



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра прикладной и системной экологии

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(бакалаврская работа)

На тему _____ Состояние лишенофлоры окрестностей г. Мончегорска

Исполнитель _____ Тритенко Анастасия Максимовна

(фамилия, имя, отчество)

Руководитель _____ кандидат биологических наук, доцент

(ученая степень, ученое звание)

Рижия Елена Яновна

(фамилия, имя, отчество)

«К защите допускаю»
Заведующий кафедрой

(подпись)

кандидат географических наук, доцент

(ученая степень, ученое звание)

Дроздов Владимир Владимирович

(фамилия, имя, отчество)

«__» _____ 2022 г.

Санкт-Петербург 2022

Содержание

Введение	3
Глава 1 Физико-географическое положение области	4
1.1 Гидрографическое описание.....	4
1.2 Рельеф	5
1.3 Климатические условия	7
1.4 Физико-географические зоны.....	11
1.4.1 Тундровая зона	11
1.4.2 Северотаёжный пояс	13
Глава 2 Металлургические предприятия Мурманской области и воздействие диоксида серы на лишенофлору.....	17
2.1 Металлургические предприятия Мурманской области	17
2.2 Восстановление природных комплексов	21
2.3 Реакция лишайников на воздействие выбросов	23
Глава 3 Лишайники Мурманской области.....	27
3.1 Видовое разнообразие лишенофлоры Кольского полуострова	27
3.2 Описание исследуемых площадок в окрестностях г. Мончегорск	29
3.3 Обработка результатов.....	40
Заключение	49
Список литературы	50
ПРИЛОЖЕНИЕ А.....	56
ПРИЛОЖЕНИЕ Б.....	58
ПРИЛОЖЕНИЕ В	61

Введение

Мониторинг состояния окружающей среды является основным источником информации для быстрого реагирования на катастрофическое изменение экосистемы или выявления изменений тех или иных экосистем. Зачастую организмы являются лучшими показателями негативных изменений. Для быстрой оценки чистоты атмосферного воздуха традиционно используются лишайники, состояние которых может сигнализировать о содержании загрязняющих веществ в атмосферном воздухе. Изменения в составе лишенофлоры и строении лишайников особенно заметны вблизи объектов перерабатывающей промышленности, побочным продуктом которой является сернистый газ.

Цель – проанализировать состояние лишенофлоры окрестностей г. Мончегорск, где расположено добывающее металлургическое предприятие – ОАО “Комбинат Североникель”, являющийся потенциальным загрязнителем атмосферного воздуха.

Объект исследования – лишенофлора окрестностей г. Мончегорск

Предмет исследования – состояние лишенофлоры заложённых площадок окрестностей г. Мончегорск

Задачи:

1. Изучить физико-географическую характеристику исследуемого района и биоразнообразие лишайников.
2. Оценить степень воздействия предприятия-загрязнителя на состав и жизненное состояние лишенобиоты.
3. Провести сравнение современного состояния эпифитной лишенофлоры в зоне воздействия комбината и на фоновых участках ландшафта.

Глава 1 Физико-географическое положение области

Мурманская область расположена в Северо-Западном федеральном округе Европейской части России за полярным кругом. Протяженность с севера на юг составляет до 400 км, с запада на восток до 550 км. По площади регион занимает 25 место (144,9 тыс. км²) по России. В основном, территория области расположена на Кольском полуострове и лишь западный и юго-западный участки являются материковой частью континента. Также к территории относятся множество островов Белого и Баренцева морей. Северный берег полуострова омывается Баренцевым морем, акватория которого составляет 1424 тыс. км². Восточная и юго-восточная часть омывается преимущественно Белым морем, площадь акватории которого составляет 90 тыс. км². В отличие от Баренцева моря, по водам которого протекает тёплая ветвь течения Гольфстрим, переходящая в Мурманское прибрежное течение, и из-за чего некоторые участки не замерзают. Белое море зимой замерзает [1].

1.1 Гидрографическое описание

Гидрография области представлена обширной речной сетью с мелкими многочисленными озерами. Характерным для строения гидрографической сети области является наличие большого количества малых рек. Из всех рек только четыре имеют протяженность более 200 км – это река Поной, протяженность которого составляет 426 км, что делает ее самой крупной рекой Кольского полуострова, Варзуга, длина которой составляет 254 км, Стрельна, протяжённостью 213 км и Йоканьга, длина которой 203 км. Следует отметить, что 95 % всех рек составляют водотоки длиной менее 10 км: их длина составляет 63% суммарной длины всех рек области. Общая протяжённость рек превышает 60 тыс. км. Густота речной сети всей территории области составляет 0,46 км/км².

Озера расположены по территории сравнительно равномерно, их насчитывается свыше 100 тысяч. Также, в области располагается порядка 20 больших и малых водохранилищ. Наибольшими являются Верхнетуломское, Туломское и Серебрянское водохранилища. Почти все озёра относятся к малым озёрам с площадью зеркала менее 1 км². Общая озерность области составляет 6%, в бассейнах рек северного побережья – 6-11%, в бассейнах рек Белого моря – 3-8 %. Наибольшая озерность наблюдается в бассейне р. Варзина – 21%. В среднем на 1 км² всей территории приходится одно озеро. Самым крупным по площади является озеро Имандра – 876 км², самым глубоким Умбозеро, глубина которого доходит до 115 м [3].

1.2 Рельеф

Особенности рельефа области определяются, в основном, многочисленными трещинами, образовавшимися в кристаллическом щите, и сползающими ледниками четвертичного периода. Здесь, на Кольском полуострове, они дольше всего приостанавливались и отсюда продолжали движение до Русской платформы. Повсюду присутствуют характерные черты ледникового рельефа: возвышения с оглаженными вершинами или «бараньи лбы», и их скоплениями – «курчавыми скалами», в горах присутствуют каменные россыпи, ледниково-эрозионные цирки, торговые долины, а в трещинах и котловинах – желобы выпахивания. Более или менее обширные равнины заняты болотами и озёрами.

Центральный горный массив полуострова расположен между Ловозером и границей с Финляндией. Отдельные районы, на которые его расчленяют долины рек и озера называются тундрами. Относительно высокими для данной территории являются Ропатундры, Нявкатундры, Чунатундры, Мончетундры, Сальные, Волчьи, Хибинские и Ловозерские тундры. В центральной части Кольского полуострова протянулось плоскогорье Кейв.

Хибинский горный массив является наивысшей точкой Кольского полуострова и Мурманской области с абсолютной высотой около 1200 м. Наивысшая точка – гора Юдычвумчорр (1200,6 м). В западной и южной (материковой) части Мурманской области преобладает среднегорный и низкогорный рельеф. В юго-восточной части Кольского полуострова преобладает равнинный ландшафт. Низменности располагаются вдоль восточного и южного побережий. Северное побережье, наоборот, скалистое и крутое, с множеством островов [2].

В период кайнозойской эры вертикальное движение земной коры начало оказывать влияние на формирование рельефа полуострова и способствовало появлению землетрясений ввиду поднятия щита и, как следствие, разнонаправленное вертикальное перемещение. Такие движения происходили на границе Кольского полуострова и Баренцева моря. Вследствие этого, обрывистый Мурманский берег является границей глубинного разлома, по нему произошло опускание дна моря, которое некоторое время назад являлось частью суши.

Для гор Кольского полуострова характерна столообразная форма – горные высокие плато круто обрушиваются к низинам, которые их окружают. Ущелье и глубокие долины рассекают плато. Их поверхность покрыта обломками скал и голыми каменными россыпями. Некоторые долины перегораживают валуны и морены, которые оставили ледники, некогда покрывающие полуостров. Размывающая деятельность воды также оказывает большое влияние на формирование рельефа. Реки образуют мощные дельты в устьях и сносят большое количество обломочного материала. Мелкие реки, появившиеся в результате таяния ледников, текут в узких каньонообразных долинах, а крупные, образованные ранее, в U-образных долинах, разработанных ледником [2].

Многочисленные ущелья, разделяющие горные массивы и прибрежные плато по геологическим разломам, являются еще одной характерной особенностью горного рельефа. Они образуют узкие длинные заливы с

крутыми, местами отвесными скалистыми берегами, называемые фьордами. К примеру, Кольский залив можно назвать типичным фьордом.

Современный рельеф был в основном сформирован к началу четвертичного периода. Все геологические события, которые произошли позднее, лишь видоизменяли его в той или иной степени. Главную роль в формировании рельефа сыграли материковые оледенения. В период оледенений ледники покрывали весь Кольский полуостров. Мощность ледяного покрова доходила до 2 километров. Через территорию Кольского полуострова прошли все три исторически известные ледники Земли – Лихвинский, Днепровский и Валдайский.

Валдайский ледник оказал самое заметное влияние на формирование современного рельефа, начав сходить около 15 тысяч лет назад. Он двигался с северо-запада на юго-восток, оставляя за собой на поверхности множество валунов, песка и глины. Ледники влияли и на усиление вертикальных колебаний земной коры. Максимальная стадия оледенения сопровождалась опусканием земной коры, а в межледниковый период происходило поднятие [2].

1.3 Климатические условия

Климат Мурманской области зависит преимущественно от географического расположения: область находится за Полярным кругом между континентальной частью и бассейном Северного Ледовитого океана. Значительное влияние на формирование климата оказывает южная ветвь теплого Нордкапского течения, переходящая в Мурманское прибрежное течение, которые проходят у северных берегов Кольского полуострова. Продолжительность светового дня в области колеблется от 0 до 24 часов в сутки в зависимости от сезонного периода. Поступление на земную поверхность суммарной солнечной радиации составляет от 2680 МДж/м² на

северном побережье, 2955 МДж/м² в центральной части полуострова и 3104 МДж/м² в южной части. Данные показатели составляют примерно 50-60% максимально возможной радиации, ввиду того, что для территории характерна облачность большее количество дней в году. С апреля по сентябрь радиационный баланс (разность между приходом и расходом энергии) на территории области положительный, а с октября по март отрицательный. Годовой радиационный баланс является положительным и изменяется от 600 МДж/м² в северной части до 900 МДж/м² на юге.

Климат Мурманской области субарктический морской с чертами континентального в центральной и западной частях полуострова. В результате циклонической деятельности над акваториями Норвежского и Баренцева морей, приносящей теплый морской воздух с Атлантического океана, зимы в области теплые. Исключение составляет центральная часть, где температура воздуха может достигать до -50 градусов при низкой влажности воздуха, что соответствует чертам континентального климата. Наиболее холодным месяцем является февраль из-за того, что именно к этому времени температура Северного Ледовитого океана максимально снижается. Самым теплым месяцем, что не является характерной чертой морского климата, является июль (температура может достигать до 30 градусов выше нуля). Это происходит из-за притока континентальных теплых воздушных масс с юга. Среднегодовая температура воздуха уменьшается от +1 °С на побережье Баренцева и Белого морей до -1 -2 °С в центральной части Кольского полуострова и до -3-4 °С в горных районах.

В течение года над Мурманской областью преобладают воздушные массы с повышенной влажностью, что сглаживает температурный контраст между летним и зимним сезонами. Однако величина годовой амплитуды температуры воздуха больше, чем в регионах с типичным морским климатом. Степень континентальности климата закономерно возрастает от морского побережья вглубь полуострова.. На полуострове Рыбачий, расположенном в северной части, разность средних температур июля и февраля составляет около 5 °С, в

Мурманске и Терском районе 20° , на остальной территории 25° C и более. Отрицательные значения температуры воздуха в области связаны с близостью к арктическим широтам. Поэтому для климата Мурманской области в отличие от типичного морского характерна значительная изменчивость всех метеорологических величин во времени. Так, на фоне относительно теплой зимы здесь случаются значительные похолодания до -40° C на побережье и до -50° в удаленных районах полуострова. В любой из летних месяцев возможны заморозки, а в любой из зимних оттепели.

Безморозный период длится в среднем 120 дней в прибрежной полосе суши и укорачивается по мере удаления от побережья до 60 дней. В Хибинах температура выше 0° C менее 40 дней в году. На большей части территории области зимой преобладают южный и юго-западный, а летом северный и северо-западный ветра. Среднегодовая скорость ветра составляет 7-8 м/с на морском побережье и 4-5 м/с – на равнинах и в низинах.

В Мурманске конец полярной ночи приходится на 15 января, начало полярного дня на 21 мая, конец полярного дня на 22 июля и начало полярной ночи на 29 ноября. В Кандалакше, южной части Мурманской области, конец полярной ночи приходится на 25 декабря, начало полярного дня на 3 июня, конец полярного дня на 9 июля, а начало полярной ночи на 17 декабря. Чем севернее находится район, тем позднее заканчивается полярная ночь [4].

Имеется общая закономерность в распределении осадков, характерная не только для Кольского полуострова: чем выше находится местность, тем выше влажность и большее количество осадков. Это связано с тем, что возвышенности становятся барьером для воздушных масс и задерживают облака. Наименьшее количество осадков, около 400-500 мм в год, выпадает в долинах рек и на равнинной территории. В районах с неровной поверхностью осадки распределяются неравномерно и составляют 600-800 мм в год, а на вершинах наиболее крупных горных массивов, таких как Хибины, превышают 1000 мм в год. Воздушные массы, поступающие в теплый период года с материка, являются более насыщенными, из-за чего количество осадков

повышается. Суммы осадков июля и августа в 2 раза превышают суммы осадков зимних месяцев, что нехарактерно для типичного морского климата [5].

Постоянный снежный покров в области устанавливается в течение октября, сохраняется на вершинах гор в среднем 220 дней, на остальной территории – 180 дней. На равнинах среднемноголетняя высота снежного покрова в конце зимы достигает 70 см, на северном побережье до 40 см. Климат возвышенных территорий существенно отличается от климата низменных районов. С увеличением высоты возрастает расходная часть радиационного баланса, продолжительность залегания снежного покрова, количество атмосферных осадков, облачность, происходит понижение среднегодовых температур. В горных массивах, достигающих в высоту 500 м и более, формирование климата происходит преимущественно под воздействием циркуляционных воздушных процессов и в меньшей степени проявляется зависимость от радиации. Зимой из-за радиационного выхолаживания приземного слоя воздуха в горах образуются инверсии температур. В данном случае, под инверсией следует понимать рост температуры воздуха с увеличением высоты. Для Хибин средний вертикальный температурный градиент составляет $-0,54^{\circ}$ на 100 м, в теплый период года $0,76^{\circ}$ на 100 м. Продолжительность зимнего периода увеличивается на 8 дней при подъеме на 100 м, а разница продолжительности зимы в г. Кировск и на плато Расвумчорр составляет 2 месяца. Высота снежного покрова в горах зависит от перераспределения снега ветром [5].

В целом, климатические условия полуострова не являются благоприятными для растительности, даже не смотря на длительный световой период и прекрасное увлажнение. Так, сумма температур воздуха выше 10°C за вегетационный период на юге полуострова составляет 1127°C , а на севере до 870°C . Степень благоприятности климатических условий для организма человека и его жизнедеятельности в баллах биоклиматического индекса суровости метеорологического режима в Мурманской области колеблется от 6

до 3 на юге и в северной части области соответственно. Тогда как комфортными для условий жизнедеятельности являются от 8 до 10 баллов [6].

1.4 Физико-географические зоны

На территории Мурманской области существуют две основные природные зоны: тундра и леса умеренного пояса.

