



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГУМАНИТАРНО-
ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
(ФГБОУ ВО «ЮУрГГПУ»)

ФАКУЛЬТЕТ ЕСТЕСТВЕННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ
КАФЕДРА ХИМИИ, ЭКОЛОГИИ И МЕТОДИКИ ОБУЧЕНИЯ ХИМИИ

ОЦЕНКА ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРЫ ЕТКУЛЬСКОГО
РАЙОНА МЕТОДАМИ ЛИХЕНОИНДИКАЦИИ

Выпускная квалификационная работа
по направлению 05.03.06 Экология и природопользование
Направленность программы бакалавриата
«Природопользование»

Проверка на объём заимствований:
52,42 % авторского текста

Работа рекомендована к защите
рекомендована/не рекомендована

«04» 06 2019 г.
зав. кафедрой Химии, экологии
и методики обучения химии
Ср Сутягин А.А.

Выполнила:
Студентка группы ОФ-401/058-4-1
Захарова Анна Юрьевна

Захарова

Научный руководитель:
д. б. н., профессор кафедры химии,
экологии и методики обучения химии
Назаренко Назаренко Н.Н.

Челябинск
2019

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
ГЛАВА 1 ХАРАКТЕРИСТИКА И МЕТОДЫ ЛИХЕНОИНДИКАЦИИ	6
1.1 характеристика лишайников	6
1.2 Методика лишеноиндикации	15
1.3 Вывод по первой главе	20
ГЛАВА 2 ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЕТКУЛЬСКОГО РАЙОНА	21
2.1 Физико-географическая характеристика района	21
2.2 Климатически-тепловой режим района	25
2.3 Экология Еткульского района	27
2.4 Вывод по второй главе	28
ГЛАВА 3 ОЦЕНКА ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА ЕТКУЛЬСКОГО РАЙОНА	29
3.1 Описание пробных площадок	29
3.2 Оценка атмосферы методом лишеноиндикации	34
3.3 Вывод по третьей главе	49
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	50
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	52

ВВЕДЕНИЕ

Изучение загрязнения атмосферного воздуха в Еткульском районе актуальна, так как район прилегает к крупному промышленному городу Челябинск.

Загрязнение воздушной среды отрицательно влияет на растительный, животный мир, людей, так же угнетает лишенофлору в районе.

Одним из важнейших объектов мониторинга окружающей среды является атмосферный воздух. Устойчивость биосферы зависит от его чистоты, потому как трансграничные переносы газообразных веществ касаются жителей всей планеты.

Под качеством атмосферного воздуха понимают совокупность свойств атмосферы, определяющую ряд воздействия физических, химических и биологических факторов на людей, растительный и животный мир, а также на материалы, конструкции и окружающую среду в целом [4].

Биоиндикация (bioindication) – выявление и определение экологически значимых природных и антропогенных нагрузок на основе рекреаций на них живых организмов непосредственно в среде их обитания [8].

Мониторинг атмосферного воздуха – это комплексная система наблюдения за состоянием атмосферного воздуха и его источники загрязнения, а также оценка и прогноз основных изменений качества воздуха в целях своевременного выявления негативных воздействий на окружающую среду.

Из-за уникальных свойств индикации лишайников их используют для общей оценки степени загрязнения атмосферного воздуха.

Лихеноиндикация – это метод мониторинга загрязнения окружающей среды с помощью живых организмов (биоиндикации).

Методы лихеноиндикации показывают в ходе изучения изменения структуры лишайниковых сообществ и количества лихенобиоты, могут подразделяются на группы:

- анализ исторических данных, основанный на сравнении результатов нынешних наблюдений за составом видов лишайников и предшествующих наблюдений в том же месте

- изменение структуры лишайниковых сообществ, вдоль градиента источника загрязнения (фон);

- зонирование территории, основанное на определении изменений в обилии и общем числе видов под воздействием загрязнения;

- картирование распространения индикаторных видов и их характеристик;

- использование индексов для количественной оценки степени загрязнения среды, например, индексов атмосферной чистоты (IAP) или индекса полеотолерантности [4].

В ходе оценки атмосферного загрязнения выявляются разнообразие лихенофлоры (флоры лишайников) на исследуемых участках, определяется степень покрытия деревьев лишайниками, индекс относительной чистоты воздуха, проводится сравнительный анализ состояния воздушной среды на разных участках и делается вывод по результатам исследования.

Использование лишайников для определения степени загрязнения атмосферы остается уникальным и выгодным, так как лихеноиндикация имеет большие возможности и дает удовлетворительные показатели.

Цель: выполнить оценку загрязнения атмосферы в Еткульском районе методами лихеноиндикации.

Задачи исследования:

- 1) изучить биоэкологические особенности лишайников Еткульского района как индикаторов загрязнения атмосферы;
- 2) охарактеризовать биоразнообразие лишенофлоры Еткульского района;
- 3) дать оценку загрязненности воздуха Еткульского района методами лишеноиндикации.

Объект исследования: атмосферный воздух Еткульского района.

Предмет исследования: показатели загрязнения атмосферного воздуха Еткульского района.

Научная новизна: нами оценено актуальное состояние атмосферы методом лишеноиндикации. В Еткульском районе такая работа проведена впервые.

Практическая значимость: в проведенной нами работе, показывает, что метод лишеноиндикации адекватно отражает состояние атмосферы в районе.

Результаты работы были опубликованы:

Захарова А. Ю., Назаренко Н.Н. Лишеноиндикация и пространственная оценка атмосферного загрязнения //X всероссийская научно-практическая конференция с международным участием: Эколого – географические проблемы регионов России (г. Самара, 15 января 2019 г.)

