между элементами и дисбалансом в их поглощении (Кольская..., 2012).

Также кратко рассмотрим результаты работ, проводимых сотрудниками НИИ Географии СПбГУ в районе пгт. Никель в н. 2000-х гг. Работы представляли собой эколого-биогеохимические исследования, отражающие техногенное воздействие, для оценки уровня содержаний основных химических элементов-загрязнителей в грибах (подосиновик, сыроежка) и ягодах (морозика, черника). Площадь, на которой отмечено повреждение насаждений выбросами, представляет собой довольно компактный участок, несколько вытянутый по преобладающим ветрам в северо-восточном и юго-западном направлениях. Состояние насаждений постепенно улучшается с удалением от источника загрязнения. Влияние выбросов на состояние хвойных древостоев ощущается на расстоянии 40 км от источника. Берёзовые древостои более устойчивы – аналогичное расстояние составляет 25 км. С повышением возраста насаждений устойчивость лесов снижается. На расстоянии до 10 км от комбината великовозрастные насаждения почти полностью распались. Эколого-биогеохимический анализ отобранных проб грибов и ягод показал наличие полиэлементных биогеохимических аномалий, характеризующихся высоким суммарным показателем превышения ПДК (по ягодам – превышения 80 – 120 ПДК, по грибам – 130 – 180 ПДК), интенсивность которых изменяется под воздействием метеорологических и орографических характеристик. Высокие содержания фактически всех исследованных элементов (никель, медь, железо, марганец, хром, цинк, селен, мышьяк), а особенно селена и никеля в грибах и ягодах повсеместно в пределах 13 км вокруг пгт. Никель представляют экологическую опасность для здоровья местного населения (Экологическое состояние..., 2003). Также в работе указывается, что первые сведения об усыхании насаждений от выбросов в районе пгт. Никель появились в 1974 г., когда было отмечено повреждение древостоев на площади 339 га. По данным таксации 1990 г. усыхание древостоев на территории Печенгского лесхоза отмечено на площади 39900 га. Лесоустройством 1991 г. повреждённые от выбросов насаждения учтены на

площади 39968 га, в том числе: со слабой степенью повреждения – 23769 га; со средней – 9157 га; с сильной – 3306 га; погибшие – 3736 га (Экологическое состояние..., 2003).

Итак, из обзора работ, посвященных тематике аэротехногенного загрязнения сернистыми выбросами и тяжелыми металлами, следует, что на территориях, располагающихся в районах медно-никелевой промышленности, происходит деградация растительных сообществ и почвенного покрова, и район наших исследований, т.е. окрестности пгт. Никель, не является исключением. Анализ ландшафтного разнообразия позволил определить наличие пустошей (рис. 15), нарушенных березовых криволесий (разреженных, низкорослых, с фрагментарным травяно-кустарничковым ярусом) и техногенных форм рельефа, не покрытых растительностью (карьеры, шлаковые отвалы и прудки-отстойники). Отметим, что все другие преобразования, напрямую не связанные с металлургическим производством, из рассмотрения исключаются. Интересна приуроченность таких сообществ (здесь и далее техногенные ландшафты не включаются в анализ, т.к. в первую очередь интерес



Рисунок 15. Типичные ландшафты пустошей на северо-западном склоне г. Каулатунтури, примерно 2 км к ЮВВ от комбината «Печенганикель (фото Мюльгаузен Д.С.)

представляет трансформация природных ландшафтов) – они занимают территории преимущественно в восточном (северо-восточном и юго-восточном) направлении от комбината – источника загрязнения. В этом проявляется, во-первых, роль ветра в распространении загрязнения, а ветра в этой местности преимущественно южных и юго-западных направлений, а во-вторых, рельефа. Преимущественно крупные массивы

тунтури с высотами >200 м, а также более низкие варакы, с одной стороны, выступают основными приемниками загрязнения, обступая источник загрязнения с наветренных сторон, с другой стороны, играют роль перераспределителей потоков загрязнения в северо-восточном направлении по более пониженным участкам. Кроме того, пустоши и разреженные криволесья чаще развиты на наветренных склонах, в то время как на подветренных склонах обычно встречаются если не полноценные, то более густые криволесья. То есть, первый признак, свидетельствующий о нарушении – типы растительных сообществ и особенности их распространения по изученной территории.

Второй признак – это состав напочвенного покрова. Если обратиться к выделенным на ландшафтной карте сообществам, то в первую очередь отмечается полное отсутствие мохово-лишайникового покрова в названиях сообществ. Действительно, мхи и лишайники на исследованной территории фиксируются редко и имеют незначительное проективное покрытие (<10%) даже на территориях с лесной растительностью и на удалении 15 км. Впервые лишайники были встречены в северо-западном направлении от комбината на расстоянии около 3 км в смешанном травяно-кустарничковом лесу, на юго-западном направлении – на расстоянии около 6,5 км в лесу аналогичного типа, в восточном направлении – на расстоянии 11 км и 14 км в березовых криволесьях с фрагментарным травяно-кустарничковым ярусом. Мхи фиксируются практически на всей территории в виде единичных куртин. Лишайники представлены преимущественно кладонией бокальчатой (*Cladonia pyxidata* (L.)), реже кладонией лесной (*Cladonia sylvatica* (L.) Hoffm. (= *Cladonia arbuscula*)), кладонией трубчатой (*Cladonia scabriuscula* (Delise) Leight.), изредка попадается цетрария исландская (*Cetraria islandica* (L.) Ach.) и цетрария снежная (*Cetraria nivalis* (L.) Ach. (= *Allocetraria nivalis*)). Мхи – преимущественно дикранум (род *Dicranum*), реже политрих обыкновенный (*Polytrichum commune* Hedw.). Естественно, что на олиготрофных болотах присутствуют сфагновые мхи, однако встречаются такие болота, как правило, в западной части рассматриваемой территории. Травяно-кустарничковый ярус в таких



Рисунок 16. Сравнение лесов в окрестностях пгт. Никель (слева) и п. Янискоски (справа) (фото Мюльгаузен Д.С.)

условиях довольно однообразен, представлен черникой, брусникой и вороникой, реже багульником болотным, также луговиком извилистым и овсяницей овечьей (*Festuca ovina* L.). Для сравнения (рис. 16) – в окрестностях п. Раякоски и п. Янискоски, принятые за условно фоновые, произрастают кустарничково-зеленомошные, а местами и зеленомошно-лишайниковые, преимущественно сосновые леса с проективным покрытием мхов до 90% (преимущественно зеленых олиготрофных: плевроциума Шребера и гилокомиума блестящего), лишайников – до 50% (различных видов кладоний), а на деревьях обилён эпифитный лишайник уснея бородачатая (*Usnea barbata* (L.) Weber ex F.H.Wigg) – один из индикаторов благоприятной экологической обстановки.



Рисунок 17. Изуродованный экземпляр березы на пустоши в 2 км к югу от пгт. Никель (фото Мюльгаузен Д.С.)

Третий признак – состояние, внешний вид растительности. В первую очередь необходимо учесть, что район исследований располагается за Северным полярным кругом на 69° с.ш., соответственно уже в силу климатических условий растительность здесь находится в угнетенном состоянии: леса в среднем имеют высоты не более 15 м, редкостойные, наблюдается закручивание стволов вдоль оси. Однако наблюдаемая сильная искривленность, вплоть до уродства, особенно у берез (рис. 17), сильная низкорослость криволесий и единичных сосен (до 8 м), суховершинность, покраснение хвои и

листьев, по-видимому, и являющееся хлорозом – это последствия влияния другого фактора, скорее всего, аэротехногенного загрязнения.

Четвертый признак – возрастная структура сосновых лесов и их фрагментов. Дендрохронологический анализ отобранных кернов позволил установить примерный возраст исследованных древостоев. Полученные результаты представлены в таблице 2. Рассмотрение возраста древостоев по сторонам света обусловлено влиянием ветровой экспозиции на наличие/отсутствие древесной растительности. Как видно из таблицы, в районе пгт. Никель произрастают наиболее молодые древостои, причем наименьший средний возраст характерен для древостоев на восточном направлении (37,3 года),

Таблица 2. Минимальный, максимальный и средний возраст древостоев в районе исследования

Район, направление	Возраст древостоев, лет		
	min	max	средний
Никель - север	27	247	43,7
Никель - восток	26	57	37,3
Никель - юг	16	235	41,2
Никель - запад	22	295	91
Раякоски	86	272	142,4
Янискоски	68	299	177,2

наиболее подверженном загрязнению. Западное направление, лежащее в стороне от основного ветрового потока, отличается и наибольшим средним возрастом (91 год). В фоновых же условиях средний возраст лесов составляет примерно 150 лет. Однако тут необходимо учесть очень важный фактор, который важно учитывать и при рассмотрении пустошей и нарушенных криволесий. Это влияние рубок и пожаров. Возраст лесов в Никеле меньше, чем в фоновых условиях, не столько из-за возможной гибели старых деревьев под влиянием загрязнения (хотя несомненно такие случаи имеют место быть), сколько из-за значительных вырубок, проводившихся в 1930 – 1950-е гг. при строительстве рудника, комбината и поселка. Кроме того, активные боевые действия в этом районе в годы Великой Отечественной Войны (который являлся стратегическим объектом из-за наличия здесь рудника), связанные с ними пожары, а также и рубки для военных нужд также внесли свой вклад в изменение растительного покрова. Да и значительное варьирование возрастов свидетельствует о наличии нескольких поколений во всем районе, а экземпляры с максимальным возрастом 247 лет, 235 лет, 295 лет являются уцелевшими исключениями. Лишь в восточном направлении от пгт. Никель возраст лесов наиболее молодой и без резких различий, однако объяснение этому также связано с вышеназванными факторами.

Наконец, пятым признаком служит нарушение почвенного покрова. Во-первых, из-за пожаров и ожогов уничтожаются верхние органогенные горизонты. Во-вторых, из-за эрозионных процессов происходит размывание и уничтожение срединных горизонтов: подзолистого Е и альфегумусового ВНФ. Вместо типичных для этой местности подбуров и подзолов формируются абраземы альфегумусовые (рис. 18) – т.е. альфегумусовые почвы без верхних диагностических горизонтов, уничтоженных в результате естественных/антропогенных процессов (по Классификации почв России, 1997 и 2004 гг.) (Полевой определитель почв, 2008). Кроме того, происходит погребение почв под слоем техногенных грунтов и пыли, разносимой и смываемой со шлаковых отвалов.



Рисунок 18. Пример абразема альфегумусового, покатый склон тунтури примерно в 5 км к востоку от пгт. Никель

Все рассмотренные признаки и учет вышеперечисленных факторов позволил сделать вывод о механизме нарушений. Ранее при объяснении полученных результатов мы исходили из предположения о преобладающем влиянии загрязнения в динамике растительных сообществ данной местности. Однако после последнего изучения материалов нам представляется несколько иная картина изменений. Первично существовавшие здесь леса и криволесья были частично срублены, частично сожжены при строительстве и военных действиях. Затем начались сукцессионные процессы, однако постепенное наращивание загрязнения, во-первых, могло тормозить восстановление растительности, воздействуя на поросль, во-вторых, могло негативным образом воздействовать на сохранившиеся растения. Кроме того, сернистые выбросы приводили к ожогам и иссушению растительного покрова. Промышленный объект и поселок являются потенциальными источниками пожаров, соответственно иссушенная выбросами растительность гораздо легче и чаще могла возгораться, что и привело к разрастанию площадей пустошей. Также тому способствовало и наличие оторфованных верхних горизонтов почв, которые при иссушении становятся пожароопасными. В

настоящее время мы также наблюдаем схожий процесс: это подтверждает наличие многочисленных гарей, преимущественно в восточном направлении, и разная степень их зарастания. Однако в радиусе от 4 км на юге до 10 км на северо-востоке от комбината господствуют пустоши, что может быть связано с тем, что так как эти территории наиболее близко расположены к источнику загрязнения и возвышенны, они подвержены большому выпадению загрязнителей, что может препятствовать восстановлению. Выдвинутое предположение хорошо согласуется с фактом наличия практически ненарушенных березовых криволесий и даже лесов по долинам ручьев, где растительность укрывается и от пожаров, и от загрязнителей, и может иметь факт разбавления и вымывания выпадающих загрязнителей. Исчезновение растительности приводит к усилению эрозионных процессов, интенсивному плоскостному смыву и уничтожению верхних горизонтов почв.

Таким образом, сложившаяся в районе исследования неблагоприятная экологическая обстановка в совокупности с пожарами являются основной причиной формирования особенного растительного и почвенного покрова в данной местности.

Помимо полевых исследований, позволивших выявить нарушения в ландшафтах района исследований, также был проведен анализ дистанционных данных, а именно вычисление нормализованного вегетационного индекса NDVI, что было подробно изложено в подглаве 2.2. Картографическое изображение индекса на изученную территорию позволило проанализировать плотность растительного покрова и установить соответствие между типами растительных сообществ и выделенными диапазонами значений NDVI. Исходя из высказанного выше предположения об определяющем воздействии пожаров и аэротехногенного загрязнения на растительность, были выделены территории с различной степенью трансформации растительного покрова. Результаты представлены на Карте интенсивности трансформации растительного покрова окрестностей пгт. Никель в Приложении 6. Каждая выделенная категория отличается следующими особенностями:

1. «Максимальная трансформация»: значения NDVI: 0,1 – 0,2 преимущественно, 0,2 – 0,3 частично; растительный покров: преобладание пустошей с сильно эродированной поверхностью и незадернованных гарей, скальников, в меньшей степени слабо задернованных пустошей. Охватывает наиболее приближенную к источнику загрязнения территорию, на которую выпадает максимальное количество загрязнителей. Вытянута с юго-запада на северо-восток, согласно основному направлению ветров, однако из-за наличия возвышенностей на севере поток загрязнителей отклоняется к востоку. В основном территория характеризуется либо

полным отсутствием растительного покрова, сильно эродированной песчано-щебнистой поверхностью форм рельефа, либо фрагментарным развитием растительности по долинам ручьев и рек. На участках, укрытых от ветрового потока, развиты разреженные березовые криволесья с черникой, вороникой, хвощем. Сохраняющиеся на гарях березы сильно обожжены, искривлены, лишены вершин и низкорослы (2 – 3 метра). Многочисленны горелые остатки стволов и стеблей кустарничков. На защищенных от загрязнителей участках может встречаться незначительное количество зеленых мхов (<5%).

2. «Значительная трансформация»: значения NDVI: 0,2 – 0,4 преимущественно, местами в ложбинах может достигать до 0,5 – 0,6; растительный покров: преимущественно скальные поверхности, частично с пустошами, и разреженные березовые криволесья кустарничковые и с травяно-кустарничковым ярусом с покрытием <10%, задернованные и зарастающие березой и сосной гари. Прилегающая к предыдущей части территории она также вытянута с юго-запада на северо-восток по направлению ветров, и также на восток и даже юго-восток, что объясняется, во-первых, отклоняющим влиянием возвышенностей, во-вторых, влиянием загрязнения с соседней промышленной площадки комбината «Печенганикель», расположенной в г. Заполярный. Растительный покров довольно мозаичен, причем наиболее подверженные загрязнению наветренные участки представляют собой пустоши или сильно разреженные криволесья, где сохранились единичные угнетенные березы или кустарнички, а подветренные покрыты более густым криволесьем с покрытием травяно-кустарничкового яруса до 40% с вышеупомянутыми видами кустарничков, луговика извилистого, овсяницы овечьей. У деревьев наблюдаются суховершинность, вплоть до полного усыхания, искривление, низкорослость (в среднем 5 м). Моховой покров также фрагментарен. Особо стоит отметить возрастание показателя NDVI до 0,5 – 0,6 по склонам ложбин и переувлажненных равнин, выполняющих роль «убежищ» от загрязнения и пожаров, где произрастают (в зависимости от высоты) переувлажненные березовые криволесья и березовые леса с развитым травяно-кустарничковым ярусом.

3. «Средняя степень трансформации»: значения NDVI: преимущественно 0,3 – 0,4 менее часто 0,4 – 0,5, на скальниках 0,2 – 0,3; растительный покров: разреженные березовые травяно-кустарничковые криволесья и разреженные смешанные и сосновые кустарничковые леса, иногда переувлажненные. Имеет фрагментарный характер распространения, возможно выделена условно. Она прилагает к предыдущей с востока, где развиты разреженные криволесья, а также с запада, где

наблюдаются смешанные и сосновые, часто переувлажненные или разреженные леса, а также на крайнем юго-западе-западе исследуемой территории, в местах распространения зарастающих гарей (г. Теппананвара, г. Исовара). Если отнесение к этой категории трансформации криволесий на востоке в принципе логично и сомнений не вызывает, то выделение остальных территорий скорее носит характер предположения. На западе леса отличаются разреженностью, часты «пропелшины» вырубок и выгоревших территорий, а вершина небольшой варакы занята зарастающей березовой гарью. Кроме того, она окружает промлощадку комбината и скопление шлаковых отвалов, что, даже несмотря на расположение в стороне от основных ветров, может сказываться на данной территории. В районе г. Теппананвара и далее к юго-западу в настоящее время наблюдаются горелые и зарастающие вершины, однако помимо пожарной трансформации необходимо учесть, что эти варакы располагаются на пути северо-восточных ветров от источника загрязнения, которые довольно часты здесь в летнее время, следовательно, возвышенности могут выступать барьерами для загрязнителей и подвергаться их выпадению. На восточном участке этой категории территорий с трансформированной растительностью появляются первые экземпляры сосны обыкновенной, отличающиеся крайней низкорослостью (до 8 м), суховершинностью, ожогами хвои. Здесь впервые при движении от источника загрязнения на крайнем северо-востоке этой части территории и на западе встречаются первые лишайники, представленные кладонией бокальчатой и кладонией трубчатой. Следовательно, можно говорить об улучшении экологических условий в этой зоне.