Зона тундры занимает северное побережье области, порядка 20% территории полуострова. Она проходит полосой 20-30 км, постепенно расширяясь с северо-запада на юго-восток. Основную площадь занимают леса умеренного пояса. В основном они редкостойные, невысокие. Встречаются сосновые, еловые, берёзовые и смешанные леса. Преобладают плодоносящие кустарники, достаточно много грибов. Также, немало в лесах и лекарственных растений. В горных массивах растительность меняется от пояса сосновых, еловых и берёзовых лесов до мохово-лишайниковых систем на вершинах гор, можно встретить 422 вида растений, в том числе 5, занесённых в Красную книгу России. Для территории характерна низкая биологическая продуктивность из-за того, что происходит замедление процессов метаболизма и низкие показатели самоочищения. Стоит отметить, что изменение степени устойчивости ландшафтов к антропогенным нагрузкам носит зональный характер [7].

1.4.1 Тундровая зона

Тундровые ландшафты отличаются сильной неустойчивостью по причине низкой обеспеченности потребности растений в тепле, слабой интенсивности микробиологических, биогеохимических процессов. Растительный покров

наиболее подвержен различному воздействию. Его восстановление занимает весьма продолжительный период, который может длиться не один год.

Преимущественно, тундра покрыта мохово-лишайниковым покровом, который, зачастую, является основным на данной территории. Это происходит из-за того, что как мхи, так и лишайники имеют широкую зону оптимума, приспособившись переносить низкие температуры крайнего севера даже под тонким слоем снежного покрова, а, иной раз, вследствие деятельности ветров, совсем без него [6].

Основную массу цветковых растений тундры составляют низкорослые кустарники, а также кустарнички и многолетние травы. Зачастую происходит так, что кустарнички располагаются в толще мощного мохово-лишайникового покрова, практически не поднимаясь над ним. Некоторые кустарнички могут сохранять листья круглогодично, например, брусника или багульник, другие сбрасывают листья на зиму. Типичными кустарниками тундры являются карликовая берёзка и полярная ива. Для зоны тундр характерны многолетние травянистые растения и практически отсутствуют однолетние. Причиной тому является тот факт, что вегетационный период, из-за экстремальных условий, существенно ограничен во времени по сравнению с зонами южнее. Не всегда плоды растений успевают вызреть, поэтому у некоторых видов вегетация начинается осенью и заканчивается весной, у других заметно сокращается.

В летний период почвенный покров плохо прогревается, что затрудняет поглощение влаги корнями, поэтому растения, произрастающие в тундре, имеют ксероморфные черты, что помогает им получать влагу не только с помощью корневой системы, но и посредством уменьшения испарения. Для растений характерны мелкие листья, часто свёрнутые и обильно покрытые мелкими устьицами. У некоторых растений края листьев завертываются вниз, и сам лист имеет вид не полностью замкнутой трубки. Устьица, расположенные на нижней стороне такого листа, оказываются внутри трубки, что также ведёт к уменьшению испарения. Эти черты возникли в процессе приспособления растений к химическим особенностям тундровых почв.

Еще к одному приспособлению растений к жизни в экстремальных холодных условиях относится образование из отдельно стоящих стеблей скопления, по-другому называемые подушками. Это относится к некоторым травянистым растениям. Например, подушки камнеломок настолько плотны, что на некотором расстоянии напоминают затянутые мхом камни или дернины мхов. Подушкообразный рост имеет преимущество в том, что позволяет растению сократить занимаемую площадь, тем самым уменьшив поверхностное испарение. Преимуществом является также и тем, что отмирающие листья и стебли несут дополнительную защиту для молодых побегов или точек роста [7].

1.4.2 Северотаёжный пояс

Кольский полуостров – единственный из районов страны, где тайга находится за полярным кругом. Это произошло ввиду отсутствия сплошных зон вечной мерзлоты. Биотопы территории не отличаются разнообразием древесных пород и высокой продуктивностью насаждений. Породный состав лесов состоит из сосны, ели и берёзы, рябины [8]. Общая площадь лесов, входящих в северо-таежный пояс составляет 8 825,5 тыс. га. Также, с 2014 года выделяют район притундровых лесов и редкостойной тайги Европейско-Уральской части Российской Федерации, общая площадь которого на 2017 год составляет 1 203,7 тыс. га [9].

Граница между тайгой и тундрой может быть проведена лишь условно, ввиду постепенной смены зональности. Также условно можно выделить и лесотундру. В общем, выделяю две подзоны – северотаежную, которая занимает порядка 52 тыс. км² и лесотундровую (или притундровую), занимающую 46 тыс. км². Основной лесообразующей породой в лесотундре принято считать березу извилистую, способную принимать различные жизненные формы от прямоствольного дерева до высокого кустарника.

Зачастую, в древесный ярус могут войти даже древовидные формы можжевельника [10].

Сосновые леса образованы северной формой сосны обыкновенной, которую иногда выделяют в отдельный вид с названием сосна Фриза, или сосна лапландская. Отличительной особенностью ее являются более короткие иглы, но по количеству их в два или два с половиной раза больше. Хвоя северных сосен отличается и тем, что реже обновляется – иглы остаются на дереве примерно 4-6, а иногда и 7 лет, тогда как в более южных районах продолжительность жизни хвои составляет 2-3 года. В лесах области довольно много сухостоя, но количество ветровальной древесины и валежа невелико. Сосна произрастает на различном почвенном покрове и в крайне различающихся условиях увлажнения, от крупнодисперсных песчаных наносов, до заболоченной местности. Даже возрастные для данной территории сосновые леса не являются до конца сформированными, но по структуре и динамическим процессам они схожи с малонарушенными лесами [11].

Балтийский кристаллический щит, на котором расположена, в том числе и Мурманская область, характеризуется преобладанием сосновых лесов преимущественно на выходах кристаллических пород или на отложениях с преобладанием песков и крупно-обломочных грунтов, сформировавшихся на последних стадиях деградации ледникового покрова, обилием болот и озер, особенно в северной части. Также, для лесов Балтийского щита характерны частые, но при этом небольшие по площади лесные пожары, что выделяет пожарную или пирогенную динамику лесных ландшафтов этой территории. Небольшие площади пожары связаны в первую очередь с тем, что рельеф достаточно расчленен, чтобы создавать естественные препятствия распространению огня. Но также, важную роль играет тот факт, что низовые пожары достаточно слабы. Территория Балтийского кристаллического щита заметно выделяется на лесных картах по господству сосновых лесов: на карте растительности (рисунок 1.1) видно, что лесообразующей породой там является сосна. [12].

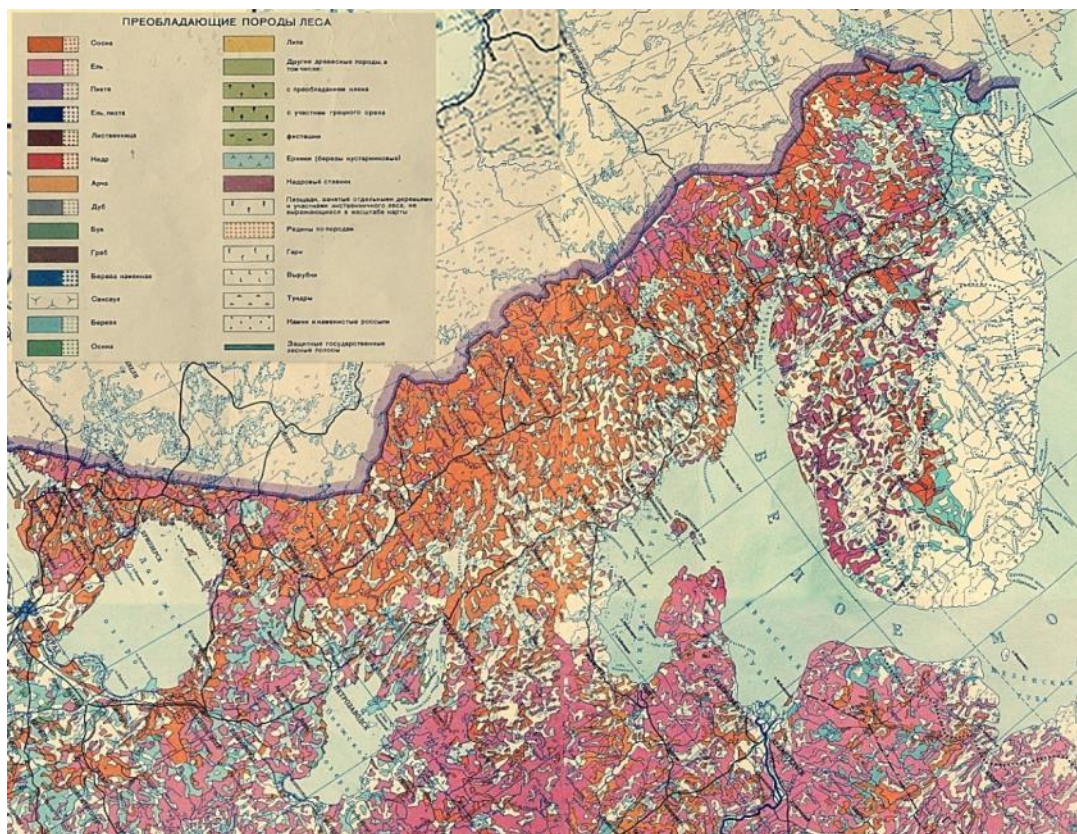


Рисунок 1.1 – Преобладающие древесные породы Северо-Западного Федерального округа (1990 г., Госкомлес СССР) [13]

Еловые леса образованы двумя видами елей: сибирской и финской, высота которых достигает 20-30 м [11].

На территории Мурманской области еловые леса занимают участки с достаточно богатыми почвами и благоприятным режимом увлажнения, занимая при том около 30%. Ельники сосредоточены в основном на востоке и севере области, а сосняки – на западе и юге. В целом леса области характеризуются редкостойностью, повышенной ролью мохового и травяно-кустарничкового ярусов. Леса не образуют сплошных массивов на больших площадях и сильно разделены болотами, озёрами и выходами горных пород на поверхность. Характерной особенностью является редкий древостой, способствующий развитию подроста. В зоне действия сильных ветров деревья отличаются низкорослостью. Средняя высота елей и сосен 12-15 м. Стволы берёз зачастую

сильно искривлены, кронам елей ветер придает флаговую форму. Для данной территории частым явлением можно считать наличие густых ветвей в нижней части ствола.

Северотаёжным лесам Мурманской области присущи следующие характерные черты:

1. С продвижением на юг древостой становится не только более высоким и густым, но и однопородным. То есть, если в северной части в подлеске широко представлены три основные породы, то в более южных частях области характерными являются либо еловые, либо сосновые леса;

2. Хвойные леса являются основным типом леса на территориях, не затронутых антропогенным воздействием, а на нарушенных участках преобладают березняки;

3) Чаще всего в подлеске можно встретить рябину (за исключением северных и антропогенно-измененных территорий) [1].

Глава 2 Metallургические предприятия Мурманской области и воздействие диоксида серы на лишенофлору

2.1 Metallургические предприятия Мурманской области

Кольский полуостров можно назвать наиболее индустриально развитым регионом северной части страны. Область не имеет внутриконтинентального положения, но близко расположена к центральным регионам и основному транспортному узлу. Совокупность активной горной выработки, ввиду наличия более 150 видов полезных ископаемых, выгодного экономико-географического положения и слабой регенерации экосистем привели к обширным негативным последствиям. Из-за слабой заселенности территории наибольшее негативное воздействие на окружающую среду в регионе оказывают стационарные источники. Так, на основании таблицы (Приложение) была создана диаграмма, представленная на рисунке 2.1, показывающая, что выбросы от стационарных источников преобладают над выбросами от передвижного транспорта. Данные диаграммы взяты из годовых отчетов [13-35].

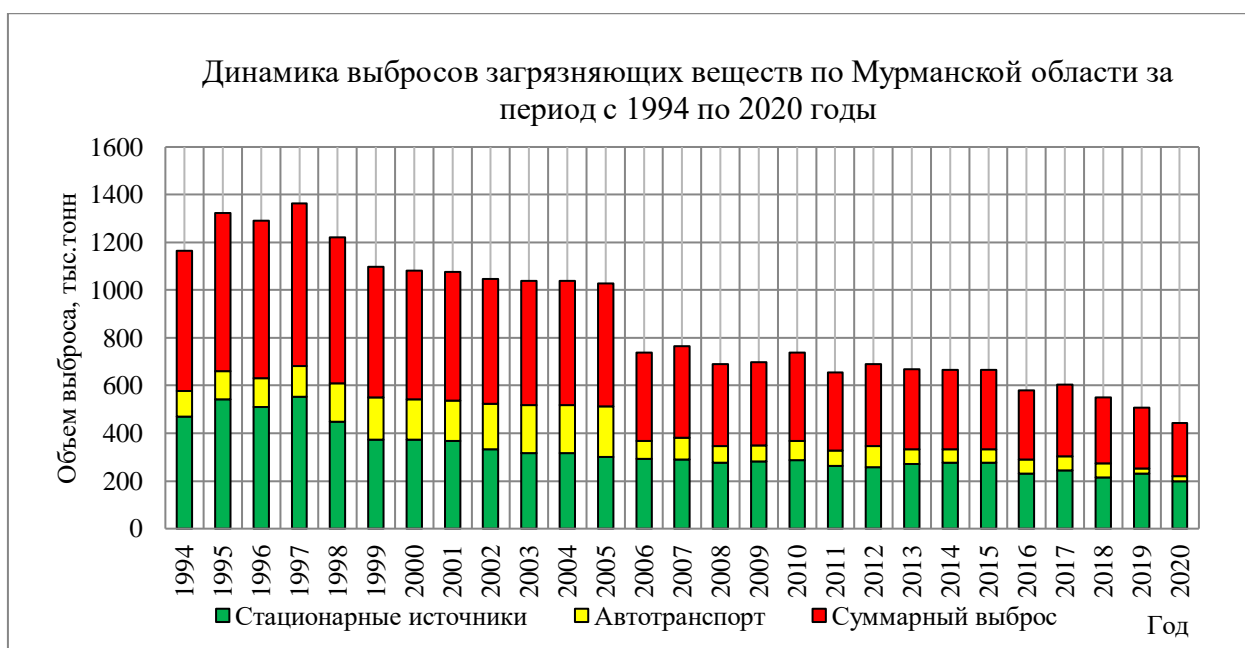


Рисунок 2.1 – Динамика выбросов загрязняющих веществ по Мурманской области по данным докладов с 1994 по 2020 годы

К стационарным источникам, оказывающим негативное влияние, следует отнести добывающую промышленность, особенно цветную металлургию, предприятия энергетического комплекса, военные и военно-промышленные объекты, портовое хозяйство, бытовые стоки и отходы. Под влиянием техногенного воздействия происходит угнетение различных природных экосистем с дальнейшим разрушением вплоть до утери способности к самовосстановлению. Воздействие различных стационарных источников носит неоднородный характер. Основными предприятиями, являющимися источниками загрязнения атмосферного воздуха по Мурманской области в 2019 году стали АО «Кольская ГМК», АО «Мурманэнергосбыт», АО «Мурманская ТЭЦ», Апатитская ТЭЦ филиал «Кольский» ПАО «ТГК-1», Апатитская ТЭЦ филиала «Кольский» ПАО «ТГК-1», ОА «Олкон», Мурманский филиал АО «Ситиматик» [14].