ГЛАВА 1 ХАРАКТЕРИСТИКА И МЕТОДЫ ЛИХЕНОИНДИКАЦИИ

1.2 характеристика лишайников

Лишайники – своеобразный симбиотические организмы, слоевище которых образовано грибом и водорослью с преобладание в большинстве случаев первого [8].

Лишайник сочетает в себе два организма с противоположными свойствами: водоросль (чаще зеленая), которая создает в процессе фотосинтеза органическое вещество, и гриб получает от водоросли органические вещества – углеводы, в свою очередь водоросль получает от гриба воду с растворенными в ней минеральными солями.

Основную массу у слоевища лишайника составляет гриб, который своими гифами плотно переплетает клетки водоросли. Составные компоненты лишайника — гриб и водоросль — дополняют друг друга [7].

Водоросли — автотрофные растения, содержащие хлорофилл и, следовательно, способные создавать органические вещества и снабжать ими гриб. Гриб же неспособен фотосинтезировать, но обладает способностью добывать воду и минеральные вещества и снабжать ими водоросль. Кроме того, гриб защищает водоросль от яркого освещения, сильного нагревания лучами солнца и высыхания [3].

Лишайники – это растущий очень медленно организм. При благоприятных условиях прирост таллома, в зависимости от вида, составляет 1 – 8 мм в год. Накипные лишайники растут намного медленнее, чем листоватые и кустистые. В среднем лишайники живут 30 – 80 лет, но есть и такие виды лишайников, которые проживают 600 лет. Имеются указания, что иные талломы доживают до 2000 лет. Исходя из совокупности всех этих факторов, с гигантской секвойей и остистой

сосной лишайники считаются самыми долгоживущими организмами на Земле. Но при медленном росте лишайников необходимое условие для жизни, это продолжительная неподвижность субстрата [5].

Лишайники, как и мохообразные, играют значительную роль в растительном покрове, особенно в северных и высокогорных областях. Лишайники произрастают в таких условиях, где организмы существовать не могут. Они часто являются пионерами зарастания каменных субстратов, осваивая их, они возобновляют природную среду для других растений. Лишайники существенные компоненты растительного покрова тундр, равнинных и горных и, также таежных лесов [4].

Вегетативное тело лишайников – слоевище возможно белым, серым, сизым, зеленоватым, желтоватым, оранжевым и коричневых оттенков.

Лишайники, не только безобидное растение, но также это сложная форма паразитизма.

По отношению к субстрату и окружающей среды лишайники разделяют на ряд экологических групп. Подразделяют растущие на почве, деревьях, камнях, мхах и других субстратах. Некоторые виды лишайников могут расти на самых разнообразных субстратах. Переход на другой субстрат вызван ухудшением условий существования вида (например, загрязнения атмосферного воздуха). По отношению к субстрату выделяют эпигейные, эпилитные, эпифитные, эпиксильные, эпибриофитные и эпифильные лишайники.

По внешнему виду, лишайник разделяют на три группы: накипные (корковые), листоватые и кустистые.

Накипные лишайники составляют наибольшее разнообразие, к ним относится большинство видов лишайников. У накипных лишайников простое строение тела. Накипные имеют вид корочек или налетов, они очень плотно срастаются с субстратам, на котором живут, и отделить их друг от друга сложно. Вид этих лишайников живут на коре деревьев, поверхность камней и скал. Этот вид лишайников считается

примитивным. Корковые лишайники имеют вид желто-оранжевых пленок, пятен, штрихов на коре деревьев. Из этой группы часто встречается графис (*Graphis* sp.).

Листоватые лишайники имеют вид рассеченных пластинок, срастающихся с субстратом, но не очень плотно при помощи пучков гиф (ризин). Этот вид представляет пармелия (*Parmelia*) произрастающая на коре деревьев.

Кустистые лишайники представляют в виде ветвящихся кустиков. Такие лишайники срастаются с субстратом только своим основанием. Представители этой группы служит вислянка, или бородатый лишайник (*Usnea* sp.), который произрастает влажных лесах на ветках деревьев в виде длинных свисающих кустиков. К этому виду относится «дубовый мох» - эверния (*Evernia prunastri* Can, E. Furfuracea Mann.) [7].

Насчитывают 15 – 25 тыс. видов лишайников. Около 98% лишенизированных грибов относятся к аскомицетам (из известных аскомицетных грибов лишенизированно 46%) и только 2%- к базидиомицетам. Около 85% лишенизированных грибов образуют ассоциацию с одноклеточными или нитчатыми зелеными водорослями, и с цианобактериями (в цефалодиях). Из цианобактерий в лишайниках встречаются *Dichotrix*, *Clorococcus*, *Hyella*, *Calothrix*, *Scytonema*, *Stigonema*, но наиболее часто *Nostoc* и *Gleocapsa*, из зеленых водорослей- *Myrmecia*, *Coccomyxa*, *Chlorococcum*, *Gleocystis*, *Trentepohlia*, *Stichococcus*, *Asterochloris*. У 50% лишенизированных аскомицетов встречаются представители рода *Trebouxia*, которых известно около 20 видов. Изредка в лишайниках встречаются желтозеленые (*Heterococcus*) и бурые (*Petroderma*) водоросли.

Виды группы напочвенных, или эпигейных, лишайников должны выдерживать сильную конкуренцию со стороны быстрорастущих высших растений, особенно травянистых. Из-за этого лишайники очень редко встречаются на плодородных почвах. Поэтому они достигают большего развития в мало пригодных местах для высших растений, это связано с

незначительной питательности субстрата или неблагоприятных климатических условий (например, песчаные почвы, тундра, полупустыни, торфяники).