4. «Незначительная трансформация»: значения NDVI: преимущественно 0,4 – 0,6, местами >0,6; растительный покров: преобладание смешанных лесов, также сюда относятся сообщества осушенных болот. Это территория развития полноценных березово-сосновых или сосново-березовых кустарничковых (с доминированием брусники) лесов, по долинам рек – березовых кустарничково-травяных (брусника, багульник болотный, дерен шведский, луговик извилистый) лесов. Отличающиеся наибольшими показателями NDVI сообщества осушенных торфяников представлены густыми ивовыми зарослями из ивы козьей (*Salix caprea* L.), ивы филиколистной (*Salix phylicifolia* L.), а также разнотравно-злаковыми лугами (растения не цвели в период исследований, поэтому виды установлены не были). Главным диагностическим признаком является возрастание проективного покрытия (до 10%) и частоты встречаемости лишайников, главным образом рода *Cladonia*; увеличение проективного покрытия характерно и для мхов (до 20%), встречаются не только зеленые, но и политриховые мхи. Внешние признаки поражения растительности не фиксируются,

лишь изредка наблюдается суховершинность. В целом облик растительного покрова близок к природному, зональному.

В итоге, данная часть исследований позволила выявить наличие и установить признаки проявления аэротехногенного загрязнения в ландшафтах окрестностей пгт. Никель, в первую очередь в растительном покрове, в меньшей степени в почвенном, являющихся наиболее чувствительными к изменению природной среды компонентами, определить механизм происходящих изменений и подкрепить их данными дистанционного зондирования.

3.3 Дендрохронологический анализ древостоя района исследований

Еще одной задачей данной работы было изучение влияния аэротехногенного загрязнения на годичный прирост сосны обыкновенной через нахождение взаимосвязи между годовым приростом и изменением уровня загрязнения. Однако прежде чем говорить о влиянии антропогенного фактора, необходимо выявить влияние естественных факторов на рост древостоя. Поэтому в первую очередь необходимо рассмотреть взаимосвязь между климатическими параметрами и годичным приростом.

В изменении годовых значений температур и осадков, полученным в результате расчётов данных по метеостанции Янискоски, можно выделить определенные тренды в

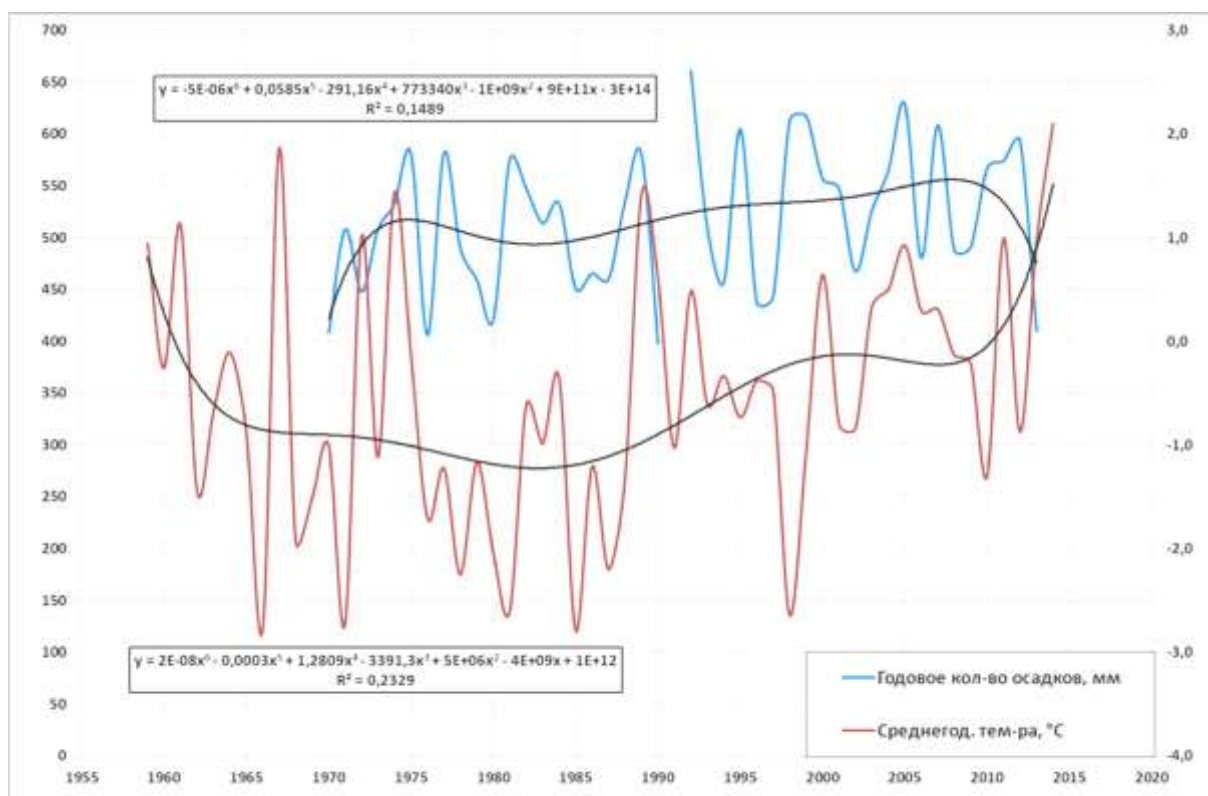


Рисунок 19. Графики изменения температуры и количества осадков по данным метеостанции Янискоски

постоянных флуктуациях их значений (рис 19). Для годового количества осадков характерен заметный рост за последние 45 лет: с 508 до 593 мм с пиком 661 мм в 1992 г. Определить минимальное значение не представляется возможным из-за наличия пропусков в исходных рядах данных. Характер изменения среднегодовой температуры воздуха более сложен, однако и тут прослеживается определенный тренд – падение температуры с 1959 г. до середины 1980-х гг. (от положительных значений, близких к 1°C, до отрицательных, близких к -1°C), а затем постепенный рост к настоящему времени (соответственно от отрицательных до положительных, близких к 1°C). Падение обусловлено, главным образом, снижением зимних температур за указанный период (в среднем на 2 – 3°C). Максимальные значения приходятся на 1967 г. – 1,9°C – и 2014 г. – 2,1°C. Минимальные значения зафиксированы в 1966 г.: -2,8°C; в 1971 г.: -2,7°C; в 1981 г.: -2,6°C; в 1985 г.: -2,8°C; в 1998 г.: -2,6°C. В целом при визуальном сравнении графиков этих двух климатических параметров наблюдается сходство в характере их изменения за последние 20 лет, а именно рост как температуры, так и количества осадков. Интересно также некоторое хронологическое совпадение максимальных и минимальных пиковых значений обоих показателей.

Годичный прирост любого дерева очень изменчив от года к году и имеет свои тренды. Как правило, помимо возрастного тренда (возрастной тренд – интенсивный рост дерева в молодом возрасте с последующим его замедлением и падением, для сосны примерно первые 30 – 40 лет (Дендрохронология, 2013; Ярмишко, 1997)), отмечаются также и тренды, обусловленные некоторыми внешними факторами, обычно лимитирующими для конкретного местопроизрастания. Наличие как возрастного тренда, так и тренда, обусловленного внешними причинами, удалось выявить в ходе процедуры индексирования и последующего анализа полученных графиков изменения прироста сосны обыкновенной для района исследования. Однако необходимо учитывать, что описываемые далее тренды представляют собой идеализированную и обобщенную картину, в действительности же она характерна не для всех исследованных деревьев, а прирост каждого дерева подвержен постоянным естественным колебаниям (Примеры графиков см. в Приложении 7).

Для исследованных экземпляров сосны обыкновенной, произрастающих в окрестностях пгт. Никель, характерно изменение годичного прироста, в общем виде представленное на рисунке 20. Данный график представляет собой осреднение всех полученных хронологий. Его необходимо рассматривать с определенной долей условности. Дело в том, что у большинства исследованных деревьев в возрасте до 60 лет (и у некоторых с большим возрастом) практически не проявляется ни возрастной,



Рисунок 20. График осредненного годовичного прироста сосны обыкновенной для окрестностей

пгт. Никель

ни какой-либо другой тренд. Соответственно, они не описываются данным графиком, а их прирост носит сугубо индивидуализированный характер. Как видно из графика, период наиболее интенсивного прироста приходится на 1920-е – 1930-е гг., что совпадает с общепланетным потеплением климата 1920-х – 1930-х гг. Интересно, что такому сильному росту предшествовало значительное падение в 1910 – 1912 гг., однако на сегодняшний день мы не располагаем какими-либо данными, позволяющими выявить его причину. Возможно, что именно это событие привело к такому усиленному росту в последующие годы. Затем происходит падение прироста, что может быть связано с похолоданием 40-х гг., началом металлургического освоения в 1937 гг. и боевыми действиями в 1939 – 1940 гг. и 1941 – 1945 гг. в этом районе; далее прирост стабилизируется. В 1970-е – пер. пол. 1980-х гг. наблюдается заметный спад прироста с минимумом в 1987 г. Если учесть, что это период понижения зимних температур в данном районе, то подобная особенность объясняется климатическими причинами, однако свой вклад здесь может вносить и аэротехногенное загрязнение, которое как раз примерно в это же время было наиболее интенсивным. Затем прирост вновь начинает стремительно увеличиваться, что также может быть связано и с улучшением климатических условий, и с уменьшением техногенной нагрузки, и с влиянием некоторого третьего, пока неустановленного фактора. На общем фоне роста

заметно выделяется резкое падение прироста в к. 1990-х гг. Здесь также возможно и влияние климата, – в 1998 г. наблюдается резкое падение годовой температуры воздуха до $-2,6^{\circ}\text{C}$ с $-0,5^{\circ}\text{C}$ в 1997 г. (из-за понижения зимних температур) – и влияние аэротехногенного загрязнения – в годы перестройки выбросы диоксида серы начинают снижаться, но в 1995 – 1997 гг. возвращаются на прежний уровень. Уменьшение прироста в последнее пятилетие также может быть связано с некоторым понижением зимних температур в 2010 – 2011 гг., однако возможно и негативное влияние увеличения объемов выбросов, но так как на сегодняшний день мы не располагаем данными по выбросам комбината «Печенганикель» за последнее пятилетие, данное предположение остается лишь предположением. Необходимо также подчеркнуть следующее: при дендрохронологическом анализе рассматривалось лишь влияние аэротехногенного загрязнения, в то время как важными фактором лесной динамики, отражающемся и в годичном приросте, являются рубки и пожары, которые, как было указано выше (см. подглаву 3.2.), здесь имели место быть. Следовательно, наличие резких перепадов в приросте древостоев может быть связано именно с такими внезапными явлениями как рубки и пожары.

Для образцов, отобранных в окрестностях п. Раякоски, изменение годичного прироста имеет вид кривой, представленной на рисунке 21. Также как аналогичный график для окрестностей пгт. Никель, график изменения радиального прироста для

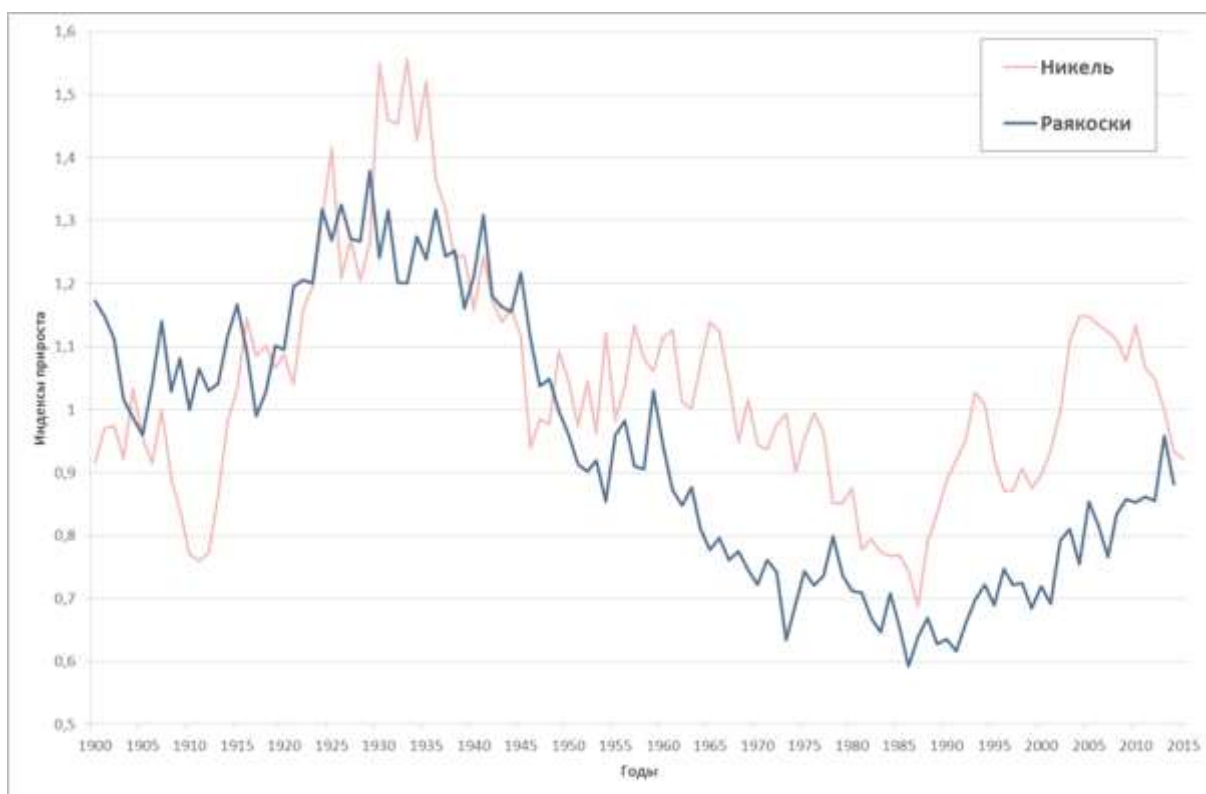


Рисунок 21. График осредненного годичного прироста сосны обыкновенной для окрестностей

окрестностей п. Раякоски отражает усредненные характеристики без учета индивидуальных особенностей каждого конкретного дерева. В целом все полученные хронологические графики в той или иной мере соответствуют данному, значительное расхождение наблюдается лишь в последние 20 лет: примерно у 40% деревьев происходит не увеличение прироста за указанный период, как видно из графика, а стабильно низкие уровни прироста после 1960 г. В целом для древостоя в окрестностях п. Раякоски характерен тот же тренд в изменении прироста, что и для древостоев в окрестностях пгт. Никель, но отличается большей плавностью, отсутствием резких падений и взлетов роста (что может быть связано как раз с менее интенсивной подверженностью пожарами и рубкам в связи с расположением за линией инженерно-технических сооружений в приграничной полосе) и, как ни странно, меньшими величинами прироста. На отрезке 1960 – 2015 гг. прирост древостоев в окрестностях Никеля превышает таковой для Раякоски, что, учитывая неблагоприятную экологическую обстановку Никеля, должно было бы быть наоборот. Возможно, что строительство ГЭС в 1940 – 1950 гг., изменившее водный режим территории, негативным образом сказалось на лесах. Кроме того, после строительства нескольких ГЭС в этом районе в 1950-х гг. значительных антропогенных изменений в районе п. Раякоски не происходило, следовательно, густота лесов начала возрастать, что могло приводить к усилению фактора конкуренции и взаимоугнетению деревьев. Соответственно улучшение климатических условий, стабилизация водного режима приводят к возрастанию годового прироста в последние 20 лет. Неоднозначность же реакции деревьев связана с условиями произрастания каждого конкретного дерева, что в рамках данной работы не рассматривается. Влияние аэротехногенного загрязнения на этой территории маловероятно в связи со значительной удаленностью от источника загрязнения (около 70 км) и наличием видов-индикаторов благоприятных экологических условий в составе растительного покрова лесов окрестностей п. Раякоски (различные типы лишайников, в первую очередь эпифитные).

Характер изменения прироста сосны обыкновенной в окрестностях п. Янискоски представлен на рисунке 22. В целом, он больше схож с аналогичным графиком для окрестностей пгт. Никель, чем окрестностей п. Раякоски, расположенного всего в 10 км к северо-востоку от п. Янискоски. Также как и для остальных районов для лесов окрестностей п. Янискоски характерны повышенные значения прироста в первой половине XX в. и угнетение прироста после 60-х гг., увеличение прироста в последние 20 лет выражено слабо. Особо обращает на себя внимание резкое увеличение прироста в 1910 – 1916 гг., причина которого не ясна, а также более высокие значения прироста,

чем у деревьев из двух других районов в 1955 – 1965 гг. Интересно также, что значения прироста после 1945 г. у деревьев из окрестностей п. Янискоски выше, чем из п. Раякоски. Все отмеченные особенности во многом согласуются и с имеющимися климатическими данными, и с возможным влиянием изменения увлажненности территории из-за строительства ГЭС, и влиянием пожаров и рубок. Однако наблюдаемые отличия свидетельствуют о сильном влиянии конкретного местопроизрастания каждого дерева.