По данным Росприроднадзора в 2018 году 362 организации Мурманской области с наличием стационарных источников загрязнений осуществили выброс в атмосферу порядка 215,322 тыс. тонн загрязняющих веществ, что характеризует динамику снижения выбросов как положительную [15].

В 2019 году выбросы от стационарных источников составили 252,866 тыс. тонн/год, от передвижных 21,7 тыс. тонн/год. Максимальное количество выбросов загрязняющих веществ от стационарных источников на территории г. Мончегорск и составило 46,17 тыс. тонн. Чуть ниже показатель в Печенгском районе – 44,50 тыс. тонн. Именно в этих районах расположены крупнейшие предприятия цветной металлургии. Наибольшее количество выбросов основных загрязняющих веществ от стационарных источников в атмосферный воздух по-прежнему отмечается на территории Печенгского района – 75,025 тыс. т (в 2017 году – 80,375 тыс. т), где расположены крупнейшие предприятия цветной металлургии. В 2020 году показатель выбросов по Мурманской

области от стационарных источников снизился до 221,085 тыс. тонн. Большая часть выбросов, а именно 128,320 тыс. тон, что составляет порядка 64,5 %, приходится на выбросы диоксида серы. Основным поллютантом передвижных источников стал оксид углерода, выбросы которого составили почти 75% от общего числа выбросов за год. Общее количество тонн от нестационарных передвижных источников за год составило 22,062 тыс. тонн [14].

Крупнейшим предприятием-загрязнителем атмосферного воздуха в регионе является медно-никелевый комбинат «Североникель», который входит в состав Кольской ГМК. В 1969 году комбинат начал переработку норильских руд с повышенным содержанием серы вплоть до 30% и уровень промышленных выбросов резко возрос. В 2020 году в промышленных центрах области, в составе которых присутствуют предприятия Кольской ГМК, проводился ежегодный мониторинг за состоянием загрязнения атмосферного воздуха в г. Заполярном, г. Мончегорске и п. Никель. По данным наблюдений среднегодовая концентрация диоксида серы в атмосферном воздухе по результатам измерений всех постов за 2020 год не превышала допустимую норму и варьировалась от 0,3 ПДК в Никеле до 0,5 ПДК в Мончегорске. Однако следует отметить, что регистрировались превышения максимально разовых концентраций по содержанию диоксида серы и достигали в г. Заполярный 4,1 ПДК, г. Мончегорск 4,8 ПДК, в п. Никель 9,9 ПДК. Также были превышения по содержанию формальдегида в Мончегорске, Мурманске и Никеле, в определенные периоды наблюдались также превышения бенз(а)пирена [13].

Исходя из многолетних показателей, представленных в ежегодных отчетах на официальном сайте администрации Мурманской области, можно отметить тенденцию снижения концентрации диоксида серы в районе комбината Североникель, что представлено на рисунке 2.2 [20].

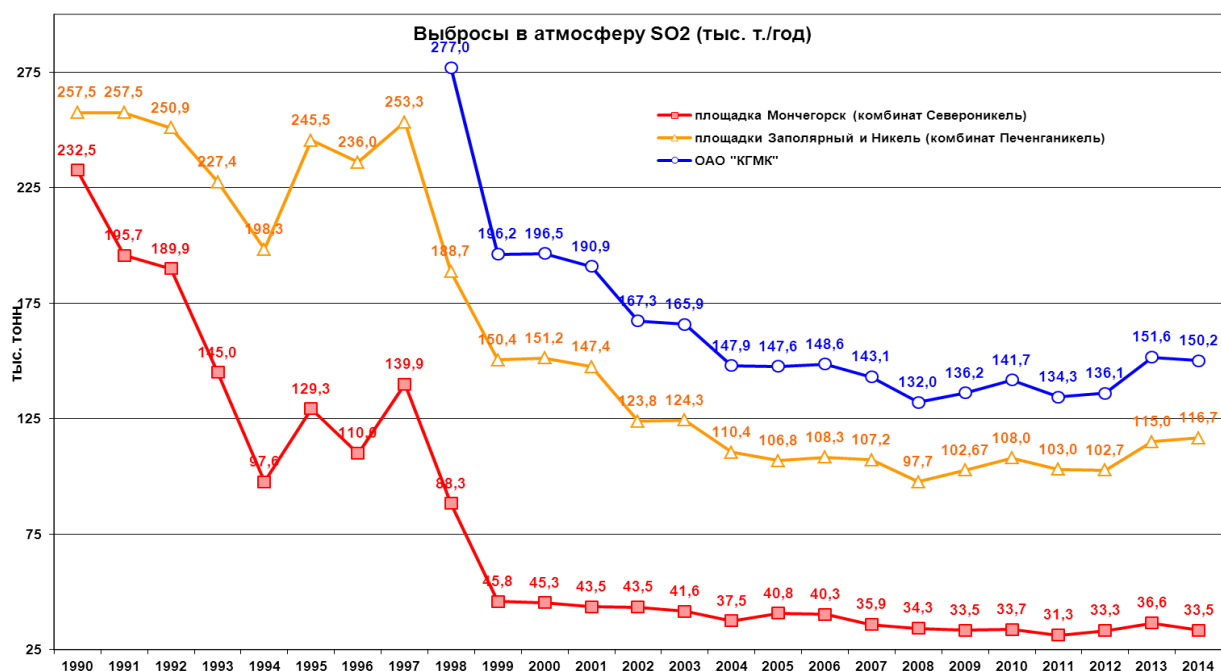


Рисунок 2.2 – Выбросы в атмосферу диоксида серы за период 1990 по 2014 года, тыс. тонн/год

В период с 2015 по 2018 годы динамика существенно не отличалась от динамики за предыдущие года, но это не означает, что пределы концентраций не превышались. Это может быть связано с тем, что вначале 2000-х предприятие вошло в состав ПАО «ГМК Норильский никель», которая, приблизительно в эти же годы, вышла на международный рынок и обязалась соблюдать стандарт ISO 14001:2004, регламентирующий деятельность в области охраны окружающей среды. По другим данным, что более вероятно, уменьшилась выработка производства из-за дефицита финансирования. По данным Мурманского управления по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды был составлен график состояния загрязнения атмосферного воздуха за 2021 год в городе Мончегорск по максимально разовым и среднемесячным концентрациям диоксида серы. График представлен на рисунке 2.3 [36], (Приложение А).

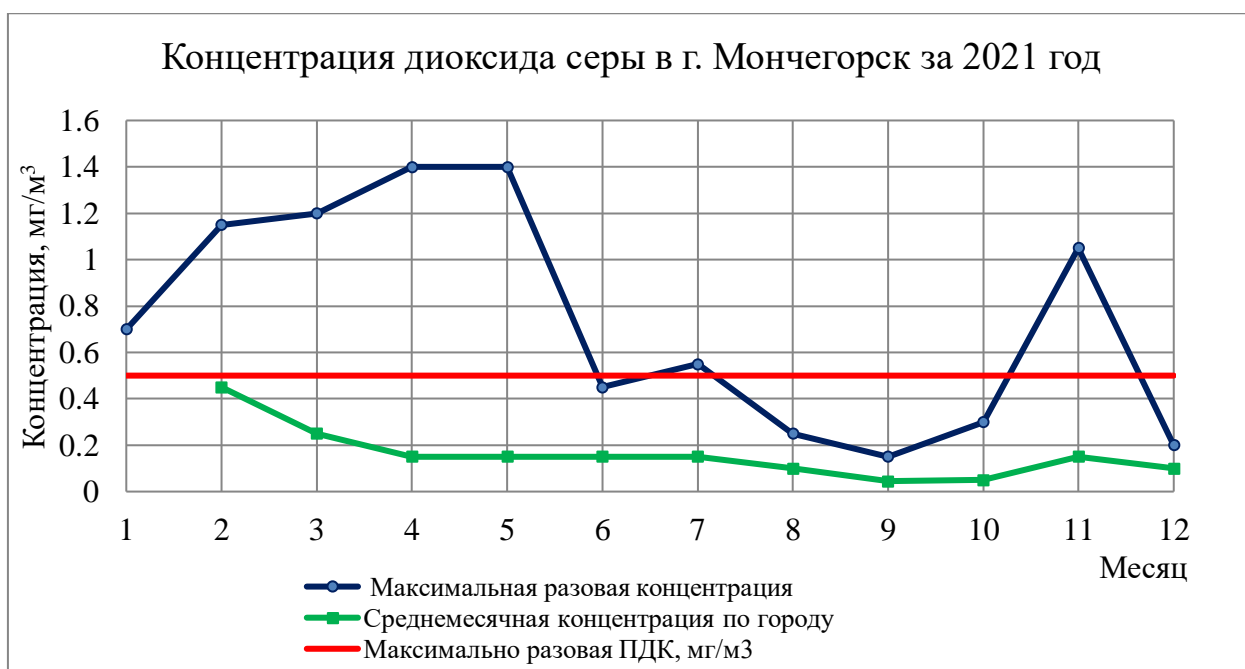


Рисунок 2.3 – Концентрация SO₂ в г. Мончегорск за 2021 год

Из графика (Рисунок 2.3) видно, что среднемесячная концентрация не превышает предельно допустимое значение по данному веществу, тогда как, особенно в зимний период наблюдается превышение максимально разовых концентраций. Вероятнее всего на превышение концентраций влияли, в том числе, неблагоприятные метеорологические условия.

2.2 Восстановление природных комплексов

С 1997 года сотрудниками лаборатории наземных экосистем Института проблем промышленной экологии Севера ФИЦ КНЦ РАН проводились целенаправленные эксперименты по разработке научно-обоснованных подходов к восстановлению почвенно-растительного покрова в зонах воздействия медно-никелевых комбинатов и созданию полигонов на основе экологического и инвестиционного подходов. Первые полевые эксперименты под руководством профессора В. В. Никонова начинались с небольших

участков площадью около 4 м². Далее исследования распространились и на нарушенные аэротехногенным воздействием техногенные пустоши и хвойные дефолирующие леса. В полевых экспериментах изучались эффективность различных подходов, подбирались норма внесения удобрений и специальных веществ, а также нормы посева и видовой состав многолетних трав и разнотравья. Производилась оценка состояния и устойчивости древесно-кустарничковых пород [37].

После снижения выбросов комбината Североникель в 1999 году и уменьшения воздействия сернистого ангидрида и цветных металлов, началось видимое естественное восстановление растительного покрова.

С 2002 года на основании договоров специалисты Лапландского заповедника начал разработку способов восстановления нарушенных экосистем в зоне длительного воздействия негативных выбросов комбината «Североникель». Также, с 2002 года начали проводить мониторинг территории Мончегорского района, которая подвержена влиянию выбросов и территории Лапландского заповедника. По полученным данным были скорректированы действия по рекультивации нарушенных земель и санитарно-противопожарному благоустройству земель лесного фонда. Расположение Лапландского заповедника рядом с медно-никелевым комбинатом внесло коррективы в научно-исследовательскую деятельность специалистов [19].

В 2003 году Кольской ГМК совместно с Мончегорским лесхозом были проведены первые работы по рекультивации, озеленению территорий и санитарно-противопожарному благоустройству земель лесного фонда, пострадавших от аэротехногенного воздействия комбината [38].

С 2003 по 2006 года специалисты Полярно-альпийского ботанического сад-института им. Н. А. Аврорина проводили работы по подбору и созданию устойчивых насаждений на площадке Мончегорск и изучению ряда экологических аспектов для определения их зоны оптимума. За этот период испытанию подлежали 6 видов деревьев, 13 видов кустарников, 26 видов многолетних травянистых цветочных растений и 6 видов однолетников [19].

С 2008 г. в рамках реализации региональной целевой программы «Охрана и гигиена окружающей среды и обеспечение экологической безопасности в Мурманской области» начато создание территориальной автоматизированной системы контроля состояния атмосферного воздуха в крупных и промышленных городах Мурманской области. В настоящее время установлены дополнительные посты с автоматизированными программно-аппаратными комплексами непрерывного контроля атмосферы в г. Заполярном, п. Никель, г. Мончегорск по содержанию диоксида серы, в г. Мурманске - оксидов азота, оксида углерода, метана, суммы углеводородов, в г. Апатиты - мелких взвешенных частиц ММ-10 [25].

В 2017 году компания «Норильский никель» продолжила выделять средства на озеленение территорий подвергающихся аэротехногенному воздействию. С 2003 года Кольская ГМК по рекомендации заповедников проводит рекультивацию на территории 100 га в Мончегорске, Заполярном и Никеле. За эти годы было высажено около 1 млн саженцев деревьев и кустарников, в том числе реализован пилотный проект по восстановлению поврежденных земель возле производственной площадки совместно с Кольским научным центром Российской академии наук [38].

С целью сокращения выбросов вредных веществ в атмосферу территории АО «Кольская ГМК» (группа компаний ПАО «ГМК «Норильский никель») подверглись модернизации действующих мощностей. Общий объем вложенных средств компанией составил порядка 35,3 млрд рублей в период с 2012 по 2020 гг [14].

2.3 Реакция лишайников на воздействие выбросов

Высокая продолжительность жизни, большое разнообразие и продуктивность вторичных метаболитов (не помогают при росте, но помогают для адаптации, химические соединения, не участвующие в основном клеточном

обмене), а также устойчивость к экстремальным условиям окружающей среды и чувствительность к загрязнению являются одними из многих необычных черт лишайников. Увеличение размера лишайника происходит от чуть менее миллиметра до нескольких сантиметров в год, а их продолжительность жизни оценивается в диапазоне от десятилетий или столетий до тысячелетий, в зависимости от вида и условий окружающей среды.

Многие виды произрастают в полярных и альпийских регионах, где подвергаются экстремальному высушиванию, температурному и радиационному угнетению. При этом зона экологической толерантности смещена в сторону экстремальных значений температуры, освещенности, незначительного увлажнения и достаточно узкая, что приводит к их широкому использованию для пространственного и временного мониторинга [39].

Лишенофлора является одним из прекрасных индикатором загрязнения окружающей среды, так как численность и видовой состав лишайников заметно возрастают или убывают в зависимости от расстояния от источника загрязнения. При этом у лишайников происходят морфологические и фенологические изменения, а также накапливаются химические элементы из загрязненного воздуха. Они способны аккумулировать тяжелые металлы, что используется при составлении карт загрязненности городов и территорий.

Лишеноиндикационные исследования позволяют дать качественную оценку состояния приземного воздуха. Нитрофильные виды лишайников указывают на загрязнение воздуха соединениями азота. Сильное кратковременное загрязнение ведет к гибели лишайников, а долговременное воздействие небольших доз загрязняющих веществ вызывает их угнетение.

Лишайники являются отличными индикаторами уровня диоксида серы в нижней тропосфере. Еще в период промышленной революции было замечено, что если уровень диоксида серы повышался, происходило обеднение лишенофлоры региона. Однако некоторые лишайники смогли включить загрязняющие вещества в свой метаболизм. Ярким примером может служить вид *Lecanora conizaeoides* с очевидной большой потребностью в сере,

численность которого в последние десятилетия сократилась в связи с сокращением выбросов SO_2 .