Эпифитные лишайники поселяются на деревьях и кустарниках. Среди них можно выделить несколько подгрупп: эпифильные лишайники, растущие на листьях деревьев и кустарников; настоящие эпифитные лишайники, растущие на коре; эпиксильные лишайники, растущие на обнаженной и обработанной древесине. Эпифитные лишайники на коре деревьев очень многочисленны. Здесь обитают и накипные, и листоватые, и кустистые формы. Нередко они сплошь покрывают ствол дерева на большом протяжении. На участке коры величиной не более ладони иногда насчитывали до 38 видов лишайников, которые росли вплотную друг около друга и даже один на другом. Наблюдения показывают, что на отдельных породах деревьев часто наблюдаются определенные группировки лишайников.

Расселение различных видов лишайников зависит от строения коры дерева (ее физические свойства, химический состав, кислотность и т. д.). Лишайники растущие на определенных породах деревьев обусловлены степенью климатических условий, где произрастает данная порода. Так например, различают лишайники по качественному и количественному составу сосны Прибалтики, средней полосы Европейской части России и Европейского Севера. В ряде случаев эпифитные лишайники поселяются на старых деревьях. Но также лишайники расселяются на молодых, хорошо развитых деревьях и кустарниках.

Эпигейные (напочвенные) лишайники обычно поселяются на бедных питательными веществами почвах (песчаных, торфянистых, щебнистых и т. п.), малопригодных для развития растений. В значительной степени видовой состав эпигейных лишайников обусловлен рН субстрата. Лишайниковые группировки торфянистых почв, имеющих кислую реакцию, отличаются от группировок лишайников, произрастающих на

почвах, богатых известью. Среди эпигейных лишайников встречаются кочующие формы, у которых связь с почвой практически отсутствует и они переносятся ветром, и постоянно прикрепленные формы. Огромные пространства тундр и лесотундр покрыты лишайниками, среди которых встречаются роды *Cladonia*, *Alectoria*, *Cetraria*, *Stereocaulon*, *Peltigera*, *Nephroma* и др. В сухих борах-беломошниках развит лишайниковый покров из кустистых лишайников рода *Cladonia*. Эпигейные лишайники часто растут вдоль дорог, на опушках, где слабо развит почвенный растительный покров. В пустынях и полупустынях эпигейные лишайники часто представлены накипными формами, хорошо различимыми лишь во влажный период года. Здесь же встречаются кочующие виды.

Эпилитные лишайники развиваются на каменистом субстрате. Среди них есть виды с лепрозными, накипными, листоватыми и кустистыми слоевищами. Накипные могут быть эндолитными - со слоевищем, целиком погруженным в субстрат (например, некоторые виды рода *Verrucaria*), и полуэндолитными, у которых внутри субстрата находится только сердцевина и прикрепляющие слоевище гифы, а верхняя кора и зона фотобионта расположены снаружи. Из лишайников с накипными слоевищами на камнях произрастают виды родов *Lecanora*, *Lecidea*, *Aspicilia*, *Acarospora*, *Rhizocarpon* и др., с листоватыми – *Parmelia*, *Phiscia*, *Umbilicaria* и др., с кустистыми – *Sphaerophorus*, *Stereocaulon* и др. Среди эпилитных лишайников имеются кальцефильные виды, поселяющиеся на известняках и других горных породах, содержащих известь, и кальцефобные, растущие на гранитах и других известняковых породах. Среди эпилитных лишайников много видов с узкой субстратной амплитудой, которые растут исключительно на камнях и не переходят на другие субстраты.

Эпифитные лишайники, растущие на стволах и ветвях деревьев и кустарников, включают накипные, кустистые и листоватые формы. Среди накипных имеются гипофлеоидные виды, слоевища которых растут под

корой, а на поверхность выступают только плодовые тела, и эпифлеоидные, слоевища которых произрастают на коре. Среди лишайников рода *Graphis* есть виды с гипофлеоидными и эпифлеоидными слоевищами. Эпифлеоидное слоевище характерно для *G. scripta*, развивающегося на гладкой коре многих древесных пород. К наиболее распространенным эпифитным кустистым и листовым лишайникам относятся виды родов *Bryoria*, *Evernia*, *Usnea*, *Parmelia*, *Hypogymnia*, *Physcia*, *Xanthoria* и др. Физические и химические свойства субстрата сильно влияют на видовой состав и распределение эпифитных лишайников. Большое значение для лишайников имеет возраст дерева, структура коры, жесткость, ее расчленение, частота отслаивания, pH. Во влажных условиях горных ущелий эпифитные лишайники затрудняют доступ воздуха к коре, способствуют накоплению влаги и являются приютом для насекомых и грибов, многие из которых разрушают древесину. Возможен переход эпифитных лишайников с коры на листья и хвою, что вызывает их пожелтение и отмирание [4].

Эпиксильные лишайники развиваются на обработанной, обнаженной или гниющей древесине. К ним относятся многочисленные виды накипных, листоватых и кустистых лишайников. На древесину чаще переходят эпифитные и эпигейные виды, значительно реже, обычно в арктических широтах, эпилиты. Это одна из молодых субстратных групп. В ней мало видов, приуроченных только к этому субстрату.

Эпибриофитные лишайники обитают на дерновинках мхов. В лесах северной и умеренной зон на замшелые субстраты (стволы поваленных деревьев, камни) нередко переходят напочвенные лишайники родов *Cladonia*, *Peltigera*, *Nephroma* и др. В тундре на мхах много накипных лишайников. Здесь обычна *Ochrolechia tartarea*, обрастающая беловатой корочкой мхи и другие растения. Ввиду сходства экологических ниш мхи и лишайники в ряде растительных сообществ нередко выступают как потенциальные конкуренты, при этом на их взаимоотношения большое

влияние оказывают микроклиматические факторы. Не исключено, что некоторые виды лишайников способны даже паразитировать на мхах.