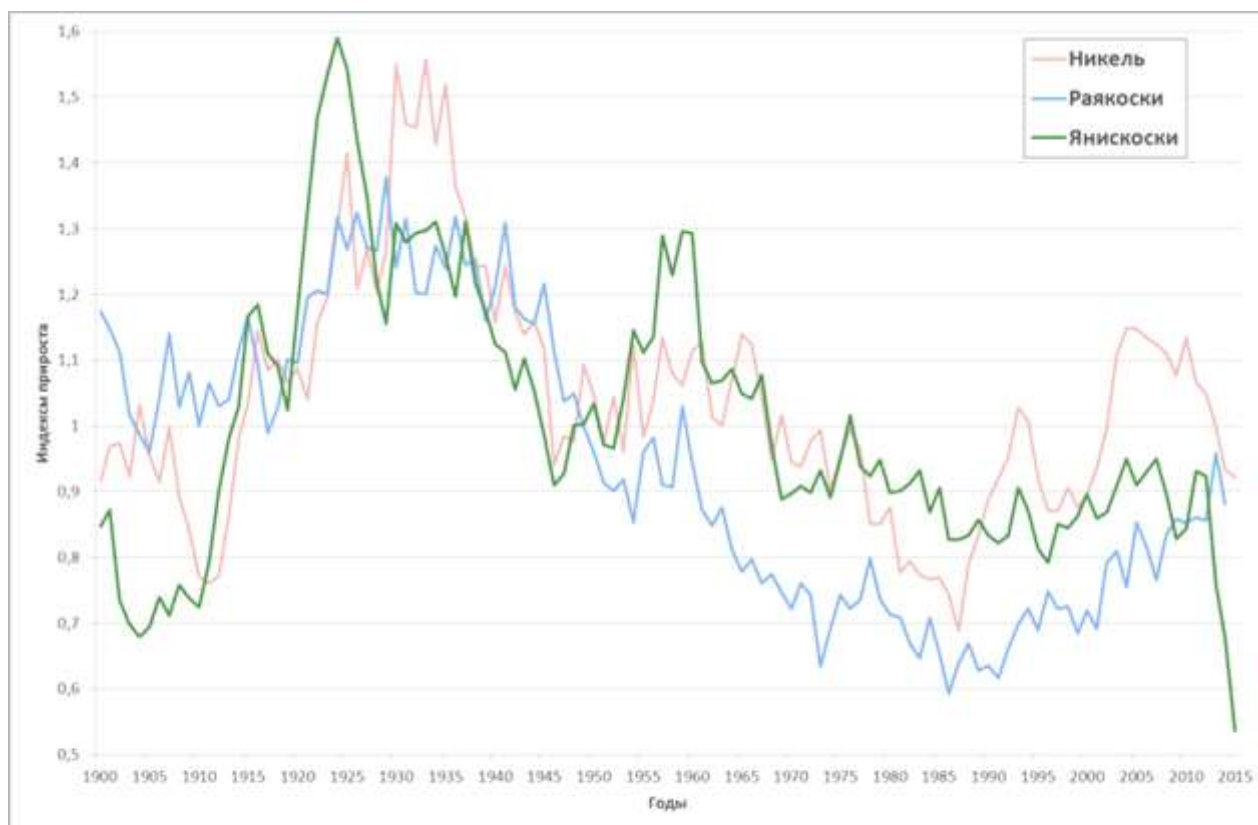


Рисунок 22. График осредненного годичного прироста сосны обыкновенной для окрестностей пгт. Никель, п. Раякоски и п. Янискоски

Таким образом, анализ графиков прироста сосны обыкновенной по 3 районам отбора позволяет говорить об определенном сходстве в их изменении, что можно интерпретировать не иначе, как подчиненность примерно одним и тем же внешним факторам среды, которые в сочетании друг с другом и с локальными особенностями условий произрастания конкретного дерева и дают наблюдаемую картину. Такими факторами могут выступать климатические параметры (температура воздуха, количество осадков), аэротехногенное загрязнение (в данной работе используются объемы выбросов диоксида серы, меди и никеля), изменения общей увлажненности территории (связанные со строительством Каскада ГЭС), периодические рубки леса и пожары и т.д. Однако визуальный анализ довольно примитивен и не может

приниматься как доказательный. Для математической оценки влияния климатических факторов и фактора загрязнения на прирост сосны обыкновенной был проведен корреляционный анализ.

Корреляционный анализ между индексами прироста сосны обыкновенной и климатическими параметрами для исследуемого района позволил установить наличие возможной (коэффициент корреляции в пределах 0,3 – 0,6) положительной связи между данными показателями (см. таблицу 3). Однако значимые значения (уровень значимости $p < 0,05$) были получены лишь для некоторых площадок, при этом наличие связи характерно в основном для годовых температур воздуха и осадков октября предыдущего вегетационного периода. Интересно, что годовые температуры воздуха более влиятельны для окрестностей пгт. Никель (средний коэффициент корреляции составил 0,46), в то время как влияние количества осадков октября (средний коэффициент корреляции 0,34) влиятельно во всем рассматриваемом районе. Именно такая обусловленность прироста вполне очевидна. Район исследований расположен на северном пределе распространения растительности, где температурный фактор, как правило, играет главную роль среди лимитирующих в целом. Осадки октября приходится на конец вегетации, когда годичное кольцо текущего года уже сформировано, соответственно закладывается потенциал для будущего вегетационного сезона, при этом октябрь для рассматриваемой территории характеризуется выпадением осадков из-за развития в это время циклонической деятельности над Баренцевым морем (см. подглаву 1.4). Температурный фактор ярче проявляется в районе пгт. Никель, скорее всего, из-за расчлененного рельефа, а для фоновых территорий, являющихся равнинными, часто заболоченными более значителен фактор увлажнения. Необходимо отметить, что полученные данные говорят лишь о возможной

Таблица 3. Средние значения коэффициентов корреляции между климатическими параметрами и радиальным приростом сосны обыкновенной по дендрохронологическим площадкам для района исследований (уровень значимости $p < 0,05$)

Район	№ площадки	Месяц	Кэфф-т	Район	№ площадки	Месяц	Кэфф-т
			корреляции - тем-ра				корреляции - осадки
Никель	1	август	0,4	Никель	3	апрель	0,33
		год	0,43			октябрь	0,33
	2	год	0,46	23	октябрь	0,32	
	4	октябрь	0,31	Раякоски	14	октябрь	0,35
	7	год	0,47	Янискоски	20	май	0,34
8	год	0,48	октябрь			0,34	
Янискоски	20	апрель	0,28				

связи климатических параметров с годичным приростом сосны обыкновенной и были установлены лишь примерно для 40% исследованных деревьев (в таблицу вошли лишь те значения, которые наблюдались более чем у половины деревьев на каждой площадке). Подобные результаты для Кольского полуострова получались и у других исследователей (Ярмишко, 1997).

Таким образом, корреляционный анализ позволил установить и оценить математически наличие возможной положительной связи между радиальным приростом сосны обыкновенной и климатическими параметрами, а именно годовой температурой воздуха и осадками октября предшествующего года. Каких-либо особенностей в связи с различием типов местоположений (3 типа местоположений: с недостаточным увлажнением (площадки №3, 5, 9, 18, 21 из 23-х), нормально увлажненные и избыточно увлажненные (№6, местами №17 и № 23 из 23-х)) выявить не удалось. В целом полученные результаты не позволяют говорить о том, что климатический фактор играет ведущую роль в годичном приросте деревьев, однако отрицать климатическое влияние невозможно.

Для исследования влияния аэротехногенного загрязнения также проводился корреляционный анализ между индексами прироста сосны обыкновенной и объемами выбросов комбината «Печенганикель» по диоксиду серы, никелю и меди. Полученные результаты довольно противоречивы (см. таблицу 4, в таблицу включены только значимые значения, если они характерны для большинства деревьев на площадке). С одной стороны, были получены высокие коэффициенты корреляции для наиболее подверженной загрязнению территории, – окрестностей пгт. Никель – свидетельствующие о наличии сильной отрицательной связи по диоксиду серы (-0,82), возможной отрицательной связи по никелю (-0,57) и значительной связи по меди (-0,68). С другой стороны, схожие результаты характерны и для территорий, которые можно считать условно фоновыми: для п. Раякоски -0,70, -0,52 -0,62 соответственно, для п. Янискоски -0,69, -0,55, -0,60 соответственно. Данные результаты могут свидетельствовать либо о значительном распространении загрязняющего эффекта даже не территориях, считающихся фоновыми и визуально ненарушенными, либо являются случайным совпадением, т.к. за период 1977 – 2010 гг. большая часть деревьев имеет повышение прироста, а объемы выбросов падают. Стоит отметить ряд особенностей, полученных в результате анализа. Во-первых, связь объемов выбросов с годичным приростом по диоксиду серы гораздо сильнее, чем по меди, и особенно по никелю, что связано с более интенсивным действием и большими объемами выбросов диоксида серы. Несмотря на то, что никеля выпадает в целом больше, чем меди, это более

Таблица 4. Средние значения коэффициентов корреляции между объемами выбросов комбината «Печенганикель» и радиальным приростом сосны обыкновенной по дендрохронологическим площадкам для района исследований (уровень значимости >0,05)

Район	№ площадки	Коэффициент корреляции		
		SO2	Ni	Cu
Никель	1	-0,94	-0,65	-0,78
	2	-0,9	-0,61	-0,75
	3	-0,93	-0,66	-0,71
	4	-0,61	-0,45	-0,51
	5	-0,9	-0,62	-0,78
	6	-0,82	-	-
	7	-0,86	-0,45	-0,7
	8	-0,85	-0,65	-0,79
	9	-0,88	-0,61	-0,64
	10	-0,84	-0,42	-0,66
	11	-0,9	-	-
	16	-0,62	-	-
	17	-0,78	-	-0,63
	23	-0,76	-0,53	-0,57
Раякоски	12	-	-	-
	13	-0,69	-0,62	-0,66
	14	-0,71	-0,53	-0,56
Янискоски	18	-0,69	-0,45	-0,61
	19	-0,7	-	-0,58
	20	-0,8	-0,65	-0,7
	21	-0,67	-	-0,58
	22	-0,55	-	-0,51

инертный загрязнитель, возможно, именно поэтому он дает самые низкие коэффициенты корреляции. Во-вторых, не наблюдается различий в коэффициентах корреляции ни по розе ветров, ни по изменению расстояния от источника загрязнения. В-третьих, дополнительные исследования показали, что в целом коэффициент корреляции по загрязнению не зависит ни от высоты, ни от возраста дерева, но все же наименьшей корреляцией отличались самые молодые деревья (примерно <30 лет) и самые старые в древостое деревья (в зависимости от среднего возраста древостоя это могут быть и старше 200, и старше 250, и старше 100 лет). В-четвертых, тип местоположения также в целом не влияет на степень связи, но отмечается падение коэффициентов корреляции, особенно для тяжелых металлов, на переувлажненных местоположениях, возможно из-за их поглощения моховым покровом.

Таким образом, корреляционный анализ между индексами прироста сосны обыкновенной и объемами выбросов комбината «Печенганикель» позволил выявить устойчивую отрицательную связь между данными параметрами, однако получение аналогичных результатов для условно фоновых территорий ставит достоверность связи

под сомнение и требует дополнительных исследований. Соответственно говорить о том, что фактор загрязнения является ведущим фактором, определяющим прирост на данной территории, пока не представляется возможным.

В связи с неоднозначными результатами корреляционного анализа для установления влияния загрязнения на радиальный прирост сосны обыкновенной в исследуемом районе также было проведено сопоставление погодичных средних приростов дендрохронологических площадок по поколениям деревьев и по выделенным выше (см подглаву 3.2.) территориям с разной интенсивностью трансформации растительности. Для каждой категории территорий (кроме максимальной, где растительность отсутствует) было выделено следующее количество поколений:

- Значительная трансформация – 2 поколения (3 экземпляра, не составляющих одну площадку): 0-40 лет, 40-80 лет;
- Средняя степень трансформации – все 8 поколений: 0-40 лет, 40-80 лет, 80-120 лет, 120-160 лет, 160-200 лет, 200-240 лет, 240-280 лет (1 экземпляр), 280-320 лет (1 экземпляр);
- Незначительная трансформация – 7 поколений: 0-40 лет, 40-80 лет, 80-120 лет, 120-160 лет (1 экземпляр), 160-200 лет, 200-240 лет (1 экземпляр), 240-280 лет (1 экземпляр);
- Фоновые условия (п. Раякоски, п. Янискоски) – 7 поколений: 40-80 лет (1 экземпляр), 80-120 лет, 120-160 лет, 160-200 лет, 200-240 лет, 240-280 лет, 280-320 лет (1 экземпляр).

В целом в окрестностях пгт. Никель преобладают деревья 1 и 2 поколений (до 80 лет), в фоновых районах – 3, 4 и 5 поколений (от 80 до 200 лет). Анализ поколений оказался весьма показательным. Во-первых, четко видно, что леса в окрестностях Никеля гораздо моложе лесов из фоновых условий, экземпляры старше 200 лет сохранились единично, что связано с их интенсивной эксплуатацией на протяжении большей части XX в. В окрестностях поселков Раякоски и Янискоски леса не подвергались такому значительному воздействию, поэтому имеют больший возраст. Во-вторых, само наличие такого большого количества поколений говорит о значительном преобразовании всего рассматриваемого района, что еще раз подтверждает предположение о влиянии рубок и пожаров на динамику лесов в рассматриваемом районе.

При проведении такого анализа мы исходили из предположения, что если загрязнение оказывает влияние на прирост, то в идеале получилось бы превышение

величин приростов в фоновых условиях по сравнению с окрестностями пгт. Никель в 1970 – 1980-е гг., а затем постепенный рост и либо выравнивание всех приростов в 2000-е гг., либо даже превышение в зонах загрязнения в связи с улучшением экологических условий, по сравнению с фоновой территорией. Результирующие графики представлены в Приложении 9. Результаты по 1 (0-40 лет) поколению, неполученному в фоновых условиях, показали, что годичный прирост деревьев в зоне значительной трансформации до 2000-х гг. был ниже, а с н. 2000-х гг. превосходит таковой для остальных зон трансформации, что вполне может свидетельствовать об улучшении экологических условий, на которые более молодые деревья реагируют более ярко. Однако, не имея возможности сравнить его с приростом в фоновых условиях, делать окончательный вывод мы все-таки не можем. Результаты по 2 поколению (40-80 лет) показали, что прирост в зоне значительной трансформации в 1980-е гг. был ниже, чем в фоновых условиях, затем начал возрастать точно так и по таким же значениям, как и прирост в фоновых условиях. Однако в период 1970 – 1980-е гг. значимых различий между приростом в фоновых условиях и остальных зонах трансформации не наблюдалось, а в 2000-е гг. прирост в зонах трансформации даже падает. Опять-таки такое поведение может быть связано с более выраженной реакцией у более молодых деревьев и аккумулятивным эффектом загрязнения для более старых. Что касается 3 поколения (80 – 120 лет), то здесь видно, что при общей тенденции падения прироста в фоновых условиях, в 1970 – 1980-е гг. прирост в фоновых условиях превышает таковой для зон трансформации, а затем становится значительно ниже, что вполне соответствует гипотезе, выдвинутой в начале анализа. Результаты по 4 поколению (120-160 лет) сходны с результатами 3 поколения для периода 1970 – 1980-е гг., далее характер изменения расходится – прирост в зоне средней степени трансформации несколько возрастает по отношению к приросту в фоновых условиях, прирост в зоне незначительной трансформации – падает. Что касается 5 поколения (160-200 лет), то тут результаты также мало показательны, так как различия в приросте в фоновых условиях и на трансформированных территориях (резкое падение последнего по сравнению с фоновым) наблюдается лишь в период 1985 – 1990 гг. Результаты по 6 поколению (200-240 лет) в целом укладываются в установленную гипотезу, т.к. имеет место заметное превышение прироста в фоновых условиях над зонами трансформации в 1970-е – 1980-е гг, затем постепенный рост и выравнивание всех приростов и, наконец, в последние годы даже незначительное превышение прироста в трансформированных условиях над фоном. Результаты по 7 поколению (240-280 лет) показывают сходную динамику. В целом до 1970-х гг. и после 1990 г.

прирост в фоновых условиях ниже прироста в зонах со средней и незначительной степенью трансформации растительности, но на отрезке 1982 – 1993 гг. прирост в фоновых условиях превышает таковой в зонах повреждения. Результаты по 8 поколению (280-320 лет) не стоит принимать во внимание, т.к. всего 2 дерева из 235 исследованных попадают в эту возрастную категорию, однако и здесь можно проследить сходный характер изменения прироста.

Обобщая вышесказанное, установленная в начале исследования гипотеза о динамике в приростах разных поколений в зависимости от экологической обстановки в большинстве случаев подтвердилась. Но все же необходимо заметить, что все они в определенной степени условны, так как не принимаются во внимания различия в конкретных условиях произрастания деревьев и особенностей каждой площадки, влияние климатических факторов, пожаров и рубок. Вообще нужно заметить, что условия произрастания лесов в окрестностях пгт. Никель и в окрестностях поселков Раякоски и Янискоски различны, невозможно найти одинаковых типов лесных ассоциаций. Кроме того, картина динамики и различий довольно нечеткая, проявляется не во всех поколениях. Поэтому полученные результаты по-прежнему не позволяют четко определить – влияет ли загрязнение на прирост или нет.

Заключение

Подведём основные итоги проделанной работы.

Рассматриваемый в данной работе район исследований (северо-запад Кольского полуострова, долина р. Паз, окрестности пгт. Никель) отличается богатой историей и активно осваивался на протяжении не только последних 115 лет, но и нескольких сотен лет. В настоящее время главным фактором преобразования является медно-никелевая металлургия – горно-металлургический комбинат «Печенганикель», основанный в 1945 г. В работе рассмотрен аспект аэротехногенного загрязнения комбинатом окружающей территории. Под влиянием выбросов, основными загрязняющими компонентами которых являются диоксид серы и металлургическая медно-никелевая пыль, происходят различные нарушения в природной среде, в первую очередь в растительности и почвенном покрове, как самых чувствительных компонентах. Нарушения диагностируются по 5 признакам:

1. типы растительных сообществ и особенности их распространения по изученной территории (распространение пустошей и разреженных низкорослых берёзовых криволесий с проективным покрытием трав и кустарничков <10% в северо-восточном, восточном и юго-восточном направлениях от комбината согласно переносу основного потока загрязнителей преобладающими юго-западными ветрами);
2. состав напочвенного покрова (преобладание кустарничков – черники, вороники, брусники – и злаков – луговика извилистого и овсяницы овечьей, т.е. однообразие видового состава, а также отсутствие мхов и лишайников на большей части территории)
3. состояние, внешний вид растительности (разреженность лесов, криволесий, травяно-кустарничкового яруса; низкорослость, суховершинность, искривление, хлороз листьев и хвои)
4. возрастная структура сосновых лесов и их фрагментов (чем дальше от источника загрязнения, тем старше леса; представленность 7 поколений)
5. нарушения почвенного покрова (отсутствие верхнего органогенного горизонта, часто элювиального горизонта, погребение под техногенными грунтами).