Несмотря на то, что в определенных условиях обитания на лишайники может действовать комплекс загрязнителей, множество экспериментальных исследований подтверждает, что лимитирующим фактором является наличие диоксида серы [52]. Во влажном состоянии лишайники могут активнее поглощать SO_2 из-за высокой растворимости SO_2 в воде. Приблизительно 70% SO_2 , поглощенного лишайниками, впоследствии может быть выщелочено в виде сульфата, но оставшиеся 30 %, присутствующие главным образом в виде бисульфита и/или сульфита, могут легко стать токсичными при накоплении в достаточном количестве. При хроническом воздействии могут снижаться различные физиологические параметры (фотосинтез, дыхание, азотфиксация, транспорт электронов и т. д.), а при остром воздействии может наступить смерть. Накопленная сера в процессе жизнедеятельности может восстановиться до H_2S и высвободиться, но величина выброса H_2S будет относительно невелика. Большинство биохимических исследований подчеркивают влияние SO_2 на водородный показатель субстрата. Наблюдаемая разная чувствительность к SO_2 среди разных видов лишайников может быть выражена в связи с разной величиной антиоксидантов, таких как глутатион, аскорбат или ферменты супероксиддисмутаза и пероксидаза, присутствующих в этих лишайниках [40].

Экспериментальные доказательства того, что лишайники реагируют на диоксид серы, в настоящее время получены со всего мира. Эрик Скай продемонстрировал, как кора деревьев закислялась и теряла свою буферную способность по мере приближения к центру города Стокгольм. Это привело к смещению видового состава эпифитных лишайников в сторону более устойчивых к кислой среде. Наиболее наглядные экспериментальные данные были получены в Англии, где в середине 1900-х годов по всей стране была создана сеть станций мониторинга диоксида серы. Поскольку измерения охватывали широкий диапазон значений диоксида серы в атмосфере, можно

было изучить закономерности в составе сообщества эпифитов на соседних деревьях и сделать вывод об относительной их чувствительности к SO_2 [40]. На основе дифференциальных изменений в сообществах эпифитных лишайников Hawksworth и Rose в своем исследовании установили две 10-балльные шкалы (одна для основной коры, другая для кислой коры), связывающие многолетние измерения SO_2 с изменениями в сообществах эпифитных лишайников. Их шкала по существу предоставила сложную гипотезу о предполагаемой дифференциальной чувствительности к SO_2 среди разных видов лишайников. Хотя первоначальные экспериментальные исследования, связанные с окуливанием лишайников SO_2 , лишь косвенно подтвердили эту шкалу, последующие были более весомыми и доказательными. Изменения, отмеченные в шкале, вполне могли быть связаны с другими факторами, помимо двуокиси серы, но общие тенденции, наблюдаемые Hawksworth и Rose, оказались весьма стабильными [41].

По реакции к загрязнению воздуха виды лишайников делят на три категории:

1) самые чувствительные, исчезающие при первых симптомах загрязнения;

2) среднечувствительные, приходящие на смену погибшим чувствительным видам, с которыми они не могли конкурировать, пока воздух был чистым;

3) самые выносливые, к загрязнению (накипные лишайники из рода леканора и листоватые из родов ксантория и фисция) [42].

На основе индивидуальных особенностей лишайников были разработаны шкалы толерантности лишайников для различных стран (Англия, Норвегия, Голландия, Австрия, Эстония). (Приложение Б)

Глава 3 Лишайники Мурманской области

3.1 Видовое разнообразие лишенофлоры Кольского полуострова

В 2008 году специалистами из Кольского научного центра, Ботанического института им. В. Л. Комарова Российской Академии Наук и Хельсинского университета был опубликован каталог известных видов лишайников, лишенофильных и близких нелихенизированных грибов Мурманской области, являющийся результатом полуторавекового периода исследования лишенофлоры этого района. Всего в список вошли 1139 видов из 278 родов. Они включают 1029 видов лишайников, 86 видов лишенофильных грибов и 24 вида сапротрофных нелихенизированных грибов. Исключенные и спорные таксоны вынесены отдельно [43].

Научная номенклатура в основном следует каталогу лишайников Фенноскандии с рядом изменений. Для каждого таксона указаны основные субстраты используя следующие сокращения:

Cor – обитают на коре деревьев;

Lig – обитают на древесине без коры;

Ter – обитают на почвенном покрове;

Sax – обитают на камнях и скалах;

Bry – обитают на мхах (в том числе растущих поверх камней и почвы, на основании стволов деревьев и валеже);

Deb – обитают на отмерших частях растений;

Par – нелихенизированные грибы, обитают на талломах или апотециях лишайников.

Биогеографические провинции Мурманской области были выделены на основе работы О. Heikinheimo, М. Raatikainen (1971), но с коррекцией границы между *Larponia Imandrae* и *Larponia murmanica*: Ловозерские горы теперь относятся к *Larponia Imandrae* [44].

Окрестности города Мончегорск относятся к Имандрской Лапландии, в пределах которой особо выделен Хибинский горный массив.



Рисунок 3.1 – Видовое разнообразие лишайников биogeографических провинций Мурманской области (Norrlinia 17 (2008))

В таблице (Рисунок 3.2) приведены некоторые статистические данные по биогеографии и экологии лишайников и близких к ним грибов Мурманской области.

Субстрат	Провинция								Всего
	Lps	Lt	Lm	Lim*	Lv	Lp	Ks	Kk	
Cor	173	163	85	231	162	107	192	198	314
Lig	143	131	90	170	123	94	134	141	204
Ter	171	148	130	188	130	140	149	119	222
Sax	351	245	158	414	160	180	226	170	544
Bry	134	119	99	159	96	119	122	109	203
Deb	92	77	69	109	65	90	89	71	138
Par	13	10	16	49	6	14	18	7	86
Всего	623	460	290	814	339	346	477	396	1139

* – включая Хибинский горный массив - Kh, для которого известно 492 вида.

Рисунок 3.2 – Виды и распространение лишайников и лишеноподобных грибов по биогеографическим провинциям (Norrlinia 17 (2008))

В таблице выделены следующие провинции: *Lps* Печенгская Лапландия, *Lt* Туломская Лапландия *Lm* Мурманская Лапландия, *Lim* Имандрская Лапландия (в пределах которой отдельно выделен Хибинский горный массив – *Kh*), *Lv* Варзугская Лапландия, *Lp* Понойская Лапландия, *Ks* Куусамо, *Kk* Керетская Карелия. Расшифровка субстрата представлена выше [44].

На 2010 год на территории Мурманской области известно 1175 видов лишайников из 300 родов и 93 семейств [42]. 50% видового разнообразия сосредоточено в 9 крупнейших семействах лишенофлоры (*Lecanoraceae*, *Parmeliaceae*, *Lecideaceae*, *Physciaceae*, *Cladoniaceae*, *Verrucariaceae*, *Ramalinaceae*, *Teloschistaceae*, *Rhizocarpaceae*). Для провинции Имандрская Лапландия, к которой относятся окрестности г. Мончегорск, известно 814 видов лишайников, из них 231 вид эпифитных (произрастающих на коре живых деревьев).

3.2 Описание исследуемых площадок в окрестностях г. Мончегорск

Площадки для изучения состояния лишенофлоры были заложены на территории Мончегорского муниципального округа, вблизи г. Мончегорск на удалении от металлургического предприятия приблизительно на 11 км и дальше на Север. С других сторон от источника загрязнения заложение площадок было затруднительно ввиду расположенных вблизи комбината горного массива Мончетундры, озёр и г. Мончегорск. Направление было выбрано исходя из рельефа местности и розы ветров: ветра преобладают южные (36,2%) и северо-северо-западные (38%), рельеф равнинный (рисунок G). Расположение площадок ближе 10 км было невозможно ввиду отсутствия нужного количества исследуемого объекта. Сообщается, что 2017 – 2018 годах

были зарегистрированы единичные виды лишайников в 3-5 км от источника загрязнения, хотя в период с 2005 по 2008 они отсутствовали.

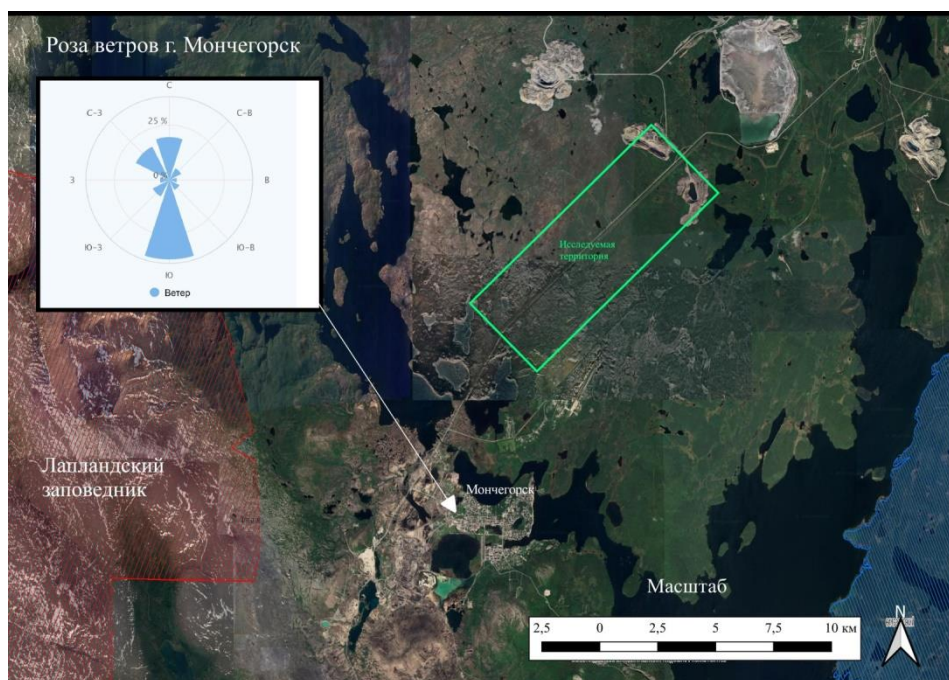


Рисунок 3.3 – Окрестности г. Мончегорск и положение территории исследования относительно промышленного объекта

Изучение эпифитных лишайников на прилегающей к предприятию территории было невозможно ввиду отсутствия субстрата (т.е. деревьев) необходимого возраста.

Приблизительный возраст деревьев, выбранных для исследования составил 30-40 лет. Активное восстановление за счет внедрения пробных, но широко используемых технологий проходило в начале 2000-х, поэтому типичный растительный покров, характерный для северной тайги, полностью не сформирован.

В качестве модельного дерева была выбрана сосна обыкновенная как наиболее распространенное и возрастное дерево местности. Измерения проводились методом «линейных пересечений» на расстоянии 1,30 м от земли. На каждой площадке были выбраны 10 деревьев. Следует отметить, что на всех

площадках имелся значительный слой листового опада, что затруднило точное определение состава мохово-лишайникового яруса.

Измерения с первых трёх площадок снимались 23 августа 2021 года. Температура воздуха составила +9 градусов Цельсия, переменная облачность, осадки в любом проявлении отсутствовали. Ветер северный, 6 м/с.

Площадка №1 была заложена на расстоянии приблизительно 11,5 км от источника загрязнения. Является ближайшей к потенциальному источнику загрязнения площадкой. Угол склона 4°, азимут 346° на СВ.

Площадка находится в понижении. Поверхность бугристая с выступающими камнями, в понижениях микрорельефа вода. Много сухостоя и неразложившейся древесины. Преобладают мохово-лишайниковый и травянисто-кустарничковый ярус, имеется подрост, крайне мало взрослых деревьев.

Тип растительности: северная тайга.

Название сообщества: сосновая редица.

Мохово-лишайниковый ярус представлен в основном следующими видами: кладония вильчатая (*Cladonia furcata*), кладония деформированная (*Cladonia deformis*), ризокарпон географический (*Rhizocarpon geographicum*), веррукария чернеющая (*Verrucaria nigrescens*) [46]. Также, присутствует зеленый (бриевый) мох (*Bryidae*). Кладония вильчатая распространена равномерно, покрытие составило порядка 10 %. Проективное покрытие кладонии деформированной неравномерное и составило около 5 %. Ризокарпон географический и веррукария чернеющая распределены пятнами по каменистому субстрату.

Травянисто-кустарничковый ярус представлен следующими видами: багульник болотный (*Ledum palustre*), черника обыкновенная (*Vaccinium myrtillus*), вереск обыкновенный (*Calluna vulgaris*), хвощ лесной (*Equisetum sylvaticum*), голубика лесная (*Vaccinium uliginosum*), вороника черная (*Empetrum nigrum*). Общее проективное покрытие неравномерно и составляет от 20 до 70% в зависимости от расположения. Наибольшее покрытие наблюдается у

багульника болотного (60%), чуть меньше (40%) у вереска обыкновенного. Обилие черники и вороники составляет около 30%, голубики порядка 10%. Практически отсутствует хвощ (1%). За исключением черники, все растения пребывают в фазе покоя. Высота этого яруса варьируется от 8 до 25 см. Характер распределения: неравномерный, кочками или отдельно стоячими экземплярами.

Кустарничковый ярус представлен березой карликовой (*Betula nana*), обилие которой составляет порядка 5-10%. В высоту достигает не более 50 см, распределена неравномерно.

Кустарниковый ярус представлен ивой ушастой (*Salix aurita*), высота которой может достигать 2 метров. Распределение по площадке неравномерное, присутствуют отдельно стоящие деревья.

Подрост представлен березой извилистой (*Betula tortuosa*), средняя высота которой 1,5 м, сосной обыкновенной (*Pinus sylvestris*), средняя высота которой составляет около 1,2 м. Распределение подроста по площадке неравномерное, проективное покрытие березы и сосны составляют примерно 20 и 15% соответственно.

Древостой представлен сосной обыкновенной (*Pinus sylvestris*), чуть реже встречается береза извилистая (*Betula tortuosa*). Господствующий возраст сосен составил около 25 лет, средняя высота 6 м, усредненный диаметр ствола 30-40 см, состояние угнетенное, много сухостоя. Нижние ветви сухие, иголки на верхних ветвях. Живые ветви редкие, преимущественно на вершине. На некоторых нижних ветвях иголки красно-желтые или пепельно-серые. Господствующий возраст берез приблизительно лет 20, средняя высота 2-3 м, средний диаметр ствола 15-20 см, состояние угнетенное, но видимых физических повреждений и биологических вредителей нет. Сомкнутость древесного полога 0,1.

Площадка №2 была заложена на расстоянии приблизительно 11,8 км от источника загрязнения. Не является ближайшей к источнику площадкой. Угол склона 5°, азимут 36° на СВ.

Площадка находится на небольшой, но незначительной возвышенности. Поверхность ровная с выступающими камнями.

Тип растительности: северная тайга.

Название сообщества: сосняк черничный.

Мохово-лишайниковый ярус представлен парамелией бороздчатой (*Parmelia sulcata*) (3%), ризокарпоном географическим (*Rhizocarpon geographicum*) (2%), веррукарией чернеющей (*Verrucaria nigrescens*) (проективное покрытие около 1-2%), которые распределены неравномерно по каменистому субстрату.

Травянисто-кустарничковый ярус представлен следующими видами: багульник болотный (*Ledum palustre*), проективное покрытие видом 30%, вороника чёрная (*Empetrum nigrum*) (30%), черника обыкновенная (*Vaccinium myrtillus*) (60%), встречаются единичные побеги иван-чая (*Chamaenerion angustifolium*). Общее проективное покрытие около 50%. Растения находятся в фазе покоя. Высота яруса составляет от 9-15 (черника) до 20 (багульник) см. Характер распределения равномерный.