Эпифильные лишайники, растущие на листьях и хвое вечнозеленых пород, немногочисленны и произрастают главным образом в тропиках и субтропиках. Вероятно, это одна из наиболее древних субстратных групп. Здесь в основном преобладают виды, не встречающиеся на других субстратах. Развиваются они на поверхности листьев, редко проникая в их ткани. Вопрос о паразитизме лишайников до сих пор не решен, хотя имеются наблюдения, что среди эпифильных лишайников существуют переходные формы от чистого паразитизма к умеренному паразитизму. На Кавказе на листьях чая встречается *Fellhanera bouteillei*. Снижая фотосинтез, этот лишайник ослабляет чайный куст [7].

Как автогетеротрофные компоненты биогеоценозов лишайники одновременно аккумулируют солнечную энергию и разлагают органические и минеральные вещества. Первыми колонизируя субстраты, непригодные для поселения других растений (например, скалы, горные отвалы и др.), лишайники участвуют в «биологическом выветривании», подготавливая почву для других организмов. Гифы микобионта, проникая по микротрещинкам или спайкам в глубь породы, постепенно разрушают ее. В этом процессе велика роль «лишайниковых кислот», которые взаимодействуют с катионами горных пород, что приводит к изменению кристаллической решетки и, как следствие, изменению цвета и прочности породы.

Долговечность, нетребовательность и устойчивость к неблагоприятным условиям среды делают лишайники в некоторых биогеоценозах (например, тундровых) основными компонентами. Значение лишайников во флоре того или иного региона определяется лишайниковым коэффициентом (ЛК), отражающим отношение количества видов лишайников к числу видов высших растений. Чем выше этот коэффициент, тем большее значение имеют лишайники на определенной

территории (например, ЛК Эстонии – 0,54; полуострова Таймыр – 4; Антарктиды – 117). Биомасса лишайников разных территорий неодинакова, наибольших величин она достигает в тундрах [10].

Расселение лишайников на территории зависит от многих факторов, также от степени загрязнения атмосферы. Поэтому они служат индикатором чистоты воздуха. Очень заметна разница в видовом составе и количествен лишайников при сравнении естественных и нарушенных фитоценозов. Но есть виды лишайников, которые устойчивы к загрязнению. Наблюдается корреляция между загрязнение воздуха и видовым разнообразием лишайников, т.е. чем выше загрязнение атмосферы, тем ниже количества видов лишайников. При загрязнении атмосферного воздуха, сначала вымирают кустистые, затем листоватые, в конце накипные. Виды рода *Usnea* – хорошие индикаторы чистоты атмосферы, так как не выносят загрязнения. Устойчивы к загрязнению некоторые виды родов *Xanthoria*, *Phisica*, *Lecanora* и другие [4].

Значение лишайников в тундре служат основным рационом питания для северного оленя. Некоторые улитки и другие беспозвоночные животные также питаются лишайниками, но большинство беспозвоночных используют лишайники лишь как убежище.

Лишайники в жизни человека играет огромную роль. Мало того, что он является индикатором чистоты, но так же его употребляют в пищу. Например, в Японии из него готовят различные блюда. В качестве источника витамина С известна *Flavocetraria cucullata*. Во время Великой Отечественной Войны в СССР Был разработан способ промышленного получения глюкозы из слоевищ лишайников.

Некоторые виды лишайников (*Roccella fucoides*, *Ochrolechia tartarea*) ранее применялись для получения красок и лакмуса. Вещества, экстрагируемые из видов родов *Evernia*, *Ramalina*, *Ochrolechia*, раньше использовались в парфюмерной промышленности.

Многие лишайники продуцируют антибиотические вещества. К их числу относится усниновая кислота. На основе этой кислоты в середине 20 века в России был создан промышленный препарат «бинан» (натриевая соль усниновой кислоты), применявшийся в 60-80-х гг. в медицине. Некоторые виды лишайников издавна используются в народной медицине.

Среди лишайников почти нет ядовитых видов, хотя известны ядовитые свойства *Letharia vulpine* и некоторых других лишайников, содержащих вульпиновую кислоту, которая вызывает раздражение дыхательного, вазомоторного и рвотного центров центральной нервной системы млекопитающих, сопровождающееся затруднением дыхания, судорогами, повышением кровяного давления [7].

Высокая чувствительность лишайников к загрязнениям вызвана тем, что взаимодействие его компонентов легко нарушить. Это происходит, потому что лишайники не имеют никаких специальных органов для извлечения влаги из субстрата, и поглощают её всем талломом.

Долговременное воздействие низких концентраций загрязняющих веществ вызывает у лишайников такие повреждения, которые не исчезают вплоть до гибели их слоевищ. Это, видимо, связано с тем, что лишайники возобновляют свои клетки очень медленно, в то время как у высших растений поврежденные ткани заменяются новыми достаточно быстро.

Очень сильно лишайники реагируют и на радиоактивное загрязнение. Распределение радионуклидов внутри слоевищ лишайников зависит как от свойств радиоизотопов (формы выпадения, количества, растворимости в воде, подвижности в среде), так и от особенностей лишайника (жизненная форма, размеры растения) и местообитания (субстрат, экспозиция, количество осадков). У кустистых напочвенных лишайников радионуклиды концентрируются в верхних, более молодых, частях слоевищ [2].