Исходя из учёта данных признаков, было высказано предположение о возможном механизме формирования нарушенных ландшафтов в районе исследования – взаимовлияния иссушения растительного покрова и верхних горизонтов почв под влиянием выбросов и учащения пожаров, приводящее к уничтожению растительности

и почв. В настоящее время накопившиеся загрязнители и постоянное выпадение новых могут препятствовать восстановлению растительности или тормозить сукцессионные процессы на наиболее подверженных загрязнению участках. Влияние преобладающих в данной местности юго-западных ветров и преимущественно возвышенный характер восточной части территории приводит к распространению загрязнения в восточном направлении от его источника.

Несмотря на нарушенность, ландшафты района исследований достаточно разнообразны. Характерно преобладание возвышенного рельефа (наивысшая точка района исследований – 631 м) типа «тунтури» (кристаллические массивы возвышенностей на общем цоколе с превышениями >200 м с высотной поясностью) и «вараки» (кристаллические гряды с превышениями <200 м), классическая таёжная схема высотной поясности («лес – криволесье – мохово-кустарничковые сообщества»). Растительные сообщества представлены и скально-тундровыми сообществами, и берёзовыми травяно-кустарничковыми криволесьями, и берёзовыми, сосновыми и смешанными травяно-кустарничковыми лесами и болотами нескольких типов, преобладающими в зависимости от формы рельефа и высотного пояса. Значительна доля преобразованных растительных сообществ – 37% от общей площади исследованной территории (пустоши, гари разной степени зарастания, разреженные низкорослые (до 5 м) берёзовые криволесья с фрагментарным напочвенным покровом). Техногенные формы рельефа (карьеры, шлаковые отвалы, насыпи и т.д.) занимают всего около 2% от общей площади территории. Почвенный покров представлен петрозёмами (на скалистых вершинах), литозёмами, подбурами и подзолами различных типов, в случае нарушений – абразёмами альфегумусовыми.

С учётом признаков нарушения, на основании распространения растительных сообществ и нормализованного вегетационного индекса NDVI по исследованной территории, было проведено разделение территории по интенсивности трансформации растительного покрова. Данная процедура позволила чётко разграничить максимально повреждённые территории (северо-восточные окрестности пгт. Никель и территория к востоку от него) и те, которые могут считаться условно природными (преимущественно, западные окрестности пгт. Никель).

Также была предпринята попытка исследовать аэротехногенное загрязнение через влияние на радиальный прирост сосны обыкновенной с помощью корреляционного анализа между индексами прироста и объёмами выбросов основных загрязнителей. В результате удалось установить наличие значительной отрицательной связи между этими показателями, однако высокие коэффициенты корреляции были

получены не только для кернов, отобранных в окрестностях пгт. Никель, но и на условно фоновых территориях, что ставит результаты анализа под сомнение. Соответственно были проведены дополнительные исследования, заключающиеся в погодичном сопоставлении средних приростов всех встреченных в данном районе поколений сосны обыкновенной по 40-летней ступени отдельно для каждой категории трансформации растительного покрова и в фоновых условиях. При анализе была выдвинута гипотеза: если аэротехногенное загрязнение оказывает влияние на радиальный прирост сосны, следовательно, в 1970 – 1980-е гг. (период наиболее активного использования на комбинате высокосернистой руды из г. Норильск) прирост в фоновых условиях должен превышать прирост в условиях загрязнения, а с 2000-х гг. (отказ от переработки норильской руды и модернизация оборудования комбината – с 2002 г.) будет наблюдаться либо выравнивание обоих приростов, либо даже превышение прироста в загрязнённых условиях над приростом в фоновых условиях. Однако и здесь не было получено однозначных результатов, так как гипотеза подтвердилась лишь у нескольких поколений, у остальных же картина динамики приростов довольно нечёткая. Корреляционный анализ между радиальным приростом и климатическими параметрами (среднегодовая и среднемесячная температура воздуха, месячное и годовое количество осадков) выявил возможную положительную связь с годовыми температурами и количеством осадков октября предыдущего вегетационного периода лишь у 40% исследованных деревьев. То есть нельзя сказать, что климат является главными лимитирующим фактором для роста деревьев в данной местности. Возможно, что такие нечёткие результаты говорят либо о неприемлемости выбранной методики для данного района, либо о более сложной связи факторов, для выявления которой требуются дополнительные, глубокие исследования.

В заключение отмечу, что данные исследования будут продолжены.

Благодарности

Данная работа была выполнена при поддержке, помощи и советах неравнодушных исследователей, которым я выражаю признательность и благодарность. В первую очередь благодарю своего научного руководителя и учителя к.г.н., ассистента кафедры физической географии и ландшафтного планирования ИНоЗ СПбГУ Любовь Александровну Панкратову за терпеливое наставление, ценные советы, отзывчивость и понимание. Также выражаю благодарность:

- преподавателям кафедры физической географии и ландшафтного планирования ИНоЗ СПбГУ к.г.н. Резникову Андрею Ильичу, д.г.н. Лесовой Софье Николаевне, к.г.н. Анисимову Михаилу Александровичу, к.г.н. Сыромятиной Маргарите Владимировне, а также лаборанту кафедры гидрологии суши ИНоЗ СПбГУ Мухановой Марии Владимировне;
- преподавателю кафедры геоэкологии и природопользования ИНоЗ СПбГУ, к.г.н. Афонину Александру Николаевичу;
- коллективу ФГБУ ГПЗ «Пасвик» и лично заместителю директора по научной работе, к.г.н. Поликарповой Наталье Владимировне;
- руководителю Научной лаборатории эволюционной экологии Рязанского государственного университета им. С.А. Есенина, к.б.н. Зацаринному Ивану Викторовичу и студенту 2 курса РГУ им. С.А. Есенина Вадиму Варюхину, а также аспиранту Казанского Федерального Университета Сергею Огурцову.

Список литературы:

1. Алисов Б.П. Климат СССР. М.: Высшая школа, 1969. – 104 с.
2. Арсланов Х.А., Кошечкин Б.И., Чернов Б.С. Абсолютная хронология осадков поздне- и послеледниковых морских бассейнов на Кольском п-ове // Вестник Ленинградского ун-та, 1974, № 12, С. 132 – 138.
3. Атлас Мурманской области. М., 1971. – 46 с.
4. Белов Н.П., Барановская А.В. Почвы Мурманской области /АН СССР. Кольский филиал им. С.М. Кирова. Полярно-Альпийский ботан. сад. - Ленинград: Наука. Ленингр. отд-ние, 1969. – 147 с.
5. Ваганов Е.А., Круглов В.Б., Васильев В.Г. Дендрохронология. Учебное пособие // Красноярск: Издательство Сибирского федерального университета, 2008. – 200 с.
6. Влияние промышленного атмосферного загрязнения на сосновые леса Кольского полуострова /[В.Т. Ярмишко, И.Ю. Баккал, Г.П. Меньшикова и др.]; Под ред. Б.Н. Норина, В.Т. Ярмишко АН СССР. Ботан. ин-т им. В.Л. Комарова. – Л.: БИН, 1990. – 195 с.
7. Генеральный план городского поселения Никель Печенгского района Мурманской области. Пояснительная записка. Положение о территориальном планировании. 2012. – 25 с.
8. Геологическая карта СССР масштаба 1:200 000 лист R-35-XXIV/R-36-XIX, XX (Серия Кольская). Ред.: Н.А. Курылева. Авторы: А.А. Миндлина, Э.И. Сергеева. Госгеолтехиздат, 1962 – 1 лист
9. Геологическая карта СССР масштаба 1:200 000 лист R-35-XXIX, XXX (Серия Кольская). Ред.: Г.Т. Макеенко. Авторы: Л.И. Увадьев. Госгеолтехиздат, 1962 – 1 лист
10. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:1000000 (третье поколение). Лист R-(35), 36 – Мурманск. Объяснительная записка. СПб, Изд-во ВСЕГЕИ, 2007.
11. Дендрохронология: учебное пособие / С.М. Матвеев, Д.М. Румянцев; М-во образования и науки РФ, ФГБОУ ВПО «ВГЛТА» – 2-е изд., перераб. и доп. – Воронеж, 2013 – 140 с.
12. Дендрэкология (методика древесно-кольцевого анализа) / Д.В. Тишин. – Казань: Казанский университет, 2011. – 33 с.

13. Исаченко Г.А. Методы полевых ландшафтных исследований и ландшафтно-экологическое картографирование. СПб: Изд-во Санкт-Петербургского ун-та. 1999.
14. Казакова О.Н. Ландшафтное районирование Мурманской области // Северо-Запад европейской части СССР / Ленинградский гос. ун-т им. А. А. Жданова; [отв. ред. А. И. Зубков]. - Л.: Изд-во ЛГУ, 1972 - Вып. 8. - Л., 1972. - 204 с.
15. Классификационные типологические схемы лесов и лесорастительное районирование Мурманской области /Арханг. ин-т леса и лесохимии. - Архангельск: Арханг. ин-т леса и лесохимии, 1979. – 35 с.
16. Кольская горно-металлургическая компания (промышленные площадки «Никель» и «Заполярный»): влияние на наземные экосистемы / Под общ. ред. О.А. Хлебосоловой. Рязань: НП «Голос губернии», 2012. – 92 с.
17. Комбинат "Печенганикель" в документах (1945-1990) : документы и материалы /Федер. арх. агентство, Рос. гос. арх. экономики; [сост.: Клишас А.А. (отв. сост.) и др.] под ред. д.ю.н. А.А. Клишаса. – Москва: Современная экономика и право, 2008. - 599 с.
18. Костина В.А. Флора заповедника "Пасвик: Сосудистые растения/Рос. акад. наук. Кол. науч. центр. Поляр. - альп. ботан. сад-ин-т.... – Апатиты: КНЦ РАН, 1995. – 48 с.
19. Ларькова М.С. Особенности освоения российской части бассейна реки Патсойоки (Паз) в XX веке // Вестник МГОУ. Серия «Естественные науки», 2012. №1. С. 90 – 96
20. Ларькова М.С., Хлебосолова О.А. Этапы освоения бассейна реки Паз во взаимосвязи с типами природопользования (от древних времён до начала XX века) // Вестник МГОУ. Серия «Естественные науки», 2012. №3. С. 102 – 108
21. Лукина Н. В. Техногенные дигрессии и восстановительные сукцессии в северотаежных лесах / Н.В. Лукина, Т.А. Сухарева, Л.Г. Исаева; [Рос. акад. наук и др.]. – Москва: Наука, 2005. – 244 с.
22. Макарова Т.Д. Зональные и региональные факторы изменения экосистем Кольского Севера в условиях антропогенного загрязнения // Эколого-географические проблемы Кольского Севера: Сб. науч. тр. /Рос. акад. наук. Кол. науч. центр им. С.М. Кирова, Ин-т пробл. пром. экологии Севера; [Ред. Г.В. Калабин, Т.Д. Макарова]. – Апатиты: КНЦ РАН, 1992. – С. 15 – 25
23. Медно-никелевые месторождения Печенги. (Отв. редактор Н.П. Лаверов) – М.: Геос, 1999. – 236 с. (Тр. ин-та ИГЕМ РАН. Новая серия. Вып. 2)

24. Мэннинг У.Д. Биомониторинг загрязнения атмосферы с помощью растений/Пер. с англ. Т.А. Головиной, Л.Ф. Сальникова; Под ред. Л.М. Филипповой. – Л.: Гидрометеиздат, 1985. – 143 с.
25. Мюльгаузен Д.С., Панкратова Л.А. Государственный природный заповедник "Пасвик" (Мурманская область) // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований (INTERNATIONAL JOURNAL OF APPLIED AND FUNDAMENTAL RESEARCH), 2013. — № 10, часть 1. — С. 89 – 91
26. Мюльгаузен Д.С., Панкратова Л.А. Проблема аэротехногенного загрязнения окрестностей посёлка Никель (Мурманская область) // Материалы IX Международной экологической Школы-конференции в усадьбе "Сергиевка" - памятнике природного и культурного наследия. "Сохранение природной среды и оптимизация её использования в Балтийском регионе", 2014. — С. 257 - 265
27. Научно-прикладной справочник по климату СССР. Серия 3. Многолетние данные. Части 1 – 6. Выпуск 2. Мурманская область. Л.: Гидрометиздат, 1988. – 320 с.
28. Никонов В.В., Переверзев В.Н. Почвообразование в Кольской Субарктике. – Л.: Наука, 1989. 168 с.
29. Объяснительная записка к Геологической карте СССР масштаба 1:200 000 лист R-35-XXIX, XXX / [Сост.: Л.И. Увадьев; Ред.: Г.Т. Макеенко]. – Москва: Гос. науч. - тех. изд-во лит-ры по геологии и охране недр, 1963. – 75 с.
30. Особо охраняемые природные территории Мурманской области: информ. материал / Упр. природ. ресурсов и охраны окружающей среды МПР России по Мурман. обл., Кол. науч. центр Рос. акад. наук, Гос. природ. заповедник «Пасвик». – 2-е изд., испр. и доп. – Мурманск: КНЦ РАН; Апатиты. 2003. – 72 с.
31. Печенга: опыт краеведческой энциклопедии /авт.-сост. В.А. Мацак. - Мурманск: Доброхот Добросмысл, 2005. – 1006 с.
32. План действий для охраны природы и устойчивого природного туризма в регионе Пасвик-Инари, 2008. – 81 с.
33. Пожиленко В.И., Гавриленко Б.В., Жиров Д.В., Жабин С.В. Геология рудных районов Мурманской области – Апатиты: Изд. Кольского научного центра РАН, 2002. – 359 с.
34. Полевой определитель почв. – М.: Почвенный ин-т им. В.В. Докучаева, 2008. – 182 с.
35. Пояснительная записка к «Разработке градостроительной документации территориального планирования и Правил землепользования и застройки

- муниципального образования городское поселение Никель Печенгского района Мурманской области». Обоснование генерального плана. 2009. – 199 с.
36. Программа «Пасвик». Общий отчет 2008. Ювяскюля: Корііууä Оу, 2008. – 24 с.
37. Птицы Пасвика /Е.И. Хлебосолов, О.А. Макарова, О.А. Хлебосолова [и др.]. – Рязань: Голос губернии, 2007. – 175 с.
38. Раткин Н.Е. Сравнительная оценка накопления и интенсивности атмосферного выпадения сульфатов, никеля и меди в различных формах рельефа // Эколого-географические проблемы Кольского Севера: Сб. науч. тр. / Рос. акад. наук. Кол. науч. центр, Ин-т пробл. пром. экологии Севера; [Отв. ред. д.т.н., проф. Г.В. Калабин]. - Апатиты: Кольс. науч. центр РАН, 1999. – С 89 – 95
39. Шиятов С.Г., Ваганов Е.А., Кирдянов А.В., Круглов В.Б., Мазепа В.С., Наурзбаев М.М., Хантемиров Р.М. Методы дендрохронологии. Часть I. Сбор и получение древесно-кольцевой информации: Учебно-методич. пособие. Красноярск: КрасГУ, 2000. – 80 с.
40. Экологическое состояние озера Куэтсъярви и прилегающих территорий. Санкт-Петербург, 2003. – 144 с.
41. Ярмишко. В.Т. Сосна обыкновенная и атмосферное загрязнение на европейском Севере/В.Т. Ярмишко: Рос. акад. наук, Ботан. ин-т им. В.Л. Комарова. – СПб.: Изд-во Науч. – исслед. ин-та химии, 1997. – 210 с.
42. Miulgauzen D. S., Pankratova L. A. The problem of aerotechnogenic pollution in urban settlement Nickel (Murmansk region) // EUROPEAN SCIENCE REVIEW, 2015. — № 11-12. — P. 6-7
43. State of the Environment in the Norwegian, Finnish and Russian Border Area. Editors: K. Stebel, G. Christinsen, J. Derome, I.Grekela // The Finnish Environmnt. – Rovaniemi, 2007. — №6 — 98p.
44. Speer James H. Fundamentals of Tree-Ring Research. Tucson, Arizona: University of Arizona Press, 2010. – 368 pp.

Сайтография:

45. <http://pasvik51.ru/> – Официальный сайт ГПЗ «Пасвик»
46. <http://www.kolagmk.ru/> – Официальный сайт ОАО «Кольская ГМК»
47. <http://www.nornik.ru/> – Официальный сайт ПАО «ГМК «Норильский Никель»
48. <http://www.pasvik-inari.net/neu/rus/main.html> – Официальный сайт Трёхстороннего парка Пасвик-Инари

49. <http://www.tgc1.ru/> – Официальный сайт ОАО «ТГК-1»
50. <http://gis-lab.info/> – NDVI: теория и практика, официальный сайт сообщества GIS-Lab
51. <http://www.pasvikmonitoring.org/indrus.html> - Официальный сайт программы «Пасвик»
52. <http://meteo.ru/> - Официальный сайт ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД»
53. www.earthexplorer.usgs.gov – Портал спутниковых снимков Геологической службы США (in English)

Приложения

Приложение 1. Бланк-описание геокомплексов (вверху – лицевая сторона, внизу – оборотная сторона)

	Прочие прили (вспышки, новообразования)		
	Граница		
	Перегород		
	Корни		
	Влажность		
	Плотность		
	Структура		
	Характер извилистости		
	Щебнистость %%		
	Мел. состав		
	Цвет		
	Генетический горизонт		
	До, см		
Нижняя почва	От, см		

Бланк-анкетное геоопределение

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
 Факультет географии и геоэкологии. Кафедра физической географии и ландшафтного планирования

Инициал геокомплекса Инициал описания

Исследователь _____ Дата и время _____
 Ландшафтный район _____

Название анкетного геокомплекса _____

Вакуумное состояние _____

Местонахождение	Высота	абс.
	от	отм.