Кустарниковый ярус представлен ивой ушастой (*Salix aurita*), высота которой может достигать 2 метров. Распределение по площадке неравномерное, присутствуют отдельно стоящие деревья.

Подрост представлен березой извилистой (*Betula tortuosa*), средняя высота которой 1,5 м, сосной обыкновенной (*Pinus sylvestris*), средняя высота которой составляет около 1,2 м. Распределение подроста по площадке равномерное, проективное покрытие березы и сосны составляют примерно 20 и 15% соответственно.

Древостой представлен сосной обыкновенной (*Pinus sylvestris*), березой извилистой (*Betula tortuosa*). Господствующий возраст сосен составил около 20-40 лет, средняя высота 6-8 м, усредненный диаметр ствола 30-40 см, состояние удовлетворительное, сухостой присутствует. Ствол меняет цвет от темно-коричневого снизу к красновато-жёлтой коре сверху. Господствующий возраст берез приблизительно лет 20-40, средняя высота 3-4 м, средний диаметр ствола

20-25 см, состояние приемлемое, видимых физических повреждений и биологических вредителей нет. Сомкнутость древесного полога 0,7.

Площадка №3 заложена на расстоянии приблизительно 12,5 км от источника загрязнения. Расстояние между площадкой №1 и №2 около 700 м. Угол склона 5°, азимут 29° на СВ. Расположена на незначительном повышении, поверхность ровная, почвенный слой неравномерный, с выступающими гладкими камнями.

Тип растительности: северная тайга.

Название сообщества: сосняк багульниковый

Мохово-лишайниковый ярус практически не отличается видовым составом от площадки №2 и представлен такими видами как пармелия бороздчатая (*Parmelia sulcata*) (2%), ризокарпоном географическим (*Rhizocarpon geographicum*) (2%), веррукария чернеющая (*Verrucaria nigrescens*) (1-2%). Распределены неравномерно по каменистому субстрату.

Травянисто-кустарничковый ярус представлен следующими видами: багульник болотный (*Ledum palustre*) (проективное покрытие видом 50%), вороника чёрная (*Empetrum nigrum*) (20%), черника обыкновенная (*Vaccinium myrtillus*) (30%). Общее проективное покрытие приблизительно 40%. Растения находятся в фазе покоя. Высота яруса составляет от 9-15 (черника) до 20 (багульник) см. Вороника достигает 11-13 см. Характер распределения по площадке равномерный.

Подрост представлен березой извилистой (*Betula tortuosa*), средняя высота которой 2 м, сосной обыкновенной (*Pinus sylvestris*), средняя высота которой составляет около 1,6 м. Распределение подроста по площадке равномерное, проективное покрытие березы и сосны составляют примерно 20 и 15% соответственно.

Древостой представлен сосной обыкновенной (*Pinus sylvestris*), березой извилистой (*Betula tortuosa*). Господствующий возраст сосен составил около 30-40 лет, средняя высота 6-8 м, усредненный диаметр ствола 30 см, состояние удовлетворительное, сухостой присутствует. Ствол меняет цвет от темно-

коричневого снизу к красновато-жёлтой коре сверху. Менее крупные, чем на площадке №2. Господствующий возраст берез приблизительно лет 20, средняя высота 3-4 м, средний диаметр ствола 25-28 см, состояние удовлетворительное, видимых физических повреждений и биологических вредителей нет. Сомкнутость древесного полога 0,7.

Площадка №4 была заложена на расстоянии 14,7 км от источника загрязнения. От площадки №2 удалена приблизительно на 2 км Угол склона 5°, азимут 14° на С. Рельеф равнинный.

Тип растительности: северная тайга

Название сообщества: сосняк багульниковый

Мохово-лишайниковый ярус представлен в основном мхом зеленым (*Bryidae*), который распространен неравномерно.

Травянисто-кустарничковый ярус представлен следующими видами: багульник болотный (*Ledum palustre*) (70%), черника обыкновенная (*Vaccinium myrtillus*) (40%), вереск обыкновенный (*Calluna vulgaris*) (30%). Общее проективное покрытие приблизительно 50%. Растения находятся в фазе покоя. Высота яруса составляет от 9-15 (черника) до 20 (багульник) см. Вереск достигает 18 см. Характер распределения по площадке равномерный.

Подрост представлен березой извилистой (*Betula tortuosa*), средняя высота которой 1,5 м, сосной обыкновенной (*Pinus sylvestris*), средняя высота которой составляет около 2 м. Распределение подроста по площадке неравномерное, проективное покрытие березы и сосны составляют примерно 10 и 15% соответственно. На площадке присутствует подрост ели сибирской (*Picea obovata*), средняя высота которого 1,5 м, проективное покрытие примерно 2%, распространение неравномерное.

Древостой представлен сосной обыкновенной (*Pinus sylvestris*), березой пушистой (*Betula pubescens*), реже встречается ель сибирская (*Picea obovata*). Посадка плотная. Господствующий возраст сосен составил около 30-40 лет, средняя высота 6-8 м, усредненный диаметр ствола 30-40 см, состояние удовлетворительное, сухостоя мало. Ствол меняет цвет от темно-коричневого

снизу к красновато-жёлтой коре сверху. Господствующий возраст берез приблизительно лет 20, средняя высота 3-4 м, средний диаметр ствола 20-24 см, состояние удовлетворительное, видимых физических повреждений и биологических вредителей нет. Господствующий возраст ели сибирской ориентировочно 30-40 лет, средняя высота 6 м, средний диаметр 24-29 см, состояние хорошее. Сомкнутость древесного полога 0,7.

Площадка №5 была заложена на расстоянии 15,5 км от источника загрязнения. От площадки №4 удалена приблизительно на 700 м Угол склона 5°, азимут 31° на СЗ. Рельеф равнинный, открытый участок местности с отдельно стоящими деревьями.

Тип растительности: северотаежный лес

Название сообщества: сосновая редица

Мохово-лишайниковый ярус представлен в основном мхом зеленым (*Bryidae*), который распространен неравномерно.

Травянисто-кустарничковый ярус представлен следующими видами: багульник болотный (*Ledum palustre*) (30%), черника обыкновенная (*Vaccinium myrtillus*) (30%), вереск обыкновенный (*Calluna vulgaris*) (60%), присутствует хвощ болотный (*Equisetum palustre*) (около 1%). Общее проективное покрытие приблизительно 50%. Растения находятся в фазе покоя. Высота яруса составляет от 9-15 (черника) до 25 (хвощ) см. Вереск достигает 18 см, багульник 20 см. Характер распределения по площадке равномерный.

Подрост представлен березой извилистой (*Betula tortuosa*), средняя высота которой 2 м, сосной обыкновенной (*Pinus sylvestris*), средняя высота которой составляет около 2,5 м. Распределение подроста березы по площадке неравномерное, сосны – равномерное. Проективное покрытие березы и сосны составляют примерно 5 и 15% соответственно. На площадке присутствует подрост ели сибирской (*Picea obovata*), средняя высота которого 1,8 м, проективное покрытие примерно 5%, распространение неравномерное. Также, присутствует береза пушистая, проективное покрытие которой составляет до 7%, средняя высота около 50 см, распределение неравномерное.

Древостой представлен сосной обыкновенной (*Pinus sylvestris*), расстояние между деревьями больше, чем на предыдущих площадках. Господствующий возраст сосен составил около 40 лет, средняя высота 8-10 м, усредненный диаметр ствола 40-50 см, состояние удовлетворительное, сухостоя присутствует. Нижние ветви практически на всех крупных деревьях высохшие, иголки распространены только по верхним ветвям. Ствол меняет цвет от темно-коричневого снизу к красновато-жёлтой коре сверху. Сомкнутость древесного полога 0,1.

Площадка №6 была заложена на расстоянии 15,7 км от источника загрязнения. От площадки №5 удалена приблизительно на 600 м Угол склона 5°, азимут 36° на СВ. Рельеф равнинный, заболоченность присутствует.

Тип растительности: северная тайга

Название сообщества: сосняк вересковый

Мохово-лишайниковый ярус представлен в основном мхом зеленым (*Bryidae*), который распространен неравномерно

Травянисто-кустарничковый ярус представлен следующими видами: багульник болотный (*Ledum palustre*) (20%), черника обыкновенная (*Vaccinium myrtillus*) (30%), вереск обыкновенный (*Calluna vulgaris*) (60%), присутствует хвощ болотный (*Equisetum palustre*) (около 1%), осока дернистая (*Carex cespitosa*) (10%), вороника черная (*Empetrum nigrum*) (10%), брусника обыкновенная (*Vaccinium vitis-idaea*) (10%). Общее проективное покрытие приблизительно 50%. Растения находятся в фазе покоя за исключением брусники, которая плодоносит. Высота яруса составляет от 9 (брусника) до 30 (осока) см. Вереск достигает 18 см, багульник 20 см, вороника 15 см, черника 9-15 см. Характер распределения по площадке равномерный.

Кустарниковый ярус представлен ивой ушастой (*Salix aurita*), высотой около 0,60 м. Распределение по площадке неравномерное, присутствуют отдельно стоящие деревья.

Подрост представлен березой извилистой (*Betula tortuosa*), средняя высота которой составляет 50 см, сосной обыкновенной (*Pinus sylvestris*),

средняя высота которой около 2,5 м. Распределение подроста березы по площадке неравномерное, сосны – равномерное. Проективное покрытие березы и сосны составляют примерно 7 и 40% соответственно. На площадке присутствует подрост ели сибирской (*Picea obovata*), средняя высота которого 1,8 м, проективное покрытие примерно 10%, распространение неравномерное.

Древостой представлен сосной обыкновенной (*Pinus sylvestris*), березой пушистой (*Betula pubescens*), встречается ель сибирская (*Picea obovata*). Господствующий возраст сосен составил около 40-50 лет, средняя высота 8-9 м, усредненный диаметр ствола 50-60 см, состояние удовлетворительное, сухостоя мало. Ствол меняет цвет от темно-коричневого снизу к красновато-жёлтой коре сверху, нижние ветви усыхают. Господствующий возраст берез приблизительно лет 20, средняя высота 3 м, средний диаметр ствола 20-25 см, состояние удовлетворительное, видимых физических повреждений и биологических вредителей нет. Господствующий возраст ели сибирской ориентировочно 30-40 лет, средняя высота 6 м, средний диаметр 20-25 см, состояние хорошее. Сомкнутость древесного полога 0,2.

Площадка №7 была заложена на расстоянии 17,8 км от источника загрязнения. От площадки №4 удалена приблизительно на 2 км Угол склона 5°, азимут 31° на СЗ. Рельеф равнинный.

Тип растительности: северная тайга

Название сообщества: сосновый лес с еловым подростом.

Мохово-лишайниковый ярус представлен в основном мхом зеленым , который распространен неравномерно

Травянисто-кустарничковый ярус представлен следующими видами: багульник болотный (*Ledum palustre*) (40%), черника обыкновенная (*Vaccinium myrtillus*) (40%), вереск обыкновенный (*Calluna vulgaris*) (10%), присутствует хвощ лесной (*Equisetum sylvaticum*) (около 1%), вороника черная (*Empetrum nigrum*) (5%), брусника обыкновенная (*Vaccinium vitis-idaea*) (5%). Общее проективное покрытие приблизительно 50%. Растения находятся в фазе покоя за исключением брусники, которая плодоносит. Высота яруса составляет от 9

(брусника, черника, вороника) до 25 (хвощ) см. Характер распределения по площадке равномерный.

Подрост представлен березой извилистой (*Betula tortuosa*), средняя высота которой составляет 50 см, елью сибирской (*Picea obovata*), средняя высота которой около 1,3 м. Проективное покрытие березы и ели составляют примерно 7 и 20 % соответственно. На площадке присутствует подрост сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris*), средняя высота которого 2 м, проективное покрытие примерно 7%. Распределение подроста березы и ели по площадке неравномерное, сосны – равномерное.

Древостой представлен сосной обыкновенной (*Pinus sylvestris*), елью сибирской (*Picea obovata*). Господствующий возраст сосен составил около 40-50 лет, средняя высота 8-10 м, усредненный диаметр ствола 50-60 см, состояние удовлетворительное, сухостой присутствует. Ствол меняет цвет от темно-коричневого снизу к красновато-жёлтой коре сверху, нижние ветви усыхают. Господствующий возраст ели сибирской ориентировочно 30-40 лет, средняя высота 6-8 м, средний диаметр 20-26 см, состояние хорошее. Сомкнутость древесного полога 0,3.

Средние значения проективного покрытия (в %) по видам лишайников приведены в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Среднее значение проективного покрытия на исследуемых площадках

Площадка	Процентное покрытие площадок, %							Ср.знач
	1	2	3	4	5	6	7	
<i>Parmeliopsis ambigua</i>	5,72	4,63	3,85	6,01	3,61	2,48	3,30	4,23
<i>Hypogymnia physodes</i>	4,47	5,61	0,00	4,58	4,57	4,00	3,82	3,86
<i>Bryoria furcellata</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,12	1,12

Графическое изображение соотношения проективного покрытия двух основных видов на исследуемых площадках приведено на рисунке 3.4.

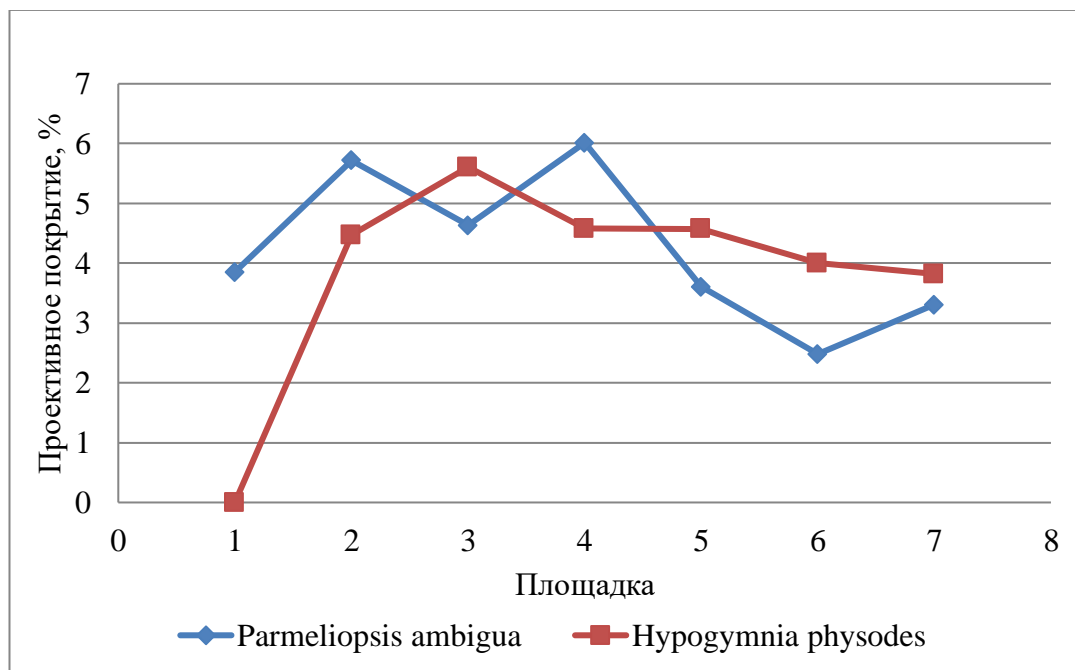


Рисунок 3.4 – Соотношение проективных покрытий двух основных видов на учетных площадках

По графику видно, что постепенно увеличивается проективное покрытие и доля более чувствительного лишайника *Hypogymnia physodes*.