Содержание в лишайниках радиоизотопов, накопленных при разовых выбросах, со временем уменьшается. В большинстве случаев

период полувыведения радионуклида (время, в течение которого его содержание в организме уменьшается вдвое) меньше периода его полураспада, поскольку уменьшение содержания нуклида обусловлено не только радиоактивным распадом, но и его вымыванием, удалением с отломившимися или съеденными частями слоевища.

Принимая во внимание, что лишайники живут очень долго, талломы лишайников могут содержать следы многих попаданий загрязнителей в атмосферу [7].

1.2 Методика лишайноиндикации

Методы лишайноиндикации подразделяются на две большие группы – активную лишайноиндикацию и пассивную лишайноиндикацию.

Активной лишайноиндикацией, являются трансплантационные методы. Этот метод заключается в том, что лишайники из незагрязненных районов трансплантируются (пересаживаются) в изучаемый район или же участки коры деревьев, покрытые лишайниками, срезаются и перемещаются на столбы или другие сооружения, расположенные в загрязненных районах. Их реакция исследуется путем периодического измерения или фотографирования. Экспериментальный подход включает перенос и исследование лишайников в лаборатории, где на них воздействуют различными концентрациями загрязняющих веществ. Первый симптом поражения лишайника, является уменьшение толщины таллома и хлороз из-за разрушения хлоропластов. Репродуктивные структуры лишайников изменяются или прекращают развитие. По скорости отмирания лишайников можно судить о мощности загрязнения. Для трансплантации часто используют лишайники, растущие на засохших ветвях деревьев. При этом ветка из чистого района переносится в исследуемый район и помещается, сохраняя пространственную ориентацию, в условия, максимально близкие по увлажнению и освещенности. Основным методом пассивной лишайноиндикации является наблюдение за изменениями

относительной численности лишайников. Для этого проводят измерения проективного покрытия лишайников на постоянных или переменных пробных площадках и получают средние значения проективного покрытия для исследуемой территории. На других аналогичных площадках или на тех же площадках через определенный промежуток времени также проводят измерения проективного покрытия. По изменению, как общего проективного покрытия, так и отдельных видов можно, используя шкалы чувствительности лишайников и специальные индексы, судить об увеличении или уменьшении загрязнения в пространстве или во времени. Пробные площадки могут быть как постоянными (мониторинговыми) и использоваться в течение ряда лет, так и переменными, т.е. «одноразовыми» [16].

При организации мониторинга методами пассивной лишайноиндикации следует придерживаться следующих основных правил.

1) Предпочтительным является изучение лишайников на постоянных площадках и модельных деревьях в течение длительного времени, а не разовое обследование серии пробных площадок.

2) В любом случае, пробные площадки должны закладываться в гомогенных по составу и возрасту фитоценозах (в идеале - например, в монопородных одновозрастных посадках).

3) Биотические и абиотические условия среды на сравниваемых пробных площадках должны быть по возможности одинаковыми (состав и структура фитоценозов, форма рельефа, увлажнение, освещенность и т.п.).

4) Модельные деревья на пробных площадках должны быть по возможности постоянными, а не случайными.

5) В любом случае, на сравниваемых площадках модельные деревья должны быть приблизительно одновозрастными, без видимых повреждений, принадлежать к одной из основных лесообразующих пород.

6) При использовании переменных пробных площадок (при "одноразовых" исследованиях) их количество должно быть в пределах

одного десятка (в зависимости от задачи исследования), а число модельных деревьев на каждой площадке должно измеряться несколькими десятками - для получения большого объема статистически достоверной информации [10].

Основной метод пассивной лишеноиндикации является измерение проективного покрытия лишайников на пробных площадках. При заложении пробной площадки выбирается участок с деревьями одной породы и примерно одного возраста (не менее 10). Для измерения численности лишайников на деревьях пользуются, в основном, двумя приемами – способом «палетки» и способом «линейных пересечений».

Для выполнения данной работы, мной был выбран метод проективного покрытия, а именно метод «палетки». Этот способ основан на соотношения проективного покрытия ствола дерева лишайниками и суммарного количества видов лишайников доминантного вида.

Проведение исследования в полевых условиях требуется: определитель лишайников, карандаш, блокнот, палетка 10x10 см и увеличительное стекло. Данная палетка, это специальное приспособление, изготовленное из плотного полиэтилена в виде квадрата размером 10x10 см. В итоге получается прозрачная сетка, благодаря которой покрывают ствол дерева, и оценивают степень покрытия его поверхности лишайниками [16].

Для определения площади проективного покрытия лишайников ствола дерева необходимо сделать следующее:

1. Выбрать место обследования (парк, участок леса, двор в городе).
2. Выбрать площадку для исследования размером 10x10 метров, включающую в себя 10 отдельно стоящих здоровых деревьев.
3. Приложить прозрачную сетку плотно к стволу дерева на высоте 0,3 – 1,5 м. Посчитать количество квадратов с лишайниками.
4. Подсчитать количество всех видов лишайников под прозрачной сеткой.

5. Подсчитать количество лишайников доминирующего вида.
6. Заполнить табл. 1
7. С помощью табл. 2 оценить качество воздуха, используя средние значения числа видов лишайников, степени покрытия и общего количества лишайников на каждом исследуемом дереве [10].

Подсчет лишайников на стволе дерева методом палетки представлены на рисунке 1.



Рис.1 Подсчет лишайников на стволе дерева.

Общее проективное покрытие в процентах (R) вычисляли по формуле (1):

$$R = \frac{(100a+50b)}{c}, \quad (1)$$

где a – число квадратов, в которых лишайники занимают более половины площади;

b – число квадратов, в которых лишайники занимают менее половины площади;

c – общее число квадратов палетки.