Рельеф

Крупная	Мезо-
Осложнения	Микро- и мезо-

Коронные породы _____

Четвертичные отложения: _____

Состав верхнего метрового слоя _____

Родные выработки _____
 Характер усадки/набухания _____
 Антропогенная трансформация геокомплекса _____

Хозяйственная деятельность в период описания _____

Распределение сообщества							
№	Вид	Числ. о.	Выс., м	Мощн. баллы	ПП, %	Фено-фаза	Прим.
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							
16							
17							
18							
19							
20							
21							
22							
23							
24							
25							
26							
27							
28							
29							
30							
31							
32							
33							
34							
35							
36							
37							
38							
39							
40							
41							
42							
43							
44							
45							
46							

№	Вид	Числ. о.	Выс., м	Мощн. баллы	ПП, %	Фено-фаза	Прим.
47							
48							
49							
50							
51							
52							
53							
54							
55							
56							
57							

И ср, м	Низ, м	ПП %	Состав по высоте	Соотношение (0/100)
Древостой				
в т.ч. I ярус				
II ярус				
Подстил				Мел. Густ.
Кустарник				
ТКС				

МПП: ПП, % _____ в т.ч. зап. оконтр. _____ мезоконтр. _____ сфагн. _____ мочков.

Плотность: ПП, % _____ Состав _____

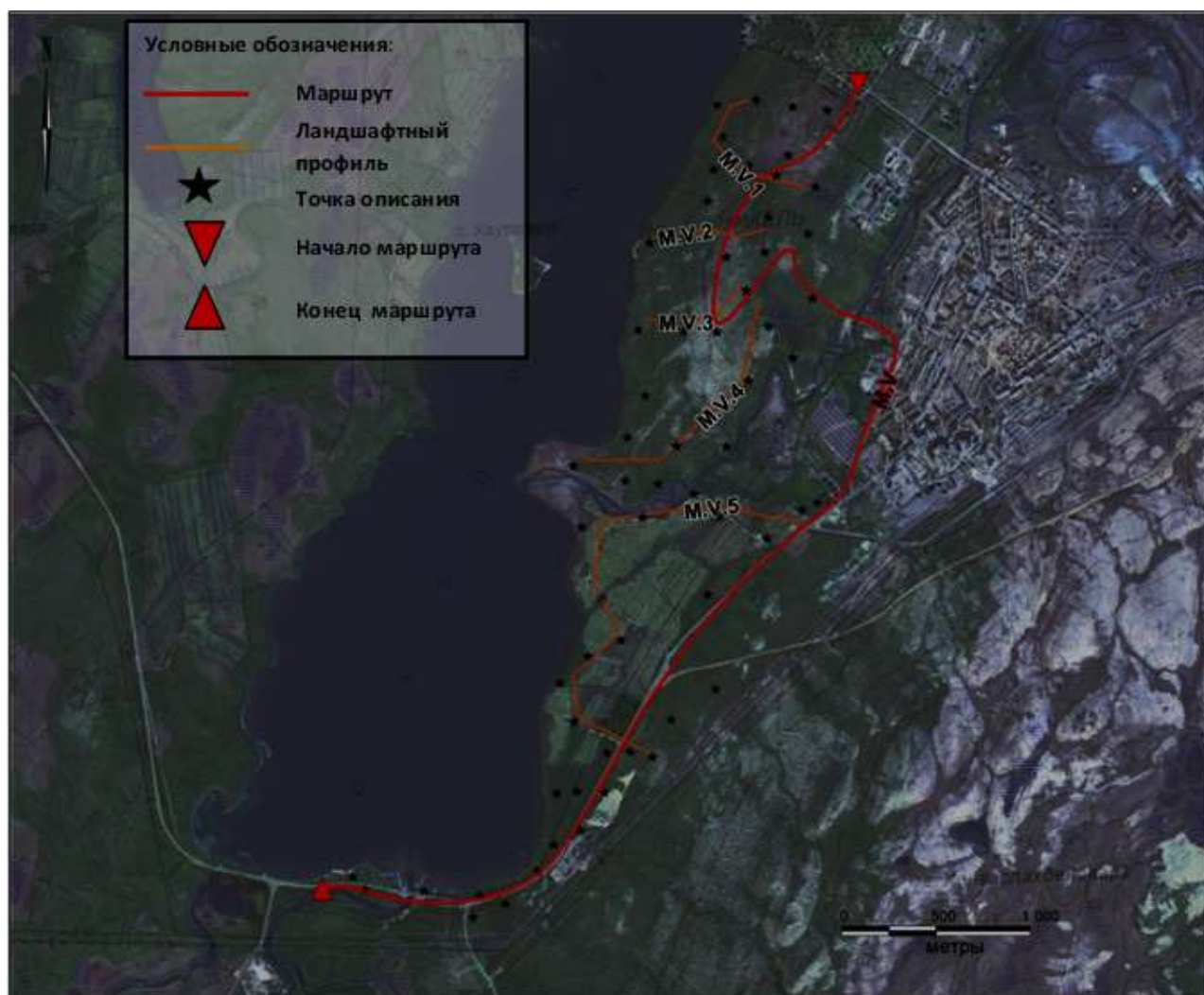
Примечания _____
 Характеристика вакуумфациальной структуры _____

Схема горизонтальной структуры _____ Условные обозначения _____

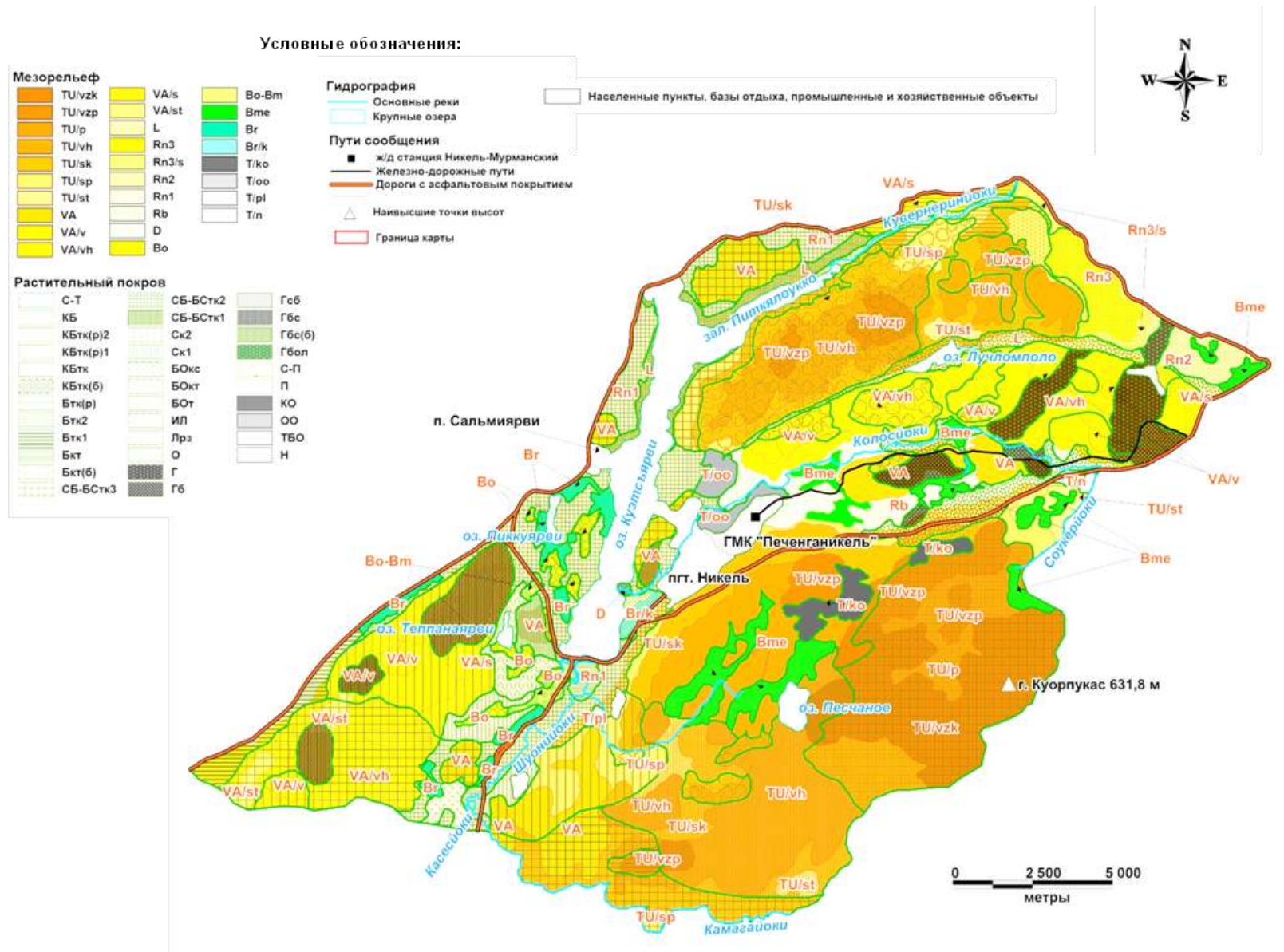
+	+	+	+	+
+	+	+	+	+
+	+	+	+	+
+	+	+	+	+
+	+	+	+	+

Др. характеристика геокомплекса _____

Приложение 2. Пример маршрута ландшафтного описания (маршрут М.5 Юго-западные окрестности пгт. Никель вдоль оз. Куэтсьярви)



Приложение 3. Ландшафтная карта окрестностей пгт. Никель (масштаб 1:50 000)



Приложение 4. Легенда ландшафтной карты окрестностей посёлка «Никель»

(масштаб 1:50 000)

Индекс	Название местоположения (форма мезорельефа, высотный пояс ³)	Почвообразующие породы верхнего метрового слоя (состав, генезис)	Многолетнее состояние		
			Индекс	Растительное сообщество (тип ассоциации)	Почва (по 2004 г.) ⁴
1. Местоположения с четко выраженными точками, линиями и гранями рельефа (вершины, склоны с превышениями более 40 м, ступени, ложбины), как правило, хорошо дренируемые					
(TU) Крупные массивы возвышенностей на общем цоколе с превышениями >200 м («тунтури»), с многочисленными скальными выходами, часто расчлененные долинами ручьев, внутренне дифференцированные по условиям дренажа и мощности четвертичных отложений					
TU/vzk	Отдельные крупные возвышенности с крутыми склонами (15-35°), заостренными вершинами, со скальными выходами и обрывами (<i>пояс лесотундры, пояс тундры</i>)	Коренные породы, (магматический, метаморфический), элюво-делювий коренных пород (денудационный)	С-Т	Чередование тундровых мохово-кустарничковых группировок (возможно мохово-лишайниковых) со скальными поверхностями	Петроземы, литоземы (различные типы), подбуры
			П	Пустошь, пресекаемая долинами ручьев с березовым криволесьем кустарничково-травяным	
			КБтк	Березовое криволесье травяно-кустарничковое	
TU/vzp	Отдельные крупные возвышенности с крутыми (15-35°) и среднекрутыми (8-15°) склонами, плоскими вершинами, со скальными выходами и обрывами (<i>пояс</i>	Коренные породы, (магматический, метаморфический), элюво-делювий коренных пород (денудационный)	С-Т	Чередование тундровых мохово-кустарничковых группировок (возможно мохово-лишайниковых) со скальными поверхностями	Петроземы, литоземы (различные типы), подбуры

³ Пояса перечисляются в порядке уменьшения занимаемой в пределах местоположения площади

⁴ По Полевой определитель почв, 2008

	<p><i>тундры, пояс лесотундры, лесной (северотаежный) пояс)</i></p>		<p>С-П</p>	<p>Пустошь с обильными скальными поверхностями, по долинам ручьев – березовое криволесье кустарничково-травяное</p>	
			<p>П</p>	<p>Пустошь, пресекаемая долинами ручьев с березовым криволесьем кустарничково-травяным</p>	
			<p>КБтк</p>	<p>Березовое криволесье травяно-кустарничковое</p>	
			<p>Бтк2</p>	<p>Березовый травяно-кустарничковый лес (на возвышенностях)</p>	
<p>TU/p</p>	<p>Пологонаклонное (до 8°) понижение между крупными возвышенностями в пределах тунтури, местами переувлажненное, с отдельными скальными выходами и долинами ручьев (<i>пояс тундры</i>)</p>	<p>Коренные породы (магматический, метаморфический), элюво-делювий коренных пород (денудационный), щебнистые супеси (ледниковый), торф (органогенный)</p>	<p>С-Т</p>	<p>Чередование тундровых мохово-кустарничковых группировок (возможно мохово-лишайниковых) со скальными поверхностями, местами заболочено</p>	<p>Петроземы, литоземы, подбуры и их оторфованные типы, торфяные?</p>
<p>TU/vh</p>	<p>Верхняя холмистая часть: чередование вершин, иногда со скальными выходами, и понижений, местами переувлажненных, долины ручьев (<i>лесной</i>)</p>	<p>Коренные породы (магматический, метаморфический), элюво-делювий коренных пород (денудационный), щебнистые супеси (ледниковый), торф (органогенный)</p>	<p>С-Т</p>	<p>Чередование тундровых мохово-кустарничковых группировок (возможно мохово-лишайниковых) со скальными поверхностями</p>	<p>Петроземы, литоземы (различные типы), подбуры, подзолы, абраземы альфегумусовые? местами</p>

	<i>(северотаежный) пояс, пояс лесотундры, пояс тундры)</i>			С-П	Пустошь с обильными скальными поверхностями, по долинам ручьев – березовое криволесье кустарничково-травяное	торфяные?
				П	Пустошь, пресекаемая долинами ручьев с березовым криволесьем кустарничково-травяным	
				КБ	Низкорослое березовое разреженное криволесье (кустарничковое, в основном ТКЯ<10%)	
				КБтк	Березовое криволесье травяно-кустарничковое	
				СБ-БСтк3	Сосново-березовый или березово-сосновый травяно-кустарничковый лес (на возвышенностях)	
				Ск2	Сосновый, частично березово-сосновый (травяно-) кустарничковый лес, местами разреженный (на	

				возвышенностях)		
TU/s	Волнистые, местами ступенчатые склоны средней крутизны (8-15°) с редкими скальными выходами, долинами ручьев (лесной (северотаежный) пояс, пояс лесотундры, пояс тундры)	Коренные породы (магматический, метаморфический), делювий коренных пород (денудационный), щебнистые супеси (ледниковый)	С-Т	Чередование тундровых мохово-кустарничковых группировок (возможно мохово-лишайниковых) со скальными поверхностями	Петроземы, литоземы (различные типы), подбуры, подзолы, абраземы альфегумусовые?	
			С-П	Пустошь с обильными скальными поверхностями, по долинам ручьев – березовое криволесье кустарничково-травяное		
			П	Пустошь, пресекаемая долинами ручьев с березовым криволесьем кустарничково-травяным		
			КБ	Низкорослое березовое разреженное криволесье (кустарничковое, в основном ТКЯ<10%)		
			КБтк(б)	Низкорослое разреженное березовое криволесье травяно-кустарничковое, у рек и крупных ручьев заболоченное		Литоземы (различные типы), подбуры, подзолы, абраземы альфегумусовые?, торфяные?
			КБтк	Березовое криволесье травяно-кустарничковое		Литоземы (различные типы), подбуры,

			КБтк(р)2	Разреженное березовое криволесье с фрагментарным травяно-кустарничковым покровом (ТКЯ 30-40%) (на возвышенностях)	подзолы, абраземы альфегумусовые?
			Бтк2	Березовый травяно-кустарничковый лес (на возвышенностях)	Литоземы (различные типы), подбуры, подзолы
			СБ-Бстк3	Сосново-березовый или березово-сосновый травяно-кустарничковый лес (на возвышенностях)	
			Ск2	Сосновый, частично березово-сосновый (травяно-) кустарничковый лес, местами разреженный (на возвышенностях)	
TU/sp	Волнистые покатые (4-8°) склоны с долинами ручьев (лесной (северотаежный) пояс, пояс лесотундры, пояс тундры)	Делювий коренных пород (денудационный), щебнистые супеси (ледниковый)	С-Т	Чередование тундровых мохово-кустарничковых группировок (возможно мохово-лишайниковых) со скальными поверхностями	Литоземы (различные типы), подбуры, подзолы, абраземы альфегумусовые?
			П	Пустошь, пресекаемая долинами ручьев с березовым криволесьем кустарничково-травяным	

			Гб	Зарастающая гарь березовая (ТКЯ<10%)	
			КБтк(б)	Низкорослое разреженное березовое криволесье травяно-кустарничковое, у рек и крупных ручьев заболоченное	Литоземы (различные типы), подбуры, подзолы, абраземы альфегумусовые?, торфяные?
			КБтк(р)2	Разреженное березовое криволесье с фрагментарным травяно-кустарничковым покровом (ТКЯ 30-40%) (на возвышенностях)	Литоземы (различные типы), подбуры, подзолы, абраземы альфегумусовые?
			Бтк2	Березовый травяно-кустарничковый лес (на возвышенностях)	Литоземы (различные типы), подбуры, подзолы
			СБ-БСтк2⁵	Сосново-березовый или березово-сосновый травяно-кустарничковый лес (на равнинах)	
			СБ-БСтк3	Сосново-березовый или березово-сосновый травяно-кустарничковый лес (на возвышен-	

⁵ На покатых склонах могут встречаться равнинные сообщества

				ностях)	
			Ск2	Сосновый, частично березово-сосновый (травяно-) кустарничковый лес, местами разреженный (на возвышенностях)	
TU/st	Пологонаклонные ступени (до 5°) на склонах, местами переувлажненные (пояс лесотундры, пояс тундры, лесной (северотаежный) пояс)	Делювий коренных пород (денудационный), щебнистые супеси (ледниковый), торф (органогенный)	П	Пустошь, пресекаемая долинами ручьев с березовым криволесьем кустарничково-травяным	Литоземы, подбуры, подзолы (оторфованные типы), торфяные?
			КБ	Низкорослое березовое разреженное криволесье (кустарничковое, в основном ТКЯ<10%)	
			КБтк	Березовое криволесье травяно-кустарничковое	
(Va) Кристаллические гряды с превышениями <200 м («варак»), с многочисленными скальными выходами, часто расчлененные долинами ручьев, внутренне дифференцированные по условиям дренажа и мощности четвертичных отложений					
Va	Отдельные небольшие варак с редкими скальными выходами и склонами разной крутизны (до 15°) (лесной (северотаежный) пояс, пояс лесотундры)	Коренные породы, (магматический, метаморфический), элюво-делювий коренных пород (денудационный), щебнистые супеси (ледниковый)	С-П	Пустошь с обильными скальными поверхностями, по долинам ручьев – березовое криволесье кустарничково-травяное	Петроземы, литоземы (различные типы), подбуры, подзолы, абраземы альфегумусовые?
			П	Пустошь, пресекаемая долинами ручьев с березовым	