3.3 Обработка результатов

В рамках ВКР для изучения были отобраны образцы эпифитных лишайников со стволов деревьев на исследуемых площадках. Выбор в пользу эпифитных лишайников был сделан потому, что они наиболее подвержены влиянию выбросов атмосферных загрязнителей. Было заложено 7 площадок, находящихся на одной линии по мере удаления от потенциального источника

загрязнения – промышленного предприятия. Расстояние между первой и последней площадкой заложения составляет в общей сложности 7 км.

На исследованных площадках в заметном количестве обнаружены следующие виды эпифитных лишайников:

40. Пармелиопсис сомнительный (*Parmeliopsis ambigua*) – эпифитный лишайник, распространенный по всей России в хвойных и смешанных равнинных и горных лесах. Один из самых распространенных лишайников, устойчивых к загрязнению. Окрас от рыжеватых, до зеленоватых оттенков. Широко наблюдался на всех площадках.

2 Гипогимния вздутая (*Hypogymnia physodes*) – эпифитный лишайник с листоватым розетковидным талломом. Серовато-зеленоватый, желтовато-серовато-зеленоватый или голубовато-зеленовато-серый. Встречается реже, чем первый вид.

3 Бриория мельковильчатая (*Bryoria furcellata*) – кустистый лишайник в виде торчащего кустика до 8 см, окраска от светло- до темно-коричневой, поверхность блестящая. Обладает высокой чувствительностью к атмосферному загрязнению. Встречается редко и на подветренных сторонах деревьев.

При оценке уровня загрязнения различной территории методами лишеноиндикации в основном используется 2 подхода: количественный и качественный. Метод линейных пересечений, используемый в ВКР, относится к количественному подходу, для обработки результатов которого используются лишеноиндикационные индексы, которые могут учитывать отношение встреченных видов лишайников к классу полеотолерантности или же данные количественных измерений их численности [45].

Для обработки результатов с заложенных пробных площадок были использованы индекс полеотолерантности и индекс чистоты атмосферы.

Индекс полеотолерантности применяется тогда, когда есть возможность определить видовой состав и класс полеотолерантности. То есть, для этого индекса необходимо знать не только общее покрытие всех видов,

произрастающих на модельных деревьях, но и проективные покрытия каждого вида по отдельности. Индекс рассчитывается по следующей формуле:

$$IP = \sum_{i=1}^n \frac{A_i + C_i}{C_n},$$

Где n – количество видов на пробной площадке, A_i – класс полеотолерантности i -го вида, C_i – проективное покрытие i -го вида в баллах, C_n – сумма значений покрытия всех видов (в баллах). Индекс вычисляется для всех исследуемых деревьев на площадке в целом.

Значения IP находятся в промежутке от 1 и до 10. Чем больше значение этого индекса, тем более загрязнен воздух в данном месте. Нулевое значение индекса возможно только в случае полного отсутствия лишайников.

Оценка проективного покрытия осуществляется по 10-балльной шкале, приведенной в таблице ниже (таблица 3.2).

Таблица 3.2 – Шкала оценки проективного покрытия

Балл	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Покрытие, %	1-3	3-5	5-10	10- 20	20- 30	30- 40	40- 50	50- 60	60- 80	80- 100

По таблице 3.3 определяется, исходя из полученного в формуле значения IP , уровень загрязнения атмосферного воздуха (условная зона). Также, в таблице приведены примерные интервалы среднегодовых значений содержания SO_2 для каждой выделенной зоны [45].

Таблица 3.3 – Значения уровня загрязнения атмосферного воздуха по индексу IP

IP	Концентрация SO ₂ (мг/м ³)	Условная зона
1 – 2	Менее 0,01	Нормальная
2 – 5	0,01-0,03	Малого загрязнения
5 – 7	0,03-0,08	Среднего загрязнения
7 – 10	0,08-0,10	Сильного загрязнения
10	0,10-0,30	Критического загрязнения
0	более 0,3	Лишайниковая пустыня

Классы полеотолерантности определялись по классификации Х.Х. Трасса (1985) с пересмотром некоторых по исследованиям Анищенко Л.Н. и Малышкина Н.Г.. Исследуемые виды относятся к следующим классам:

Parmeliopsis ambigua – 7 класс [47], [48];

Hypogymnia physodes – 6 класс;

Bryoria furcellata – 3 класс [49].

Суммарное проективное покрытие, единичный и суммарный балл покрытия, а также итоговое значение индекса полеотолерантности для каждой площадки приведены в таблице 3.4.

Таблица 3.4 – Расчетные данные и индекс IP

Вид/площадка	Проективное покрытие, %						
	1	2	3	4	5	6	7
<i>Parmeliopsis ambigua</i>	47,64	46,28	38,5	60,1	36,1	24,8	33,0
<i>Hypogymnia physodes</i>	31,29	11,21	0	18,3	13,7	32,0	15,3
<i>Bryoria furcellata</i>	0	0	0	0	0	0	1,1

Продолжение таблицы 3.4

Вид	Балл покрытия						
<i>Parmeliopsis ambigua</i>	7	7	6	9	6	5	6
<i>Hypogymnia physodes</i>	6	4	0	4	4	6	4
<i>Bryoria furcellata</i>	0	0	0	0	0	0	1
Сп	13	11	6	13	10	11	11
IP	7	7	7	7	7	6	6

Таким образом, мы видим, что для площадок 1-5 индекс равен 7, что можно характеризовать как верхнюю границу среднего загрязнения. На площадках 6 и 7 индекс равен 6 – условная зона среднего загрязнения. Среднегодовая концентрация диоксида серы по соотношению концентрации и зоны (Таблица 3.3) для всех изученных площадок составляет 0,03-0,08 мг/м³. Таким образом, потенциально уровень загрязнения диоксидом серы с 10 по 17 км от источника воздействия остается на среднем уровне.

Для оценки чистоты воздуха также был посчитан индекс чистоты атмосферы IAQ. Этот индекс не зависит от видового состава, поэтому более прост в использовании. Изначально рассчитывается для каждого модельного дерева в отдельности, затем происходит усреднение для всей исследуемой площадки в целом. Чем больше будет проективное покрытие лишайников, тем выше индекс и, соответственно, считается, что чище воздух. В теории диапазон индекса IAQ находится в пределах [0; ∞). Индекс рассчитывается по формуле:

$$IAQ = \sum_{i=1}^n \frac{Q_i \times C_i}{10},$$

Где Q_i – экологический индекс определенного i -го вида (или индекс ассоциированности), C_i – показатель обилия i -того вида, n – количество видов. Оценка проективного покрытия также делается по 10 балльной шкале.

После нахождения индекса чистоты атмосферы можно примерно определить схожее значение концентрации диоксида серы в воздухе, исходя из получившегося значения и таблицы 3.5.

Таблица 3.5 – Концентрация SO_2 в воздухе (по Трассу, 1985) для определенного значения индекса чистоты атмосферы

IAQ	Концентрация SO_2 , мг/м ³
0-9	Более 0,086
10-24	0,086-0,057
25-39	0,057-0,028
40-54	0,028-0,014
более 55	Менее 0,014

Для более точного определения показателя обилия видов на каждом исследуемом дереве была сформирована таблица 3.6. Помимо C_i , в таблице также представлены экологический индекс определенного вида и итоговый получившийся показатель IAQ [45].

Таблица 3.5 – Расчетные данные для показателя IAQ и его значение

№ дерева	Количество видов						
	1	2	3	4	5	6	7
Площадка							
1	1	1	1	2	1	2	1
2	2	1	1	2	1	2	2

Продолжение таблицы 3.5

3	1	2	1	1	2	2	1
4	1	1	1	2	1	1	1
5	2	2	1	2	1	2	1
6	2	1	1	1	1	2	3
7	1	1	1	1	1	2	2
8	2	1	1	1	2	2	2
9	2	1	1	1	2	1	1
10	2	1	1	1	1	2	1
Q	2	2	2	2	2	2	3
IAQ	2	2	3	2	3	3	4

Таким образом, из таблицы 3.5 видно, что показатели индекса загрязнения атмосферы входят в диапазон от 0 до 9, а значит, предположительное содержание диоксида серы в воздухе, вероятнее всего будет более $0,086 \text{ мг/м}^3$. Это значит, что концентрация диоксида серы достаточно высока, превышает среднесуточное ПДК ($0,05 \text{ мг/м}^3$) для населенных мест, но не превышает максимально разовый ПДК ($0,5 \text{ мг/м}^3$). Для более наглядного представления результата был построен график, представленный на рисунке 3.5.

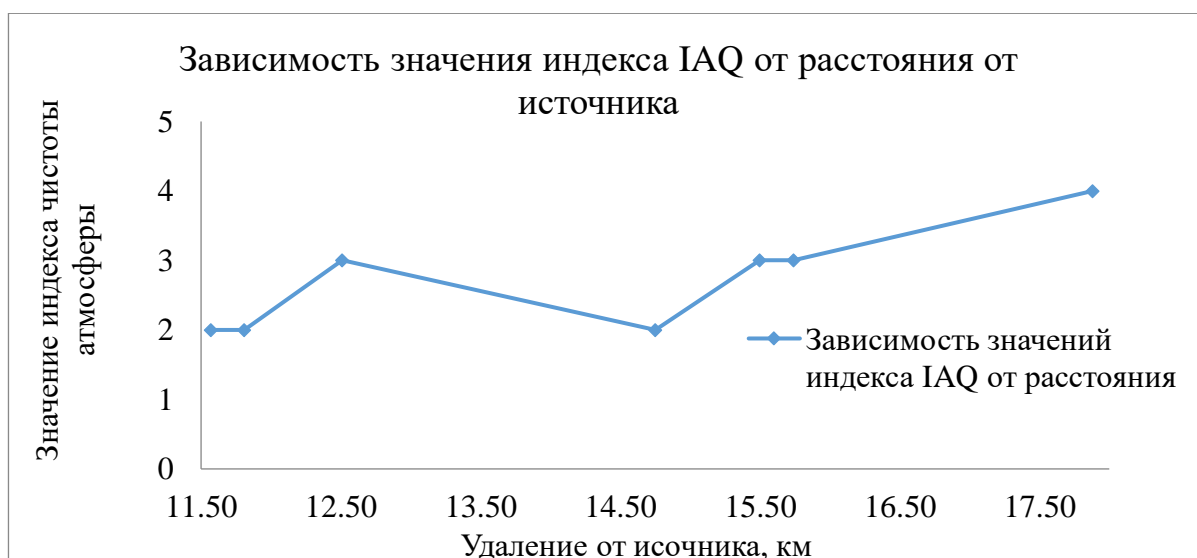


Рисунок 3.5 – Зависимость значения IAQ от удаления от источника

Как видно из графика, представленного на рисунке 3.5, с увеличением расстояния значение индекса растет.

Таким образом, исходя из показателей, рассчитанных выше, можно сделать вывод, что воздействие на окружающую среду предполагаемого источника выбросов присутствует. Конечно, не стоит забывать о дополнительных источниках воздействия, находящихся вблизи, однако, скорее всего повышение концентрации диоксида серы зависит от предполагаемого источника воздействия.

Для оценки состояния лишайников на пробных площадках, в качестве фоновых условий были взяты материалы из методических рекомендаций года А.В. Пчелкина (2021). Площадки были заложены в буферной зоне Кандалакшского заповедника на территории заказника «Полярный круг» в сходных условиях северной тайги [50].

Видовое разнообразие лишайников на фоновых площадках почти в 4 раза превосходит разнообразие на площадках в зоне воздействия комбината, что говорит о явном угнетении лишайникового покрова.

По соотношению встречаемости видов на эталонных площадках лидирующую позицию занимает гипогимния вздутая – она распространена в

большом количестве почти на всех площадках. Также, на всех площадках присутствует пармелиопсис сомнительный, но гораздо в меньшем составе. На одной из площадок, в виду природных условий, широко распространена бриория мельковильчатая.

Процент проективного покрытия на фоновых площадках основного вида равен 11,5%, на исследуемых 4,23% [50].

На исследуемых площадках основную долю занимает пармелиопсис сомнительный, который из встреченных видов наименее уязвим к антропогенному загрязнению атмосферного воздуха. Гипогимния вздутая встречается реже и на большем удалении от источника загрязнения, преимущественно у земли. Также, на самых дальних заложенных площадках были замечены единичные экземпляры бриории мельковильчатой, которая достаточно остро реагирует на загрязнение (по разным источникам относится от 3 до 1 класса полеотолерантности).

Заключение

При исследовании расположения области было выявлено, что наиболее частое направление ветров на юг, преобладание пасмурной погоды и другие особенности территории увеличивают негативное воздействие выбросов.

Уже многие десятилетия состояние окружающей среды неразрывно связано с деятельностью человека. А с увеличением скорости процесса индустриализации возрастает и техногенное воздействие. Сравнительный анализ и анализ результатов показал, что лишенофлора исследуемой территории подвержена угнетению со стороны горно-перерабатывающего комбината, расположенного вблизи г. Мончегорск, в том числе из-за превышений допустимых показателей по диоксиду серы. В окрестностях ГОК видовое разнообразие эпифитной лишенофлоры ниже в 4 раза, чем в интактных местообитаниях. Это также косвенно подтверждает воздействие SO_2 .

После рекультивационных мероприятий, совершенствования технологического процесса ГОК и снижения мощностей состояние лишенофлоры начинает приближаться к удовлетворительному, хотя и наблюдается замедление этого процесса по сравнению с обычной сукцессией. В зоне воздействия комбината за последние 25 лет так и не появились виды с высокой токсикотолерантностью в составе эпифитных лишайников [51]. Тем не менее, стоит отметить, что после анализа растительности в 2017-2018 годах наблюдается появление менее устойчивых видов лишайников в зоне воздействия, однако, пока это носит единичный характер.

Компания, в состав которой входит Кольская ГМК, активно занимается сокращением выбросов в атмосферный воздух, разработаны программы вплоть до 2025 года, поэтому, в качестве рекомендаций стоит рекомендовать соблюдать баланс между достижением целей и их практической значимостью для общества.

Список литературы

1. Тельнова Н. А., Лукашов А. А. и др. Мурманская область // Большая российская энциклопедия. Электронная версия (2017); <https://bigenc.ru/geography/text/2238756?ysclid=13oh4vz0e0> Дата обращения: 20.08.2021
2. Глазов В.А., Новосёлов А.Е., Царева В.А. Особенности геологического строения Кольского полуострова // Научное сообщество студентов XXI столетия. Естественные науки: сб. ст. по мат. XXII-XXIII междунар. Студ. Науч.-практ. Конф. № 8-9(22).
3. Тельнова Н. А., Лукашов А. А. и др. Мурманская область // Большая российская энциклопедия. Электронная версия (2017); <https://bigenc.ru/geography/text/2238756?ysclid=13ohr3g9m7> Дата обращения: 20.08.2021
4. Кольская энциклопедия [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://ke.culture.gov-murman.ru/murmanskaya_oblast/5237/#100381. – Дата доступа: 12.08.2021.
5. Кольская энциклопедия [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://ke.culture.gov-murman.ru/murmanskaya_oblast/5237/. – Дата доступа: 20.08.2021.
6. Всероссийское общество охраны природы // Мурманское областное отделение общероссийской общественной организации [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.voop51.narod.ru/natgeo.htm>. – Дата доступа: 20.08.2021.
7. Проект Летописи // Растительный мир Мурманской области / Природные зоны [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://letopisi.org/index.php>. – Дата доступа: 15.08.2021.
8. Проект Летописи // Растительный мир Мурманской области / Растения лесной зоны [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://letopisi.org/index.php/>. – Дата доступа: 15.08.2021.