После сбора и подсчета лишайников данные заносятся в таблицу 1

Таблица 1

Журнал оценки качества воздуха по проективному покрытию ствола
дерева

Порядковый номер дерева	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Степень покрытия лишайниками, %										
Количество видов лишайников										
Количество лишайников доминирующего вида										

После внесения данных в таблицу 1, определяем шкалу качества воздуха по таблице 2.

Таблица 2

Шкала качества воздуха по проективному покрытию лишайниками
стволов деревьев

Проективное покрытие, %	Число видов	Число доминантных видов	Степень загрязнения
> 50	> 5	> 5	Очень чистый воздух
	3 – 5	> 5	Чистый воздух
	2 – 5	< 5	Относительно чистый воздух
20–50	>5	>5	
< 20	>2	< 5	Умеренное загрязнение
	3 – 5	< 5	Сильное загрязнение
	0 – 2	< 5	Очень сильное загрязнение

1.3 Вывод по первой главе

Методы лишеноиндикации изучают изменения структуры лишайниковых сообществ и состава лишенобиоты. Лишеноиндикация является простым и доступным способом определения степени загрязнения атмосферного воздуха. Хотя этот способ простой, но он достоверный. Расселение лишайников на территории зависит от многих факторов, также от степени загрязнения атмосферы. Поэтому они служат индикатором чистоты воздуха. Очень заметна разница в видовом составе и количествен лишайников при сравнении естественных и нарушенных фитоценозов. Самый распространенный метод определения загрязнения атмосферы, это метод проективного покрытия. Этот способ основан на соотношения проективного покрытия ствола дерева лишайниками и суммарного количества видов лишайников доминантного вида.

ГЛАВА 2 ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЕТКУЛЬСКОГО РАЙОНА

2.1 Физико-географическая характеристика района

Еткульский район располагается в восточной части Челябинской области, находится к югу в 42 км от областного центра г. Челябинска [1].

В восточной части области граничит с Курганской областью и Октябрьским муниципальным районом, в южной части - с Увельским и Еманжелинским муниципальными районами, на западе – с Чебаркульским муниципальным районом, на севере – с Сосновским, Коркинским муниципальным районом. От северной границы до южной составляет 50 километров, от западной до восточной – 85 километров (по прямой линии) [15].

Площадь Еткульского района составляет 2525, 16 кв. км.

На территории района 42 населенных пункта: сел, деревень, поселков. Они объединены в 12 сельских поселений [1].

Рельеф западной части района – холмистая, восточная – низменная, равнинная. Высота над уровнем моря: на западе – 315 м (д. Депутатский), на восточной границе – 182 м (оз. Аткуль). Местность слабо наклонена на восток, поэтому западные берега высокие, крутые, а восточные – пологие. На территории района выделяются две формы рельефа : Зауральская холмистая возвышенная равнина (Зауральский пенеплен) и Западно-Сибирская низменность (равнина). Граница между ними пролегает по линии Багаряк – Кунашак – Челябинск – Коркино – Еманжелинск – Южноуральск.

Здесь проходит граница двух физико-географических стран: Уральской горной страны и Западно-Сибирской низменности. Граница

между Уралом и Сибирью проходит по горизонтали 190 метров над уровнем моря. Но граница между Европой и Азией проходит в районе Златоуста [15].

Большое нахождение полезных ископаемых располагается в западной части района. Именно здесь богатейшие месторождения мрамора: Коелгинское и Южно-Коелгинское. Также добывают гранит (Восточно-Варламовский участок), туф (Восточная Коелга), сиреневый базальт.

В Увельском месторождении добывают строительные камни, используются Еманжелинским ДРСУ. Восточнее от Коелги три участка рудного золота: Березняковский, Северо-Березняковский и Северо-Таяндинский. «Еткуль-золото» разрабатывает первое месторождение. Здесь же находится месторождение полиметаллов (Таяндинская площадь) и большой подземный бассейн питьевой воды Сухарышский. Восточнее, на берегу Большой Сарыкуля, месторождение нефти «Челябинская площадь» (запасы непромышленные и не используются). Добывают строительный песок в месторождениях: Шibaевское, Белоносовское, Еткульское. Сапропель добывают на озере Оренбург [15].

В восточной части района преобладают озера, в западной – реки. Реки принадлежат Тобольскому бассейну, текут на восток, к Тоболу. На территории района протекают транзитом: Коелга (приток Увельки), Увелька, Сухарыш (приток Увельки), Еманжелинка, Козловка (приток Сухарыша), Чумляк. Речки Чумляк, Козловка и Еманжелинка – пересыхающие.

На территории района насчитывается примерно сто озёр. Средние глубины – от 0,5 до 2-3 метров. Происхождение одних озёр – это древние ложбины стока, образовались в результате распада древних рек Тобольского бассейна, другие озера просадочного происхождения, третьи – карстового. Помимо пресных озёр, есть немало солёные: Большой Шантропай, Бутащ, Горькое (целая группа озёр с одноименным названием)

и ряд других. Озера Горькое (Селезянское) и Большой Шантропай богаты лечебными грязями. Большинство озер используются для рыборазведения и рыбной ловли, так как обладают богатой кормовой базой, но рыбопродуктивность снижают заморные явления. Вода озер используется для орошения полей и в рекреационных целях.

Два озера объявлены гидрологическими памятниками природы: Большой Шантропай (1985) и Горькое (Селезянское) (1985). На территории района находятся особо охраняемые природные территории.