				криволесьем кустарничково-травяным	
			Гб	Зарастающая гарь с единичными березами (травяно-кустарничковое, ТКЯ<10%)	
			Гбс(б)	Зарастающая гарь березово-сосновая травяно-кустарничковая, местами заболоченная	Петроземы, литоземы (различные типы), подбуры, подзолы, абраземы альфегумусовые?, торфяные?
			КБтк(р)2	Разреженное березовое криволесье с фрагментарным травяно-кустарничковым покровом (ТКЯ 30-40%) (на возвышенностях)	Петроземы, литоземы (различные типы), подбуры, подзолы, абраземы альфегумусовые?
			СБ-БСтк3	Сосново-березовый или березово-сосновый травяно-кустарничковый лес (на возвышенностях)	Петроземы, литоземы (различные типы), подбуры, подзолы
			Ск2	Сосновый, частично березово-сосновый (травяно-) кустарничковый лес, местами	

V A/v	Отдельные крупные вершины, местами со скальными выходами (<i>лесной (северотаежный) пояс, пояс лесотундры</i>)	Коренные породы, (магматический, метаморфический), элюво-делювий коренных пород (денудационный)		разреженный (на возвышенностях)	
			С-П	Пустошь с обильными скальными поверхностями, по долинам ручьев – березовое криволесье кустарничково-травяное	Петроземы, литоземы (различные типы), подбуры
			П	Пустошь, пресекаемая долинами ручьев с березовым криволесьем кустарничково-травяным	
			Гбс	Зарастающая гарь березово-сосновая травяно-кустарничковая	
			КБ	Низкорослое березовое разреженное криволесье (кустарничковое, в основном ТКЯ<10%)	
			Ск2	Сосновый, частично березово-сосновый (травяно-) кустарничковый лес, местами разреженный (на возвышенностях)	Литоземы (различные типы), подбуры

VA/vh	Верхняя холмистая часть: чередование вершин, местами со скальными выходами, и понижений, часто переувлажненных, долины ручьев (лесной (северотаежный) пояс, пояс лесотундры)	Коренные породы (магматический, метаморфический), элюво-делювий коренных пород (денудационный), щебнистые супеси (ледниковый), торф (органогенный)	С-П	Пустошь с обильными скальными поверхностями, по долинам ручьев – березовое криволесье кустарничково-травяное	Петроземы, литоземы (различные типы), подбуры, подзолы и их оторфованные типы, торфяные?
			П	Пустошь, пресекаемая долинами ручьев с березовым криволесьем кустарничково-травяным	
			Г	Гарь с единичными горельми березами	
			Гб	Зарастающая гарь с единичными березами (травяно-кустарничковое, ТКЯ<10%)	
			Гбс	Зарастающая гарь березово-сосновая травяно-кустарничковая	
			КБ	Низкорослое березовое разреженное криволесье (кустарничковое, в основном ТКЯ<10%)	
			СБ-БСтк3	Сосново-березовый или березово-сосновый травяно-кустарничковый лес (на возвышенностях)	

			Ск2	Сосновый, частично березово-сосновый (травяно-) кустарничковый лес, местами разреженный (на возвышенностях)	
VAs	Волнистые, местами ступенчатые склоны разной крутизны (до 15°) с редкими скальными выходами, долинами ручьев (лесной (северотаежный) пояс, пояс лесотундры)	Коренные породы (магматический, метаморфический), делювий коренных пород (денудационный), щебнистые супеси (ледниковый)	С-П	Пустошь с обильными скальными поверхностями, по долинам ручьев – березовое криволесье кустарничково-травяное	Литоземы (различные типы), подбуры, подзолы, абраземы альфегумусовые?
			Г	Гарь с единичными горелыми березами	
			Гбс	Зарастающая гарь березово-сосновая травяно-кустарничковая	
			КБ	Низкорослое березовое разреженное криволесье (кустарничковое, в основном ТКЯ<10%)	
			КБтк(р)1	Разреженное березовое криволесье с фрагментарным травяно-кустарничковым покровом (ТКЯ 30-40%) (на равнинах)	

			КБтк(б)	Низкорослое разреженное березовое криволесье травяно-кустарничковое, у рек и крупных ручьев заболоченное	Литоземы (различные типы), подбуры, подзолы, абраземы альфегумусовые?
			Бтк	Березовый травяно-кустарничковый лес	
			СБ-БСтк3	Сосново-березовый или березово-сосновый травяно-кустарничковый лес (на возвышенностях)	
			Ск2	Сосновый, частично березово-сосновый (травяно-) кустарничковый лес, местами разреженный (на возвышенностях)	
VA/st	Пологонаклонные ступени (до 5°) на склонах, местами переувлажненные (лесной (северотаежный) пояс)	Делювий коренных пород (денудационный), щебнистые супеси (ледниковый), торф (органогенный)	Гбс	Зарастающая гарь березово-сосновая травяно-кустарничковая	Литоземы (различные типы), подбуры, подзолы, их оторфованные подтипы, абраземы альфегумусовые? торфяные?
			СБ-БСтк3	Сосново-березовый или березово-сосновый травяно-кустарничковый лес (на	Литоземы (различные типы), подбуры, подзолы, их оторфованные

				возвышенностях)	подтипы, торфяные?
			Ск2	Сосновый, частично березово-сосновый (травяно-) кустарничковый лес, местами разреженный (на возвышенностях)	
L	Ложбины между склонами крупных возвышенностей (тунтури, варок), местами переувлажненные, часто занятые озерами (<i>лесной (северотаежный) пояс, пояс лесотундры</i>)	Делювий коренных пород (денудационный), щебнистые супеси и суглинки (ледниковый), торф (органогенный)	КБтк(б)	Низкорослое разреженное березовое криволесье травяно-кустарничковое, у рек и крупных ручьев заболоченное	Подбуры, подзолы, их оторфованные подтипы, торфяные?
			Бкт	Разреженный березовый кустарничково-травяный лес, местами заболоченный	
			СБ-БСтк1	Сосново-березовый или березово-сосновый травяно-кустарничковый лес (в ложбинах)	
2. Местоположения с нечетко выраженными точками и гранями рельефа и превышениями в среднем до 40 м; естественно дренируемые, с периодическим переувлажнением					
Rn3	Волнистые пологонаклонные (до 5°) равнины, местами переувлажненные, с отдельными небольшими холмами с превышениями до 20 м (верхние) (<i>пояс лесотундры</i>)	Делювий коренных пород (денудационный), щебнистые супеси (ледниковый), торф (органогенный)	КБтк(р)1	Разреженное березовое криволесье с фрагментарным травяно-кустарничковым покровом (ТКЯ 30-40%) (на равнинах)	Подбуры, подзолы, их оторфованные подтипы, абраземы альфегумусовые?, торфяные?

Rn3/s	Волнистые пологие склоны (до 8°) приподнятых равнин (<i>пояс лесотундры, лесной (северотаежный) пояс</i>)	Щебнистые супеси (ледниковый)	КБтк(р)1	Разреженное березовое криволесье с фрагментарным травяно-кустарничковым покровом (ТКЯ 30-40%) (на равнинах)	Подбуры, подзолы, абраземы альфегумусовые?
			Бтк(р)	Разреженный березовый травяно-кустарничковый лес	
Rn2	Волнистые пологонаклонные равнины, местами переувлажненные, с отдельными небольшими холмами с превышениями до 20 м (промежуточные) (<i>пояс лесотундры, лесной (северотаежный) пояс</i>)	Щебнистые супеси и суглинки (ледниковый), торф (органогенный)	Г	Гарь с единичными горелыми березами	Подбуры, подзолы, их оторфованные подтипы, абраземы альфегумусовые?, торфяные?
			КБтк(р)1	Разреженное березовое криволесье с фрагментарным травяно-кустарничковым покровом (ТКЯ 30-40%) (на равнинах)	
Rn1	Волнистые пологонаклонные равнины, местами переувлажненные, с отдельными небольшими холмами с превышениями до 20 м (нижние) (<i>лесной (северотаежный) пояс, пояс лесотундры</i>)	Щебнистые супеси и суглинки (ледниковый), торф (органогенный)	П	Пустошь, пресекаемая долинами ручьев с березовым криволесьем кустарничково-травяным	Подбуры, подзолы, их оторфованные подтипы, абраземы альфегумусовые?, торфяные?
			Гб	Зарастающая гарь с единичными березами (травяно-кустарничковое, ТКЯ<10%)	

			Гб(б)	Зарастающая гарь березово-сосновая травяно-кустарничковая, местами заболоченная	
			Бкт	Березовый кустарничково-травяный лес с примесью ивы и ольхи	Подбуры, подзолы, их оторфованные подтипы, торфяные?
			Бкт(б)	Разреженный березовый кустарничково-травяный лес, местами заболоченный	
			Бтк1	Березовый травяно-кустарничковый лес (на равнинах)	Подбуры, подзолы, их оторфованные подтипы, торфяные?
			СБ-БСтк2	Сосново-березовый или березово-сосновый травяно-кустарничковый лес (на равнинах)	
			Ск1	Сосновый, частично березово-сосновый (травяно-) кустарничковый лес (на равнинах)	
			Лрз	Луг разнотравно-злаковый	Серогумусовая?
			О	Огороды, местами разнотравно-злаковые луга, полосы берез и ив вдоль дорог	Агроземы?

3. Местоположения с невыраженными точками и гранями рельефа и превышениями менее 10 м; с постоянным либо периодическим избыточным увлажнением

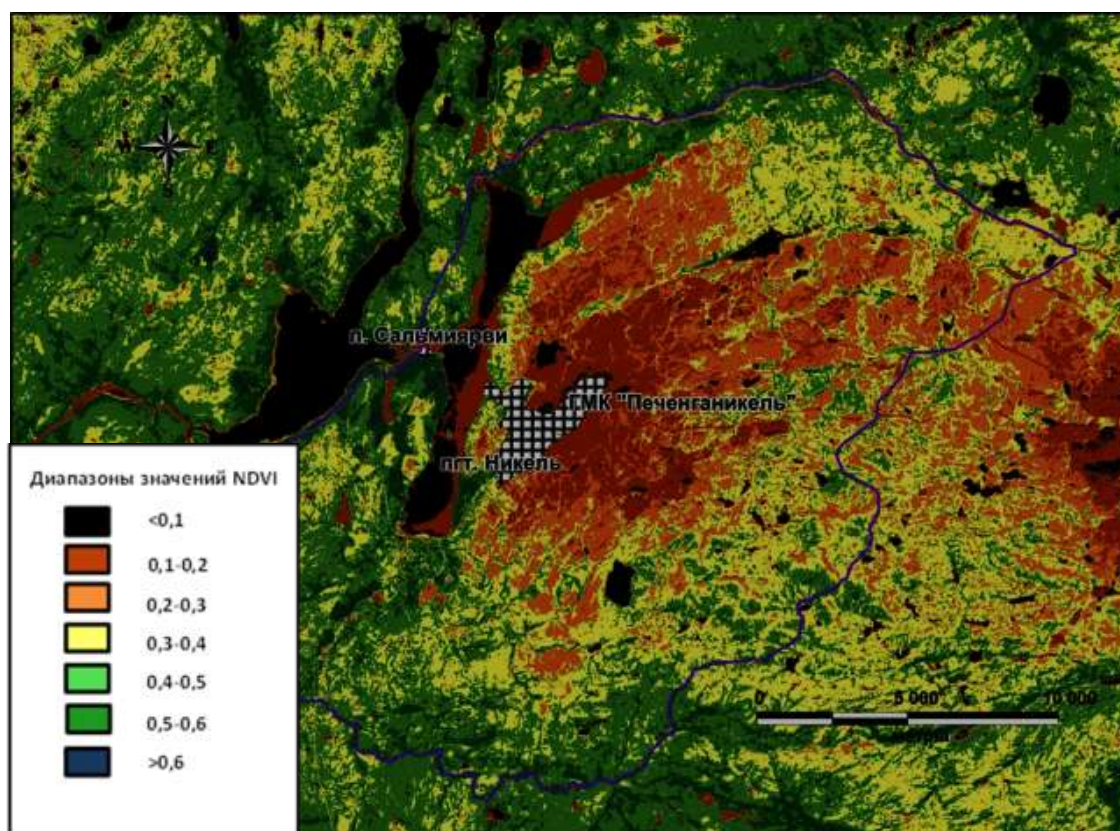
Rb	Волнистые слабонаклонные (до 3°) и плоские равнины с длительным переувлажнением (мощность торфа до 0,5 м), местами заболоченные (мощность торфа >0,5 м) <i>(пояс лесотундры, лесной (северотаежный) пояс)</i>	Щебнистые суглинки и супеси (ледниковый), торф (органогенный)	П	Пустошь, пресекаемая долинами ручьев с березовым криволесьем кустарничково-травяным	Подбуры, подзолы и их оторфованные типы, местами торфяные эутрофные?
			Г	Зарастающая гарь с единичными березами (травяно-кустарничковое, ТКЯ<10%)	
			КБтк(б)	Низкорослое разреженное березовое криволесье травяно-кустарничковое, у рек и крупных ручьев заболоченное	
D	Плоская речная дельта, переувлажненная <i>(лесной (северотаежный) пояс)</i>	Аллювий (аккумулятивный), торф (органогенный)	Гбол	Гарь травяная заболоченная	Аллювиальная торфяно-глеевая?, торфяная эутрофная?
(В) Плоские и слабовыпуклые равнины на торфяных отложениях (торфяники) с постоянным избыточным увлажнением (мощность торфа более 0,5 м)					
Bo	Олиготрофные (верховые) мелкобугристые торфяники, иногда с грядово-озерковыми комплексами <i>(лесной (северотаежный) пояс)</i>	Торф (органогенный)	БОкс	Болото кустарничково-сфагновое?	Торфяные олиготрофные?
Bo-Bm	Олиготрофный (верховой) торфяник, частично преобразовавшийся в мезотрофный (переходный) <i>(лесной (северотаежный) пояс)</i>	Торф (органогенный)	Бокт	Болото кустарничково-травяное, единичны сосны	Торфяные олиготрофные?

Вме	Мезоевтрофные торфяники, местами обводненные, слабопроточные (<i>пояс лесотундры, лесной (северотаежный) пояс, пояс тундры</i>)	Торф (органогенный)	БОт	Болото (кустарничково-) травяное, фрагментарно березовое криволесье	Торфяные зутрофные?
Вr	Выработанные торфяники с антропогенными торфяными грядами (валами) и преимущественно безводными понижениями между ними (<i>лесной (северотаежный) пояс</i>)	Органический материал, торф (органогенный)	Ил	Ивняк, чередующийся с лугами разнотравно-злаковыми, местами березы	Торфоземы глеевые?
Вr/k	То же, окультуренные (<i>лесной (северотаежный) пояс</i>)	Органический материал	О	Огороды, местами разнотравно-злаковые луга, полосы берез и ив вдоль дорог	Торфозем агроминеральный?