9. Об утверждении Перечня лесорастительных зон Российской Федерации и Перечня лесных районов Российской Федерации: Приказ Минприроды России от 18.08.2014 N 367 (ред. От 19.02.2019) [Электронный ресурс]. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_169590/3d29ffcaef23d34478480cdd09099c42b98a49e/?ysclid=13etgo9opl. – Дата доступа: 15.04.2022.

10. Королева, Н.Е. Зональная тундра на Кольском полуострове – реальность или ошибка? / Н.Е. Королева // Вестник МГТУ. – 2006. – Т. 9, № №5. – С. 747-756

11. Королева, Н.Е. Основные биотопы северо-таежных лесов и березовых криволесий Мурманской области: ландшафтное и ботаническое разнообразие, основания для охраны / Н.Е. Королева // Вестник МГТУ. – 2011. – Т. 14, № №4. – С. 819-832

12. Ярошенко, А.Ю. Малонарушенные лесные территории Европейского Севера России. – М.: Гринпис России / А.Ю. Ярошенко, П.В. Потапов, С.А. Турубанова. – Москва : Гринпис России, 2001. – 75 с.

13. Леса СССР / А.С. Исаев [и др.]. – Москва : Союзгипролесхоз, 1990. – 16 с.

14. Доклад о состоянии и об охране окружающей среды Мурманской области в 2020 году – Мурманск : Министерство природных ресурсов, экологии и рыбного хозяйства Мурманской области, 2021. – 176 с.

15. Доклад о состоянии и об охране окружающей среды Мурманской области в 2019 году – Мурманск : Министерство природных ресурсов и экологии Мурманской области, 2020. – 177 с.

16. Доклад о состоянии и об охране окружающей среды Мурманской области в 2018 году – Мурманск : Министерство природных ресурсов и экологии Мурманской области, 2019. – 185 с.

17. Доклад о состоянии и об охране окружающей среды Мурманской области в 2017 году – Мурманск : Министерство природных ресурсов и экологии Мурманской области, 2018. – 165 с.

18. Доклад о состоянии и об охране окружающей среды Мурманской области в 2016 году – Мурманск : Министерство природных ресурсов и экологии Мурманской области, 2017. – 180 с.
19. Доклад о состоянии и об охране окружающей среды Мурманской области в 2015 году – Мурманск : Министерство природных ресурсов и экологии Мурманской области, 2016. – 166 с.
20. Доклад о состоянии и об охране окружающей среды Мурманской области в 2014 году – Мурманск : Министерство природных ресурсов и экологии Мурманской области, 2015. – 177 с.
21. Доклад о состоянии и об охране окружающей среды Мурманской области в 2013 году – Мурманск : Министерство природных ресурсов и экологии Мурманской области, 2014. – 152 с.
22. Доклад о состоянии и об охране окружающей среды Мурманской области в 2012 году – Мурманск : Комитет промышленного развития, экологии и природопользования Мурманской области, 2013. – 152 с.
23. Доклад о состоянии и об охране окружающей среды Мурманской области в 2011 году – Мурманск : Комитет промышленного развития, экологии и природопользования Мурманской области, 2012. – 160 с.
24. Доклад о состоянии и об охране окружающей среды Мурманской области в 2010 году – Мурманск : Комитет промышленного развития, экологии и природопользования Мурманской области, 2011. – 152 с.
25. Доклад о состоянии и об охране окружающей среды Мурманской области в 2009 году – Мурманск : Комитет природопользования и экологии Мурманской области, 2010. – 83 с.
26. Доклад по охране окружающей среды и рациональному использованию природных ресурсов Мурманской области в 2007 году – Мурманск : Министерство природных ресурсов и экологии Мурманской области, 2008. – 147 с
27. Доклад по охране окружающей среды и рациональному использованию природных ресурсов Мурманской области в 2006 году –

Мурманск : Правительство Мурманской области. Комитет по природным ресурсам и охране окружающей среды Мурманской области, 2007. – 160 с

28. Доклад по охране окружающей среды и рациональному использованию природных ресурсов Мурманской области в 2005 году – Мурманск : Министерство природных ресурсов Российской Федерации. Комитет по природным ресурсам и охране окружающей среды Мурманской области, 2006. – 120 с

29. Доклад по охране окружающей среды и рациональному использованию природных ресурсов Мурманской области в 2004 году – Мурманск : Министерство природных ресурсов Российской Федерации. Комитет по природным ресурсам и охране окружающей среды Мурманской области, 2005. – 128 с

30. Доклад о состоянии и охране окружающей среды Мурманской области в 2003 году – Мурманск : Министерство природных ресурсов Российской Федерации. Управление природных ресурсов и охраны окружающей среды МПР России по Мурманской области, 2004. – 138 с.

31. Доклад «О состоянии и охране окружающей природной среды Мурманской области в 2002 году» - Мурманск : Министерство природных ресурсов Российской Федерации. Управление природных ресурсов и охраны окружающей среды МПР России по Мурманской области, 2003. – 128 с.

32. Состояние окружающей природной среды Мурманской области на Кольском полуострове в 2000 году / Л.П. Амозова [и др.]. – Мурманск : Комитет природных ресурсов по Мурманской области, 2001. – 203 с.

33. Состояние природной среды и проблемы экологии на Кольском полуострове в 1999 году / Л.П. Амозова [и др.]. – Мурманск : Государственный комитет по охране окружающей среды по Мурманской области, 2000. – 217 с.

34. Годовой отчет 1998 года / Л.П. Амозова [и др.]. – Мурманск : Государственный комитет по охране окружающей среды Мурманской области, 1999. – 197 с.

35. Годовой отчет 1997 года / Л.П. Амозова [и др.]. – Мурманск : Государственный комитет по охране окружающей среды Мурманской области, 1998. – 104 с.
36. Федеральное государственное бюджетное учреждение « Мурманское управление по Гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://kolgimet.ru/>. – Дата доступа: 10.12.2021.
37. Изучение и охрана наземных экосистем Мурманской области / Л.Г. Исаева [и др.] // Труды Кольского научного центра РАН. – 2018. – Т. 9, № 9-6. – С. 33
38. Годовой отчет ПАО «ГМК «Норильский Никель» за 2017 год [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ar2017.nornickel.ru/>. – Дата доступа: 25.11.2021.
39. Lutzoni, F. Lichens / F. Lutzoni, J. Miadlikowska // Current Biology. – 2009. – . – Т. 19, № 13. – С. 80
40. Skye, E. Lichens and Air Pollution / E. Skye. – Uppsala : ALMQVIST & WIKSELLS BOKTRYCKERI AB, 1968. – 142 с.
41. NASH, T.H. Lichens as Bioindicators of Sulfur Dioxide / T.H. NASH, C. GRIES // Symbiosis. – Balaban, Philadelphia/ Rehovot , 2002. – Т. 33. – С. 21
42. Чеснокова, С. М. Лихеноиндикация загрязнения окружающей среды: Практикум / С. М. Чеснокова. – Владимир : Владим. Гос. Ун-т, 1999. – 38 с.
43. Урбанавичюс, Г.П. Биогеографический обзор разнообразия лишайников Мурманской области / Г.П. Урбанавичюс // Мурманский Вестник. – 2010. – № 1. – С. 146
44. Urbanavichus, G.P. Catalogue of lichens and allied fungi of Murmansk Region, Russia / G.P. Urbanavichus, T. Ahti, I.N. Urbanavichene // Norrlinia. – 2008 . – Т. 17. – С. 80

45. Боголюбов, А.С. Оценка загрязнения воздуха методом лишеноиндикации. Методическое пособие / А.С. Боголюбов, М.В. Кравченко. – «Экосистема», 2001. – 15 с.
46. Сони́на, А.В. Видовое разнообразие эпилитных лишайников на территории Северо-Запада России / А.В. Сони́на // *Фундаментальные исследования*. – 2014. – № 3. – С. 505-509
47. Малышкин, Н.Г. Оценка состояния атмосферного воздуха в районе деятельности промышленного предприятия методом лишеноиндикации / Н.Г. Малышкин // *Успехи современного естествознания*. – 2018. – № 11. – С. 361-365
48. Анищенко, Л.Н. Количественная лишеноиндикация: лишеноиндикационный индекс / Л.Н. Анищенко // *Ученые записки Орловского государственного университета*. – 2013. – Т. 56, № 6. – С. 91-93
49. Трасс, Х.Х. Классы полеотолерантности лишайников и экологический мониторинг // *Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем* / Х.Х. Трасс. – Ленинград : Гидрометеиздат, 1984. – 144 – 159 с.
50. Пчёлкин, А.В. Базовые показатели лишеномониторинга на территории Государственного комплексного природного заказника «Полярный круг» / А.В. Пчёлкин // *Экологический мониторинг и моделирование экосистем*. – 2021. – Т. 32, № 1-2. – С. 71-83
51. Воробейчик, Е.Л. Естественное восстановление наземных экосистем после прекращения промышленного загрязнения / Е.Л. Воробейчик // *Экология*. – 2022. – № 1. – С. 3-41
52. Areal pollution in Kola peninsula / M.V. Kozlov [и др.]. – Apatity : Kola Scientific Centre, 1993. – 315 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Таблица А.1 – Состояние загрязнения атмосферного воздуха диоксидом серы за 2021 год

№П/П	Месяц	Результаты, 2021г.
1	январь	В атмосферном воздухе г. Мончегорска максимальная разовая концентрация диоксида серы – 1.4 ПДК отмечалась 15 января при юго-западном ветре 4-9 м/с.
2	февраль	Максимальная разовая концентрация диоксида серы – 2.3 ПДК отмечалась 14 февраля при слабом ветре, среднемесячная концентрация по городу – 0.9 ПДК.
3	март	Среднемесячная концентрация диоксида серы по городу – 0.5 ПДК, максимальная разовая концентрация – 2.4 ПДК отмечалась 24 марта при юго-западном ветре 5-10 м/с, повторяемость концентраций выше ПДК за месяц – 0.6 %.
4	апрель	Среднемесячная концентрация диоксида серы по городу – 0.3 ПДК, максимальная разовая концентрация – 2.8 ПДК отмечалась 12 апреля при слабом ветре, повторяемость концентраций выше ПДК за месяц – 0.2 %.
5	май	Среднемесячная концентрация диоксида серы по городу – 0.3 ПДК, максимальная разовая концентрация – 2.8 ПДК отмечалась 12 апреля при слабом ветре, повторяемость концентраций выше ПДК за месяц – 0.2 %.
6	июнь	В г.Мончегорске среднемесячная концентрация – 0.3 ПДК, максимальная разовая концентрация – 0.9 ПДК отмечалась 9 мая.

Продолжение таблицы А.1

7	июль	В атмосферном воздухе г. Мончегорска среднемесячная концентрация диоксида серы по городу – 0,3 ПДК, максимальная разовая концентрация – 1,1 ПДК отмечалась 11 июня при юго-западном ветре 7-12 м/с.
8	август	В атмосферном воздухе г. Мончегорска среднемесячная концентрация диоксида серы по городу – 0,2 ПДК, максимальная разовая концентрация – 0,5 ПДК отмечалась 24 августа.
9	сентябрь	В атмосферном воздухе г. Мончегорска среднемесячная концентрация диоксида серы по городу – <0,1 ПДК, максимальная разовая концентрация – 0,3 ПДК отмечалась 17 сентября.
10	октябрь	В атмосферном воздухе г. Мончегорска среднемесячная концентрация диоксида серы по городу – 0,1 ПДК, максимальная разовая концентрация – 0,6 ПДК отмечалась 25 октября.
11	ноябрь	В атмосферном воздухе г. Мончегорска среднемесячная концентрация диоксида серы по городу – 0,3 ПДК, максимальная разовая концентрация – 2,1 ПДК отмечалась 25 ноября при слабом ветре.
12	декабрь	В атмосферном воздухе г. Мончегорска среднемесячная концентрация диоксида серы по городу – 0,2 ПДК, максимальная разовая концентрация – 0,4 ПДК.

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Таблица Б.1 – Классы чувствительности лишайников и типы местообитаний эпифитных лишайниковых сообществ Эстонии [49]

Классы полеотол ерантнос ти	Типы местообитаний по степени влияния антропогенных факторов и встречаемость видов	Виды
I	Естественные местообитания (ландшафты) без ощутимого антропогенного влияния	Lecanactis abietina, Lobaria scrobiculata, Menegzzia terebrata, Mycoblastus sanguinarius, в.р.Pannaria, Parmeliella, сам. ч.виды р. Usnea
II	Естественные (часто) и антропогенно слабо- измененные местообитания (редко)	Bryoria chalybeiformis, Evernia divaricata, Cyalecta ulmi, Lecanora coilocarpa, Ochrolechia androgyna, Parmeliopsis aleurites, Ramalina calicaris
III	Естественные (часто) и антропогенные слабо- изменённые местообитания (часто)	Bryoria fuscescens, Cetraria chlorophylla, Hypogymnia tubulosa, Lecidea tenebricosa, Opergrapha pulicaris, Pertusaria pertusa, Usnea subfloridana
IV	Естественные (часто), слабо- (часто) и умеренно- (редко) изменённые местообитания	Bryoria implexa, Cetraria pinastri, Graphis scripta, Lecanora leptyroides, Lobaria pulmonaria, Opergrapha diaphora, Parmelia subaurifera, Parmeliopsis ambigua, Pertusaria coccodes, Pseudevernia furfuraceae, Usnea filipendula

Продолжение таблицы Б.1

V	Естественные, антропогенно слабо- и умеренно изменённые местообитания (с равной встречаемостью)	Caloplaca pyracea, Lecania cyrtella, Lecanora chlarotera, L. rugosa, L. subfuscata, L. subrugosa, Lecidea glomerulosa, Parmelia exasprata, P. olivacea, Physcia aipolia, Ramalina farinacea
VI	Естественные (сравнительно редко) и антропогенно умеренно- (часто) изменённые местообитания	Arthonia radiata, Caloplaca aurantiaca, Evernia prunastri, Hypogymnia physodes, Lecanora allophana, L. carpinea, L. Chlarona, L. pallida, L. symmictera, Parmelia acetabulum, P. subargentifera, P. exasperatula, pertusaria discoidea, Hypocenomyce scalaris, Ramalina fraxinea, Rinodina exigua, Usnea hirta
VII	Умеренно (часто) и сильно (редко) антропогенно изменённые местообитания	aca vitellina, Candelariella vitellina, C. Xanthostigma, Lecanora varia, Parmelia onspurcata, P. sulcata, P. verruculifera, Pertusaria amara, Phaeophyscia nigricans, Phlyctis ageleaea, Physcia ascendens, Ph. stellaris, Ph. tenella, Physconia pulverulacea, Xanthoria polycarpa
VIII	Умеренно и сильно антропогенно изменённые местообитания (с равной встречаемостью)	Caloplaca cerina, candelaria concolor, Phlyctis argena, Physconia grisea, Ph. enteroxantha, Ramalina pollinaria, Xanthoria candelaria