Еткульский бор

Еткульский бор был объявлен в 1969 году ботаническим памятником природы, с 2008 года – комплексный (в него входит озеро Боровушка)[15]. Еткульский бор расположен в Еткульском районе Челябинской области на восточном берегу озера Еткуль. Так как бор находится южнее деревни Печенкино, его часто называют Печенкинским бором. В глубине бора, расположено небольшое, но очень живописное озерко Боровушка с поросшими сосной берегами. Также имеется несколько болот. Площадь самого большого болота, протянувшегося вдоль южного берега озера Еткуль около 7 га. Господствующей древесной породой является сосна обыкновенная, возраст которой варьирует и достигает 200 лет и более. В состав древостоя входят также береза и осина, изредка встречаются вяз, ель, клен, ива. Животный мир бора довольно разнообразен. Лось, косуля сибирская, заяц-беляк, лисица, крот, барсук, мышевидные грызуны и летучие мыши представляют класс млекопитающих. Богато представлен и мир пернатых бора. Из промысловых птиц здесь обитают глухарь и тетерев степной, из хищных – дербник. Обычны серая ворона, сорока, горлица, желна, большой пестрый дятел, дрозды (рябинник и певчий), поползень, синица большая, горихвостка, конек лесной, иволга, стриж, пухляк, пеночка-теньковка, славка серая, зяблик, козодой, овсянка обыкновенная, трясогузка (белая и горная). На озерах Еткуль (Еткуль по-

башкирски – Собачье озеро) и Боровушка живут цапля серая, кряквы, чирки, поганки, чайки, крачки, кулики [12].

Озеро Большой Шантропай

Озеро Большой Шантропай отнесено к памятникам природы областного значения решением исполнительного комитета Челябинского областного Совета народных депутатов от 23 декабря 1985 года N 553 "О памятниках природы".

Основной целью объявления озера Большой Шантропай памятником природы является сохранение природного комплекса озера в естественном состоянии, в том числе редких и находящихся под угрозой исчезновения растений и животных.

Озеро Большой Шантропай – это крупный водоем, имеющий овальную форму, вытянутую с севера на юг. Озеро является бессточным. Вода в озере обладает повышенной щелочностью. Средняя глубина озера 3,4 метра, максимальная глубина - 4,7 метра.

Западный берег озера высокий, террасированный, к северу и к югу берега понижаются. По берегам озера произрастают березовые, березово-осиновые и сосново-березовые леса. На дне озера залегают минеральные грязи, мягкие и пластичные, имеющие черный цвет. Грязи и воды обладают лечебными свойствами [13].

Озеро Горькое

Озеро Горькое отнесено к памятникам природы областного значения решением исполнительного комитета Челябинского областного Совета народных депутатов от 23 декабря 1985 года N 553 "О памятниках природы".

Основной целью объявления озера Горькое памятником природы является сохранение природного комплекса озера в естественном состоянии, в том числе редких и находящихся под угрозой исчезновения растений и животных.

Озеро Горькое - это небольшое озеро, правильной округлой формы. Вода в озере высоко минерализованная, с горьковатым привкусом. Средняя глубина озера – 1,3 м, максимальная глубина – 2,1 м, которая плавно нарастает к центру озера.

Дно озера ровное, илистое. Изрезанность береговой линии незначительная. Берега озера покрыты смешанным лесом, в основном это береза, сосна, осина. Лес вплотную подходит к урезу воды. Озеро Горькое славится ценными для лечения щелочными водами и минеральными глинами [14].

К перспективным, особо охраняемым природным объектам отнесено урочище Большой Сарыкуль. Урочище расположено на административной территории Еткульского района и города Еманжелинска. С 1995 года имеет статус водоема культурно-бытового назначения.

В лесостепной зоне Челябинской области, в лесах Гослесфонда, выделено 15 генетических резерватов, в их числе 10 кварталов в Еткульском лесхозе, это особо ценные лесные массивы, расположенные в Еткульском бору между озерами Еткуль, Боровушка и д. Печенкино [15].

2.2 Климатически-тепловой режим района

Район располагается в зоне континентального климата. Зима продолжительная и холодная, лето относительно жаркое, с периодически повторяющимися засухами. Южный Урал зимой находится под влиянием азиатского антициклона. Поступающий континентальный воздух из Сибири, приносит морозную и сухую погоду. Часто вторгаются воздушные массы с севера.

Низкое давление преобладает летом. Сюда приходят воздушные арктические массы с Баренцева и Карского морей, а с юга перемещаются тропические массы воздуха из Казахстана и Средней Азии. С вхождением

континентального тропического воздуха устанавливается жаркая сухая погода. Западные ветры, поступающие с Атлантического океана, приносят влажную и неустойчивую погоду.

В январе юго-западные ветры преобладают, в июле- северные. Годовое количество осадков – 390 мм, за апрель – октябрь выпадает 298 мм, за ноябрь – март – 90 мм. Наибольшая сумма осадков приходится на летний сезон, июнь – август. Количество летних осадков непостоянно и колеблется в больших пределах.

С установлением отрицательных суточных температур воздуха и устойчивого снежного покрова наступает зима. Переход среднесуточной температуры воздуха через 5 градусов в сторону понижения происходит 8-9 ноября. Число дней с устойчивым снежным покровом 155. Зима продолжается около 4,5 месяцев (135 дней). Первая половина зимы (ноябрь - декабрь) теплее, чем вторая (январь-февраль), что связано с большей повторяемостью циклонов и теплых адвекций в ноябре и декабре. Высота снежного покрова 24 см в первой половине зимы и 28 см – во второй [15].

Начало весны (переход суточной температуры воздуха через 0 градусов) наступает в первой декаде апреля. Сход снежного покрова заканчивается в среднем 15 апреля, после установления периода с положительными температурами. В первой декаде мая (средняя дата 8 мая) суточная температура воздуха переходит через 10 градусов. Продолжительность периода со среднесуточными температурами 10 градусов и выше – 129 дней. Заморозки прекращаются в последней декаде мая. В западной части района заканчиваются на несколько дней позже.