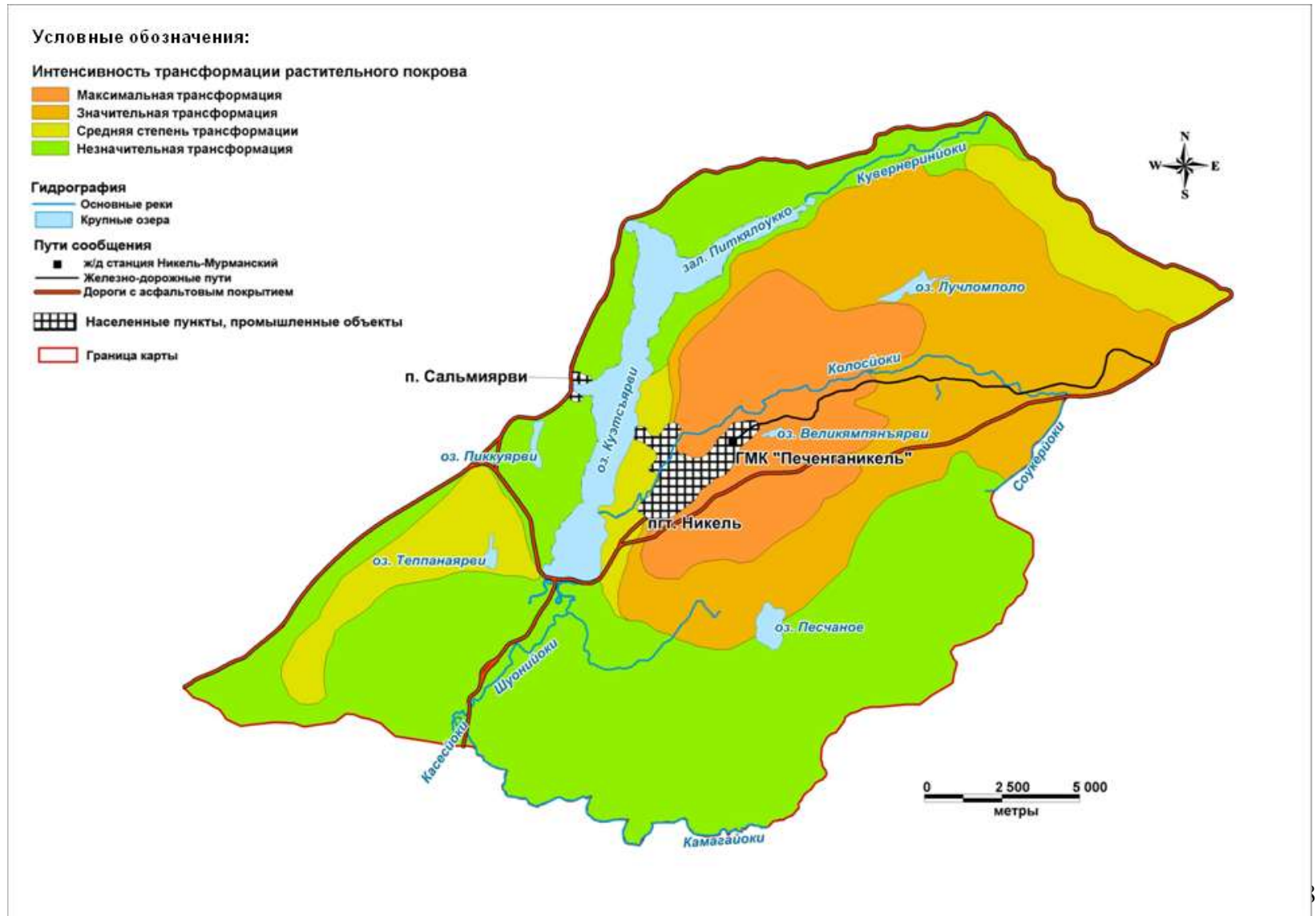
4. Местоположения техногенного происхождения (без разделения на отрицательные и положительные из-за мелкоконтурности)

T/ko	Сочетание рудных карьеров и отвалов (<i>пояс тундры, пояс лесотундры</i>)	Коренные породы (магматические метаморфические), шлаки	КО	Поверхности отвалов и карьеров незадернованные	Отсутствует
T/o	Сочетание рудных отвалов и прудков-отстойников (<i>лесной (северотаежный) пояс</i>)	Коренные породы (магматические метаморфические), шлаки	ОО	Поверхности отвалов незадернованные	Отсутствует
T/pl	Полигон ТБО (<i>лесной (северотаежный) пояс</i>)	Бытовой мусор	ТБО	Поверхность полигона незадернованная	Отсутствует
T/n	Насыпи песчаного материала (<i>пояс лесотундры</i>)	Бесщебнистые пески и супеси	Н	Поверхность насыпи с единичными злаками	Отсутствует

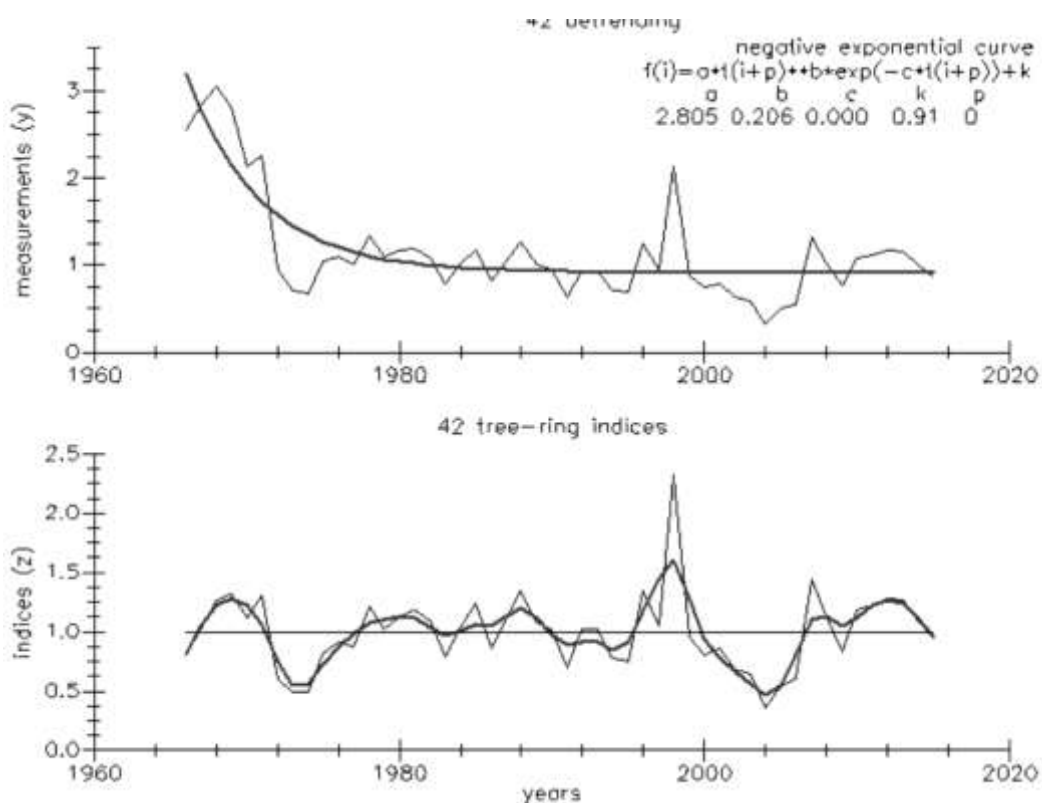
Приложение 5. Сверху – фрагмент картографического изображения NDVI, покрывающего район исследований; снизу – то же, реклассифицированный, с выделением границ картируемой территории



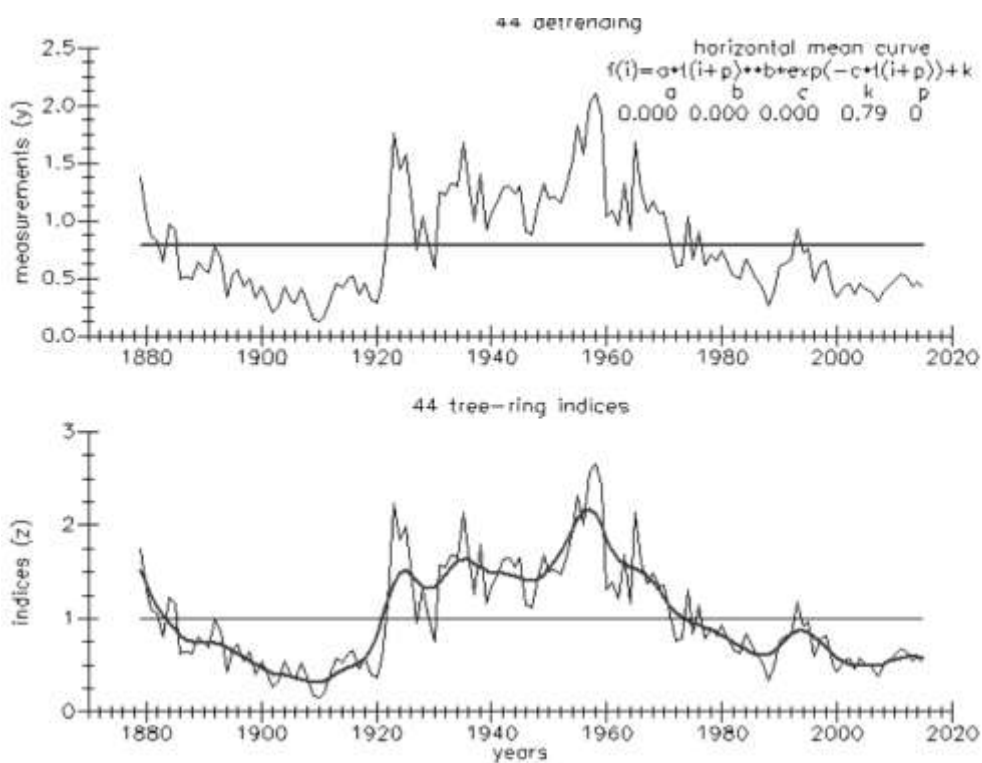
Приложение 6. Карта интенсивности трансформации растительного покрова
около пгт. Никель (масштаб 1: 100 000)



Приложение 7. Пример хронологических графиков с линиями трендов, полученных в программе ARSTAN

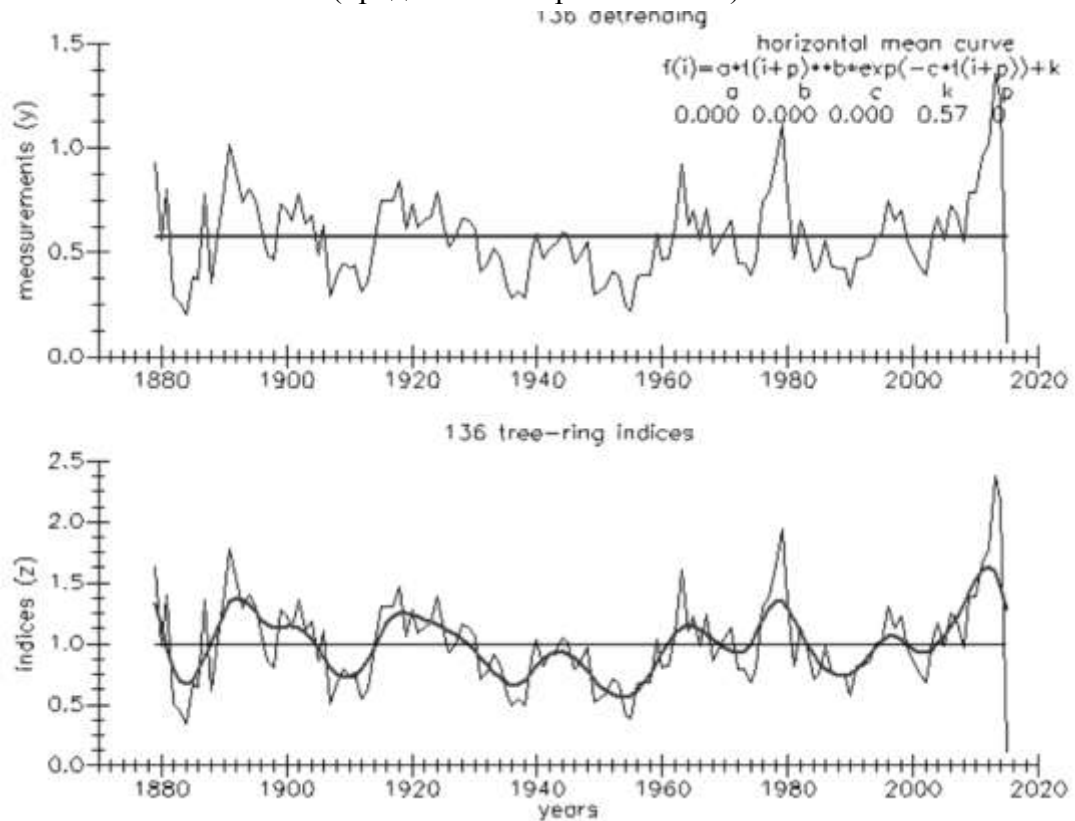


Керн 42 (50 лет) с убираием возрастного тренда (окрестности пгт. Никель)

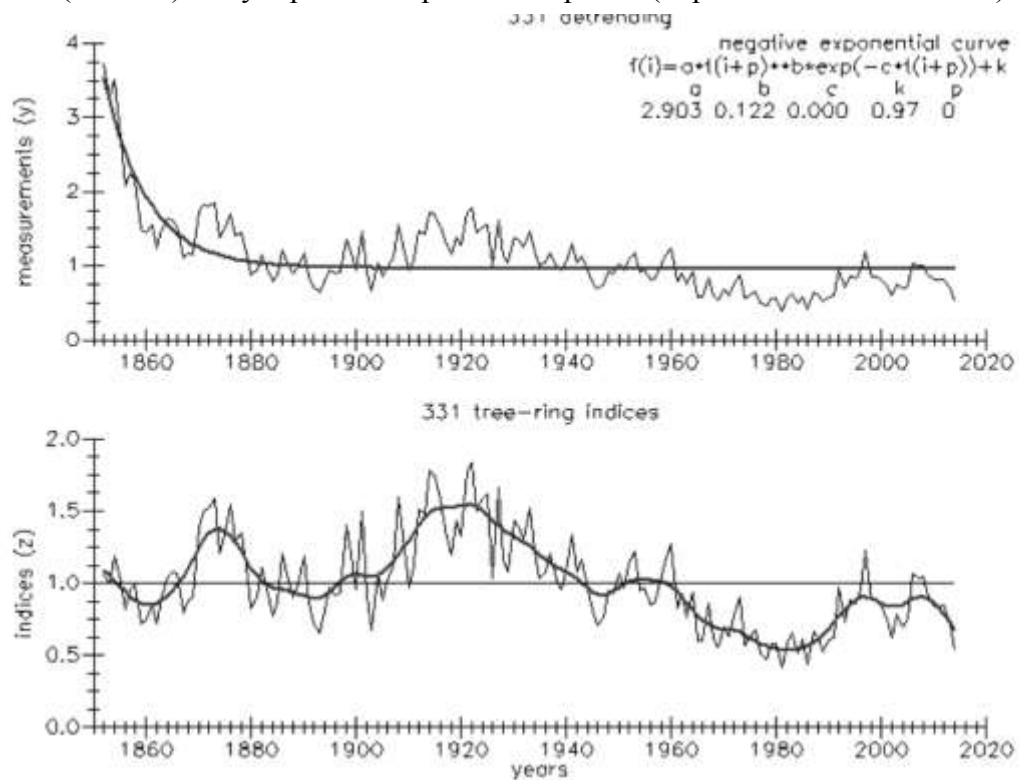


Керн 44 (137 лет) без убираия возрастного тренда (окрестности пгт. Никель)

(продолжение Приложения 7)

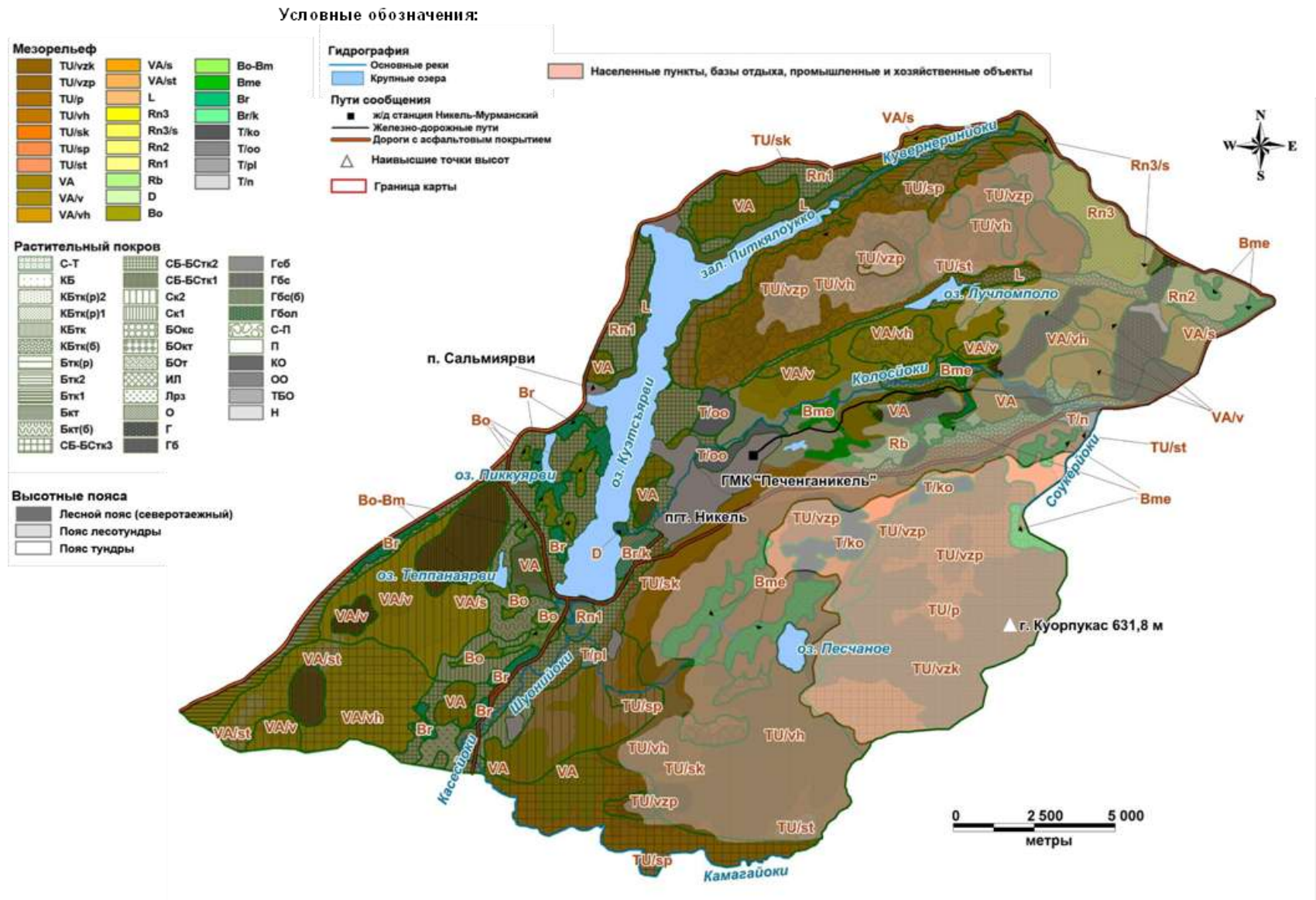


Керн 136 (137 лет) без убирания возрастного тренда (окрестности п. Раякоски)