Продолжение таблицы Б.1

IX	Сильно антропогенно изменённые местообитания (часто)	Buellia punctata, Lecanora expallens, Phaeophyscia orbicularis, Xanthoria parietina
X	Очень сильно антропогенно изменённые местообитания (встречаемость и жизненность видов низкие)	Lecanora conizaeoides, L. hageni, Lepraria incana, Scoliosporim chlorococcum

ПРИЛОЖЕНИЕ В

Таблица В.1 – Измерения площадки №1

№	Дерево – сосна обыкновенная		Виды лишайников	Местоположение талломов, см	Проективное покрытие, %
	Высота, м	Длина окружности ствола, см			
1	8	65	<i>Parmeliopsis ambigua</i>	59,1-59,8 41,8-42,1 54,6-55,0 51,1-51,7	3,1
2	8	37	<i>Parmeliopsis ambigua</i>	1,0-1,4 30,2-30,4 32,2-32,4 32,9-33,2	3,0
3	7	55	<i>Parmeliopsis ambigua</i>	51,3-52,9 52,5-53,6	4,9
4	7	32	<i>Parmeliopsis ambigua</i>	28,6-29,1 30,1-30,6	3,1
5	7	46,4	<i>Parmeliopsis ambigua</i>	43,4-43,8 43,6-45,1 44,6-45,2	5,4
6	6	34	<i>Parmeliopsis ambigua</i>	4,0-4,5 8,4-9,1 30,0-30,7	5,6
7	7	40,7	<i>Parmeliopsis ambigua</i>	2,4-3,2 5,0-5,2 34,4-34,9	3,7
8	6	36	<i>Parmeliopsis ambigua</i>	1,3-1,9 35,5-35,6 1,0-2,6	6,4

Продолжение таблицы В.1

9	6	29	<i>Parmeliopsis ambigua</i>	25,7-26,0 22,8-23,0	1,7
10	6	37	<i>Parmeliopsis ambigua</i>	23,9-24,2 26,2- 26,3 34,2-34,4	1,6

Таблица В.2 – Измерения площадки №2

№	Дерево – сосна обыкновенная		Виды лишайников	Местоположение талломов, см	Проективное покрытие, %
	Высота, м	Длина окружности ствола, см			
1	6	26,5	<i>Parmeliopsis ambigua</i>	26,0 – 26,5	1,9
2	10;12	61,5	<i>Parmeliopsis ambigua</i>	4,5 – 5,5 8,0 – 8,5; 10,0 – 10,4 56,7 – 57,0 47,8 – 48,1 45,6 – 45,9	4,55
			<i>Hypogymnia physodes</i>	5,5 – 7,0 59,5 – 60,3	2,11
3	7;8	31,9	<i>Parmeliopsis ambigua</i>	2,0 – 2,4 2,7 – 3,0 29,0 – 29,5	3,80
4	5;6	43,7	<i>Hypogymnia physodes</i>	5,5 – 5,7 36,0 – 36,5 39,5 - 40,0 40,0 – 40,5	3,90

Продолжение таблицы В.2

5	8	42	<i>Parmeliopsis ambigua</i>	4,3 – 4,4 13,7 – 14,3 14,2 – 14,9 40,0 – 40,4	4,29
			<i>Hypogymnia physodes</i>	9,8 – 10,8 38,8 – 39,0 38,3 – 39,1	4,76
6	6	35,2	<i>Parmeliopsis ambigua</i>	2,3 – 3,2 22,2 – 22,4	3,13
			<i>Hypogymnia physodes</i>	5,4 – 6,6	3,41
7	8	43,5	<i>Parmeliopsis ambigua</i>	3,4 – 3,8 4,5 – 5,0 41,4 – 41,7 40,0 – 40,3	3,40
8	10	50	<i>Parmeliopsis ambigua</i>	10,8 – 11,2 30,5 – 31,3 37,4 – 37,7	3,00
			<i>Hypogymnia physodes</i>	38,7 – 39,2	1,00
9	7;8	32,5	<i>Parmeliopsis ambigua</i>	3,6 – 4,0 4,0 – 4,5 5,3 – 5,9 6,8 – 7,2 9,8 – 10,4 16,5 – 17,7 20,6 – 21,5 21,6 – 21,8 31,0 – 31,5	14,46
			<i>Hypogymnia physodes</i>	20,6 – 21,5 24,5 – 26,2 30,0 – 31,2	11,69

Продолжение таблицы В.2

10	8;9	34	<i>Parmeliopsis ambigua</i>	1,0 – 2,0 5,2 – 5,5 6,1 – 6,3 6,3 – 6,8 9,3 – 9,5 10,9 – 11,2 21,5 – 21,9 27,3 – 27,5	9,12
			<i>Hypogymnia physodes</i>	33,0 – 31,5	4,41

Таблица В.3 – Измерения площадки №3

№	Дерево – сосна обыкновенная		Виды лишайников	Местоположение талломов, см	Проективное покрытие, %
	Высота, м	Длина окружности ствола, см			
1	6,5;7	19,5	<i>Parmeliopsis ambigua</i>	4,0-6,6 13,7-13,9	14,40
2	5;6	23	<i>Parmeliopsis ambigua</i>	3,0-3,5 4,0-4,3	3,50
3	10;12	54	<i>Parmeliopsis ambigua</i>	42,7-43,0 37,0-37,3 29,3-29,6 29,1-29,3	2,04
			<i>Hypogymnia physodes</i>	41,7-44,9	5,93
4	8	41,9	<i>Parmeliopsis ambigua</i>	3,7-4,2 41,0-40,4	2,60

Продолжение таблицы В.3

5	12	22,7	<i>Parmeliopsis ambigua</i>	5,8-6,0 13,0-13,4	2,64
			<i>Hypogymnia physodes</i>	4,0-5,2	5,29
6	9	35	<i>Parmeliopsis ambigua</i>	10,0-10,4 33,9-34,3 6,2-6,5 32,6-33,2 25,0-25,2 5,1-5,4 25,4-25,6	6,90
7	8	22,7	<i>Parmeliopsis ambigua</i>	20,2-20,5 15,1-15,5	3,10
8	8,5	27,5	<i>Parmeliopsis ambigua</i>	6,0-6,4 23,8-24,3	3,30
9	6	20	<i>Parmeliopsis ambigua</i>	19,0-20,0	5,00
10	7	32,5	<i>Parmeliopsis ambigua</i>	3,4-3,6 4,0-4,3 24,0-24,1 32,0-32,3	2,80

Таблица В.4 – Измерения площадки №4

№	Дерево – сосна обыкновенная		Виды лишайников	Местоположение талломов, см	Проективное покрытие, %
	Высота, м	Длина окружности ствола, см			
1	12;15	68,5	<i>Parmeliopsis ambigua</i>	66,2-66,6 57,4-57,6 51,7-51,9 61,8-62,6	2,34
			<i>Hypogymnia physodes</i>	60,3-61,1	1,17

Продолжение таблицы В.4

2	8;10	27,5	<i>Parmeliopsis ambigua</i>	2,0-2,3 3,4-3,6 24,9-25,2 26,9-27,3 23,1-23,6 21,6-21,4 20,0-20,5 17,1-17,9 14,3-14,7 13,4-13,7 11,7-11,9	2,91
			<i>Hypogymnia physodes</i>	24,5-23,7	2,91
3	6;8	19,4	<i>Parmeliopsis ambigua</i>	18,5-19,0 14,8-14,9 5,3-5,5	4,10
4	6;7	20	<i>Parmeliopsis ambigua</i>	17,4-18,2 15,2-16,2	9,00
			<i>Hypogymnia physodes</i>	4,8-6,2	7,00
5	10	31,8	<i>Parmeliopsis ambigua</i>	4,1-4,5 4,8-5,0 12,4-12,9 16,9-17,1	4,09
			<i>Hypogymnia physodes</i>	1,1-1,9 8,4-9,9	7,23
6	8;10	31	<i>Parmeliopsis ambigua</i>	1,0-2,5 28,7-29,2 9,1-9,4	7,40
7	6;8	24	<i>Parmeliopsis ambigua</i>	14,3-14,9 12,9-13,5 19,4-20,1 22,1-22,6	10,00

Продолжение таблицы В.4

8	8;10	24,5	<i>Parmeliopsis ambigua</i>	21,4-22,1 19,3-19,5 4,3-4,8 5,5-6,0 12,7-13,1 13,6-13,8	10,20
9	6;8	40	<i>Parmeliopsis ambigua</i>	38,7-38,9 36,2-36,5 5,0-5,2 20,4-20,7	2,50
10	6;8	27,5	<i>Parmeliopsis ambigua</i>	4,9-5,9 3,6-4,0 3,3-3,8 24,0-24,5	7,60

Таблица В.5 – Измерения площадки №5

№	Дерево – сосна обыкновенная		Виды лишайников	Местоположение талломов, см	Проективное покрытие, %
	Высота, м	Длина окружности ствола, см			
1	8	65	<i>Parmeliopsis ambigua</i>	2,2-2,8 12,0-12,2 41,4-41,6 44,8-45,1 45,9-46,8 47,8-48,4	4,31
2	10	52,3	<i>Parmeliopsis ambigua</i>	2,9-3,2 39,1-40,2 40,6-41,0 41,3-41,5 43,1-43,3 44,3-44,6	4,78
3	10;12	38,3	<i>Parmeliopsis ambigua</i>	34,8-35,5 10,5-10,7 7,9-8,2	3,13
			<i>Hypogymnia physodes</i>	35,8-36,2	1,04

Продолжение таблицы В.5

4	8;10	38	<i>Parmeliopsis ambigua</i>	2,2-2,5 2,7-3,7 37,0-37,3 36,2-36,6	5,26
5	6;8	53,3	<i>Parmeliopsis ambigua</i>	47,1-47,4 49,5-49,9 49,9-50,2 25,2-25,4 23,2-23,4 21,1-21,3	2,25
6	7	39,2	<i>Parmeliopsis ambigua</i>	30,4-30,6 32,2-32,4 37,4-37,7 2,4-3,0	3,33
7	6;7	34,5	<i>Parmeliopsis ambigua</i>	29,8-30,2 30,2-30,5 1,3-1,6	2,90
8	10;12	59	<i>Parmeliopsis ambigua</i>	1,7-1,9 1,8-2,1 3,0-3,4 4,6-5,5 9,4-9,7 11,3-11,5 14,2-14,5 17,8-18,1	4,92
			<i>Hypogymnia physodes</i>	5,6-6,2 11,5-13,5 7,9-10,8	9,32
9	6;7	35,7	<i>Parmeliopsis ambigua</i>	8,0-8,1 27,3-27,6 22,4-22,7	1,96
			<i>Hypogymnia physodes</i>	24,5-25,0 28,6-29,3	3,36
10	7;8	46,5	<i>Parmeliopsis ambigua</i>	42,4-43,2 33,9-34,3 41,5-41,8	3,23

Таблица В.6 – Измерения площадки №6

№	Дерево – сосна обыкновенная		Виды лишайников	Местоположение талломов, см	Проективное покрытие, %
	Высота, м	Длина окружности ствола, см			
1	8;10	52,5	<i>Parmeliopsis ambigua</i>	51,7-52,1 3,2-3,4 14,3-14,6	1,71
			<i>Hypogymnia physodes</i>	50,4-51,6 4,3-5,1	3,81
2	15;18	85,5	<i>Parmeliopsis ambigua</i>	76,0-76,2 70,0-71,3	1,75
			<i>Hypogymnia physodes</i>	1,8-3,8 74,4-75,2 20,4-21,3	5,26
3	8;10	68,2	<i>Parmeliopsis ambigua</i>	8,4-8,8 1,6-1,9	1,03
			<i>Hypogymnia physodes</i>	4,8-6,5	2,49
4	6;8	64,4	<i>Parmeliopsis ambigua</i>	3,2-3,7 5,7-6,3 14,3-15,2 15,2-15,7	3,88
5	8;10	79,8	<i>Parmeliopsis ambigua</i>	9,0-10,3 24,0-24,4 14,1-14,2	2,26
			<i>Hypogymnia physodes</i>	10,5-15,4	6,14
6	10	57,7	<i>Parmeliopsis ambigua</i>	51,0-51,4 55,4-56,0	1,73
			<i>Hypogymnia physodes</i>	6,5-7,5 52,2-53,6	4,16
7	10;12	75,1	<i>Parmeliopsis ambigua</i>	4,0-4,8 4,7-4,9 8,3-9,2 35,6-36,0	3,06
			<i>Hypogymnia physodes</i>	34,9-37,6	3,60

Продолжение таблицы В.6

8	10;12	68,5	<i>Parmeliopsis ambigua</i>	59,3-60,1 47,4-48,2	2,34
			<i>Hypogymnia physodes</i>	47,6-48,5	1,31
9	12;15	81	<i>Parmeliopsis ambigua</i>	72,8-73,5 63,7-65,5 57,9-58,3 64,2-64,4	3,83
10	10	49,4	<i>Parmeliopsis ambigua</i>	10,6-10,9 16,1-16,4 20,6-20,9 21,0-21,2 25,5-26,0	3,24
			<i>Hypogymnia physodes</i>	39,6-41,2 27,0-28,0	5,26

Таблица В.7– Измерения площадки №7

№	Дерево – сосна обыкновенная		Виды лишайников	Местоположение талломов, см	Проективное покрытие, %
	Высота, м	Длина окружности ствола, см			
1	10;12	72	<i>Parmeliopsis ambigua</i>	71,6-72,1 69,3-69,6 9,0-9,5 69,2-69,4	2,08
2	8;10	61,6	<i>Parmeliopsis ambigua</i>	53,6-54,6 49,8-50,6	2,92
			<i>Hypogymnia physodes</i>	46,3- 48,7	3,89
3	8;10	66	<i>Parmeliopsis ambigua</i>	62,1-62,3 58,2-58,4 58,8-59,1 49,7-49,0 46,6-47,0	2,73

Продолжение таблицы В.7

4	6	54,4	<i>Parmeliopsis ambigua</i>	9,1-9,9 10,2-11,3 12,1-12,6	4,41
5	6;8	53	<i>Parmeliopsis ambigua</i>	4,6-5,2 12,1-12,7 52,1-52,4 40,7-40,9	3,21
6	6	80,5	<i>Parmeliopsis ambigua</i>	3,4-3,9 4,0-4,7 5,6-6,4 65,2-65,3 69,0-69,1	2,73
			<i>Hypogymnia physodes</i>	10,1-13,5 70,5-73,2	4,22
			<i>Bryoria furcellata</i>	60,4-61,3	1,12
7	7	40,7	<i>Parmeliopsis ambigua</i>	1,5-1,8 4,6-5,0 5,4-5,8 37,8-38,3	3,93
			<i>Hypogymnia physodes</i>	7,1-9,0	4,67
8	6	36	<i>Parmeliopsis ambigua</i>	5,9-6,6 14,3-15,0 15,3-15,7 16,4-16,7	5,83
			<i>Hypogymnia physodes</i>	16,1-17,0	2,50
9	6	29	<i>Parmeliopsis ambigua</i>	28,3-28,7 3,2-3,6	2,76
10	6	37	<i>Parmeliopsis ambigua</i>	9,0-9,5 23,2-23,4 20,1-20,3	2,43