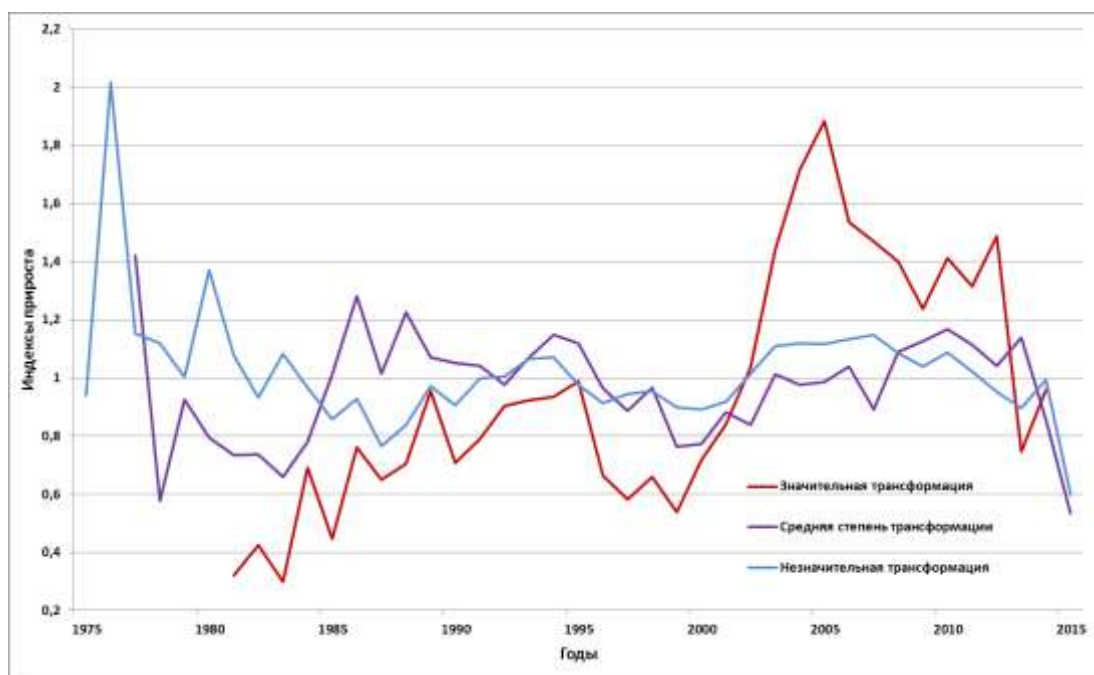


Керн 331 (163 года) с убиранием возрастного тренда (окрестности п. Янискоски)

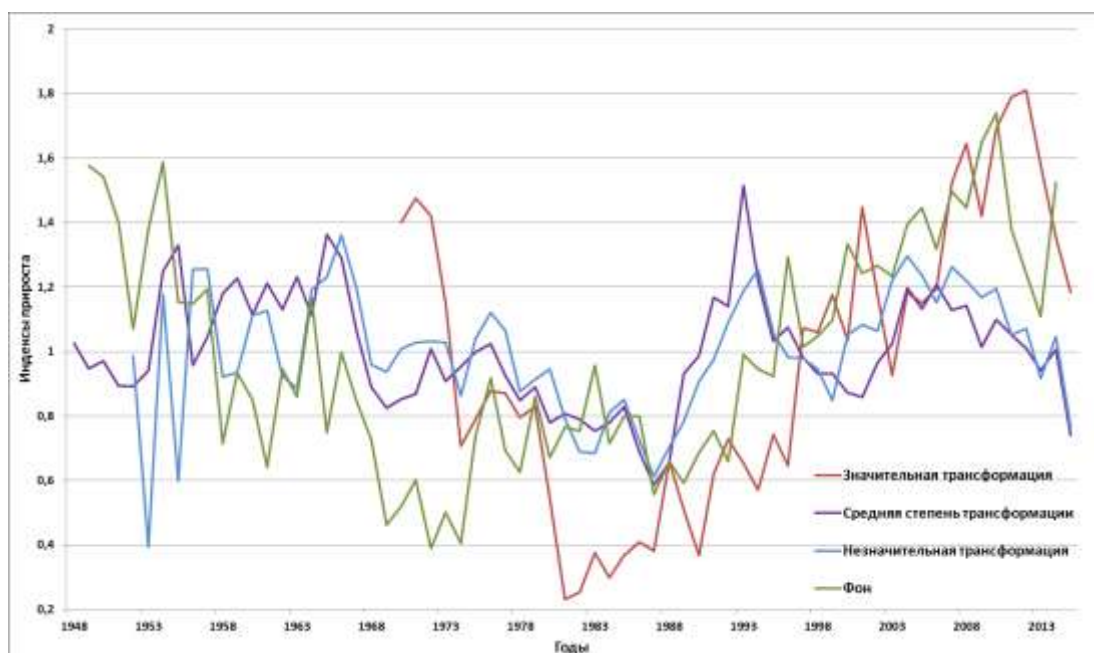
Приложение 8. Ландшафтная карта окрестностей пгт. Никель (масштаб 1:50 000) с выделением высотных поясов



Приложение 9. Графики динамики годичного прироста сосны обыкновенной по поколениям по зонам интенсивности повреждения растительности

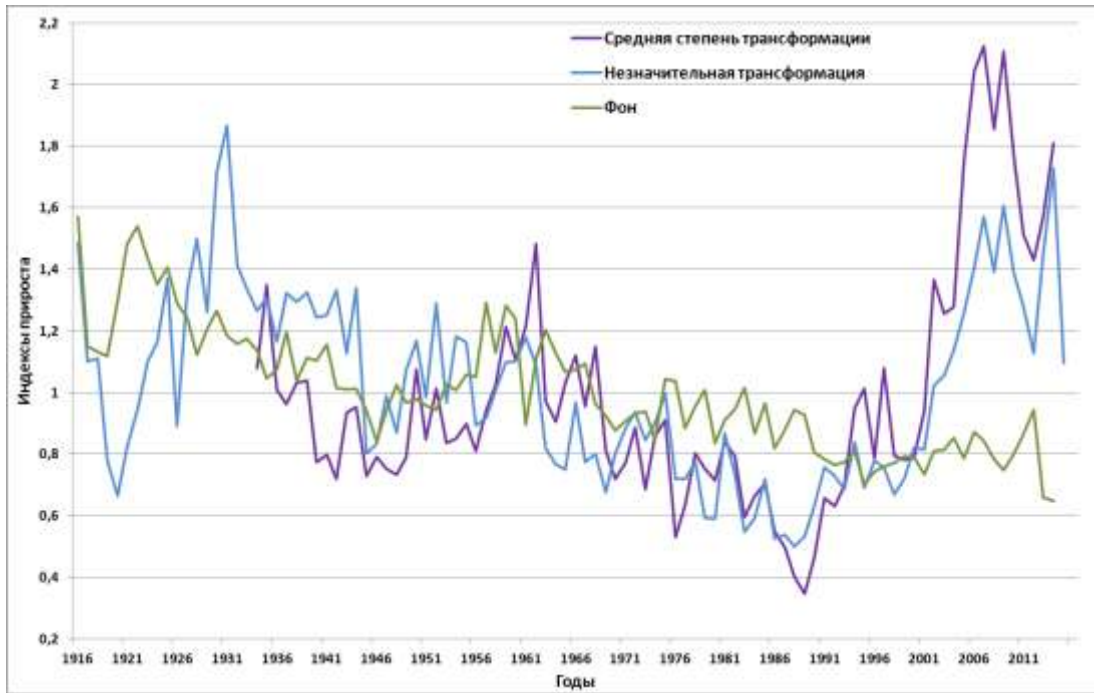


Для поколения 1 (0-40 лет)

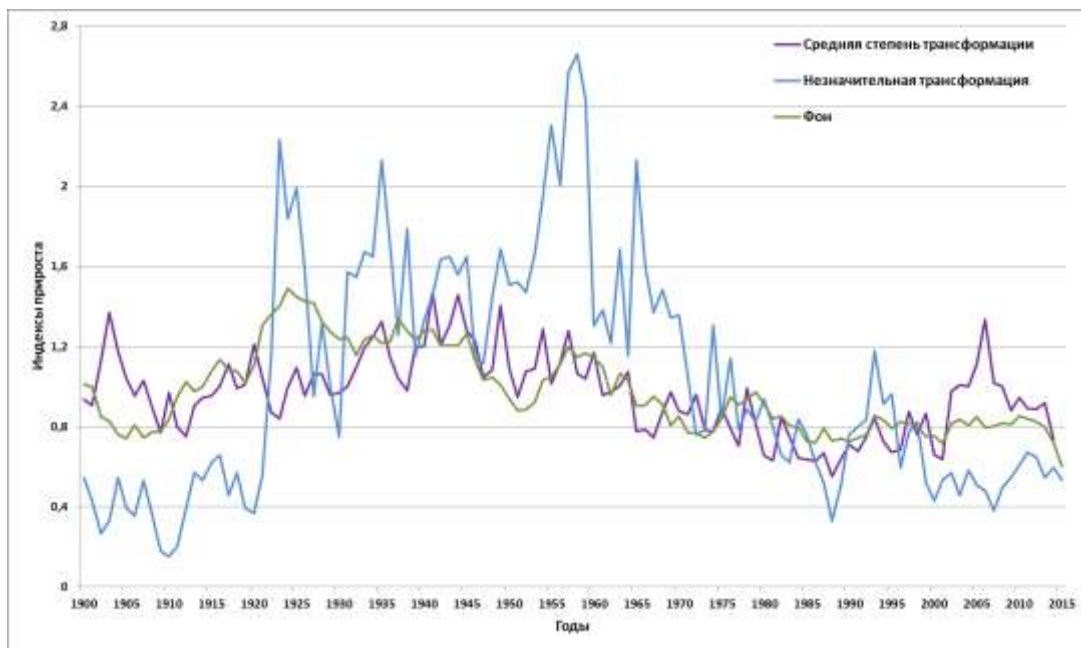


Для поколения 2 (40-80 лет)

(продолжение Приложения 9)

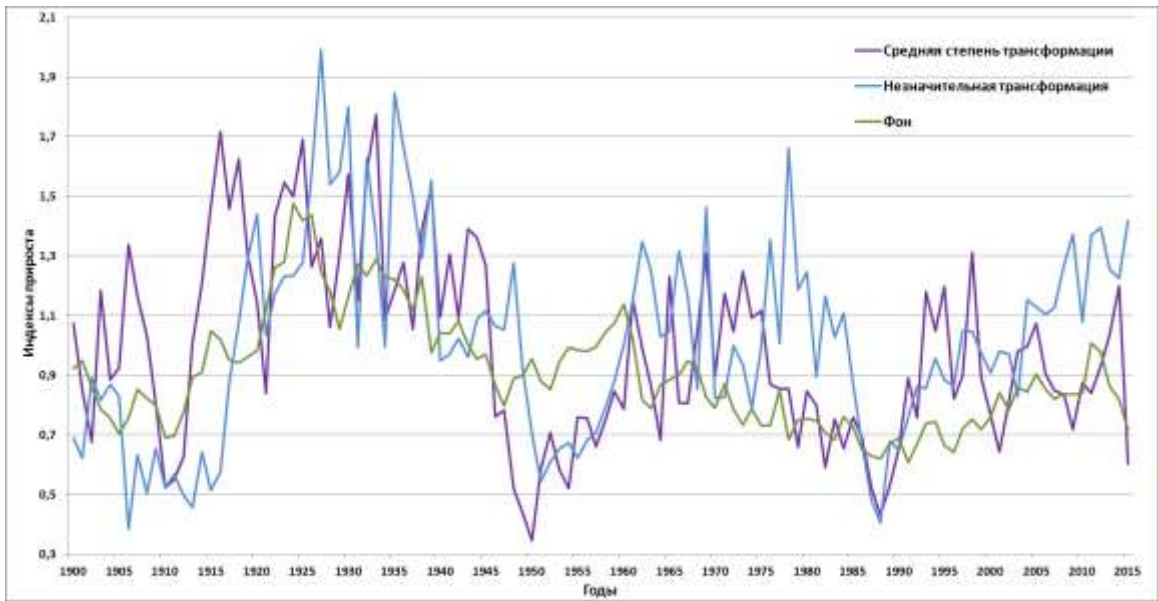


Для поколения 3 (80-120 лет)

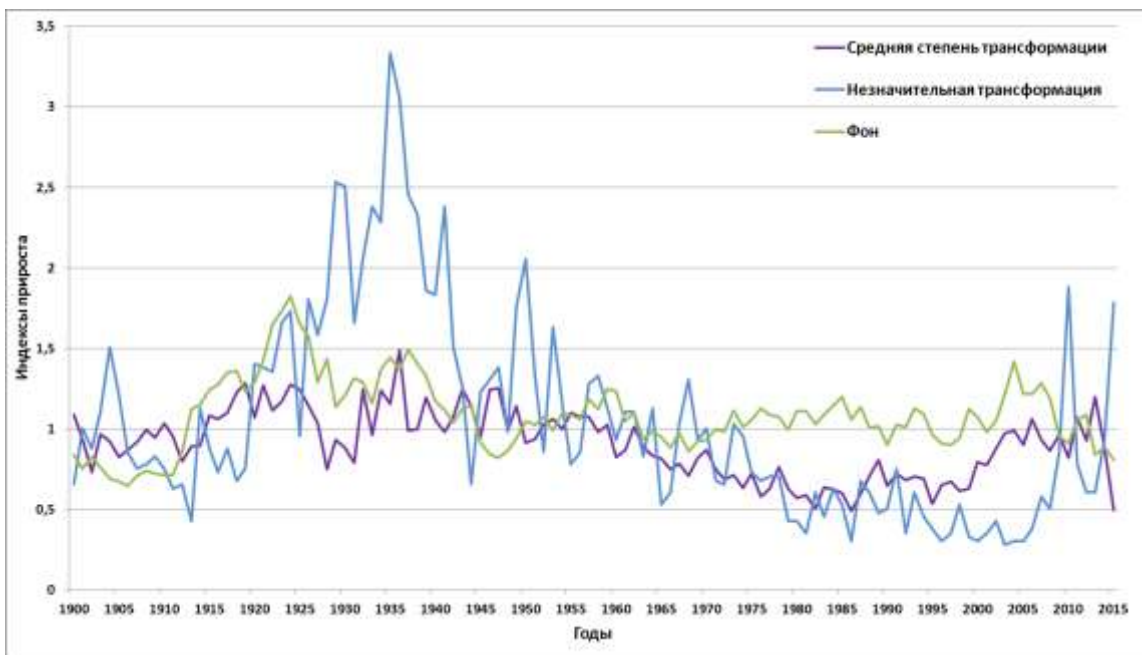


Для поколения 4 (120-160 лет)

(продолжение Приложения 9)

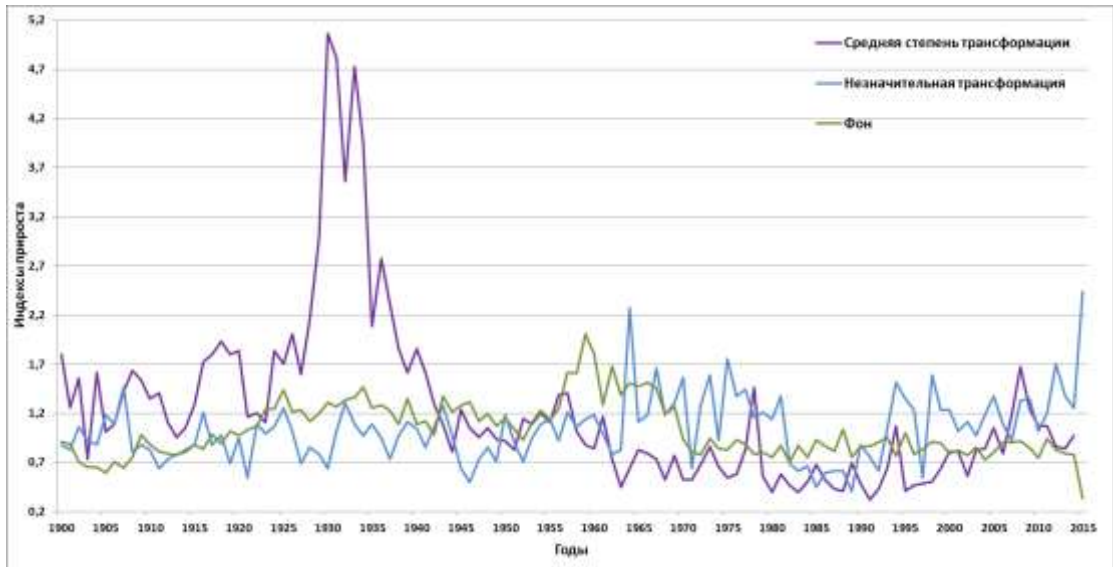


Для поколения 5 (160-200 лет)

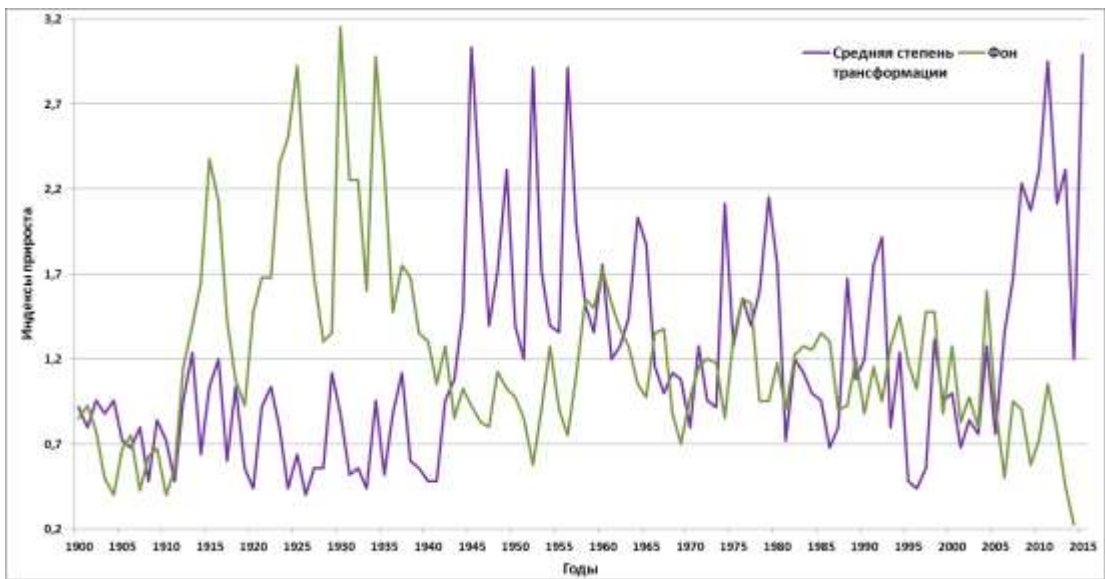


Для поколения 6 (200-240 лет)

(продолжение Приложения 9)



Для поколения 7 (240-280 лет)



Для поколения 8 (280-320 лет)