Устойчивая теплая погода со средней суточной температурой выше 15 градусов устанавливается между 31 мая и 5 июня. Продолжительность периода со среднесуточной температурой выше 15 градусов – 80 дней. Большая сумма летних осадков приходится на вторую половину лета. В

южной части Еткульского района осадков выпадает несколько меньше, чем в западной и северной.

Заморозки начинаются почти одновременно с переходом суточной температуры воздуха через 10 градусов в сторону ее понижения 14 – 20 сентября, в западной части района – значительно раньше. Через 0 градусов средняя суточная температура переходит осенью, 23 октября. Средняя дата появления первого снега – 16 октября, но устойчивый снежный покров устанавливается в среднем 10-12 ноября [1].

Роза ветров характеризуется преобладание юго-западных ветров – их 26%, западных – 15%, северо-западных – 18%, северных – 11%, северо-восточных – 7%, восточных – 4%, юго-восточных – 6 %, южных – 13% [11].

Средняя температура воздуха для Еткульского района: январь – 16,7, февраль – 14,4, март – 8 градусов холода; апрель – 2,5, май – 11,8, июнь – 16,9, июль – 18,7, август – 16,4, сентябрь – 10,4, октябрь – 2,2 градуса тепла; ноябрь – 6,3, декабрь – 13, 8 градуса холода.

Распределение осадков по месяцам для Еткульского района: январь – 15 мм, февраль – 14 мм, март – 17 мм, апрель – 20 мм, май – 35 мм, июнь – 52 мм, июль – 71 мм, август – 56 мм, сентябрь – 33 мм, октябрь – 31 мм, ноябрь – 23 мм, декабрь – 22 мм. [15]

2.3 Экология Еткульского района

Вредное воздействие на атмосферный воздуха Еткульского района оказывают промышленные предприятия городов Коркино, Копейск, Челябинск, Еманжелинск. Чебаркульский район загрязняет сточными водами реки Коелгу и Увельку [15].

На территории района находятся два очистных сооружения на крупных предприятиях:

- Еманжелинский племрепродуктор ОАО «Птицефабрика Челябинская», мощностью 200 тыс. м³/год;

- ООО «Колга комфорт» (по договору аренды с администрацией Колгинского сельского поселения), мощностью 255 тыс.м³/год.

В 2014 г. введены в эксплуатацию очистные сооружения с.Еткуль, д. Печёнкино Еткульского района, мощностью 2000 м³/сутки.

Паводковая ситуация находится под контролем администрации района, администраций сельских поселений; подтоплений за последние 10 лет не зафиксировано [6].

2.4 Вывод по второй главе

Рельеф района не однотипен, на западе холмистый, а на востоке равнина. Также здесь проходит граница Западно-Сибирской и Уральской горной территории. Из-за континентального климата Еткульский район богат большим количеством озер, биологическими памятниками природы и полезными ископаемыми. Район сочетает в себе сельское хозяйство и добычу полезных ископаемых. Район также популярен среди туристов, поэтому здесь располагаются детские лагеря, оздоровительные центры.

ГЛАВА 3 ОЦЕНКА ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА ЕТКУЛЬСКОГО РАЙОНА

3.1 Описание пробных площадок

Для описания пробных площадок было выбрано 24 точки. Точки проходят вдоль асфальтированной дороги, где преобладает смешанный лес из сосновых и березовых пород. Точки расположены в западной части Еткульского района, где проходит автомобильное шоссе. На каждой площадке было отобрано 5 отдельно стоящих, здоровых деревьев. На каждом участке было проведена оценка степени покрытия древесного ствола лишайниками. На высоте 30-150 см., накладывалась палетка 10x10 см., на наиболее заросшую часть коры лишайниками. Для исследования была выбрана Берёза повислая (лат. *Bétula péndula* Roth.) и Тополь дрожащий (лат. *Populus tremula*). Полученные результаты занесены в таблицы. (Приложения)

Участок 1

Находится на окраине леса вблизи асфальтированной дороги, восточнее д. Потапово. Встречено 2 вида лишайников, 1 вид доминирует. Степень покрытия лишайниками составило 15,0 процентов.

Участок 2

Располагается на окраине леса вблизи асфальтированной дороги, западнее д. Потапово. Недалеко находятся теплицы Китайцев. Встречено 4 вида лишайников, 2 вида доминируют. Степень покрытия лишайниками составило 55,5 процентов.

Участок 3

Находится на окраине леса вблизи автомобильной дороги, юго-западнее с. Еткуль. Обнаружено 2 вида лишайников, 1 вид доминирует. Степень покрытия коры составил 11,7 процент.

Участок 4

Располагается через асфальтированную дорогу от участка 3. Встречено 4 вида лишайников, 2 вида доминирует. Процентное соотношение составило 58,8.

Участок 5

Находится на окраине леса вблизи проселочной дороги восточнее с. Еткуль. Участок расположен на территории биологического памятника природы «Еткульский бор». На точке преобладают сосновые и березовые породы. Найдено 4 вида лишайников, преобладает 2 вида. Процентное соотношение составило 99,6.

Участок 6

Находится в глуби леса, на южной стороне оз. Боровушка. Точка расположена на территории ботанического памятника природы «Еткульский бор». Видового состава лишайников обнаружено 2 вида, 1 из которых доминирует. Степень покрытия коры составил 26,5 процентов.

Участок 7

Находится на окраине смешанного леса вблизи асфальтированной дороги, западнее с. Еткуль. Обнаружено 4 вида лишайников, 1 вид преобладает. Степень покрытия коры составил 68,9 процентов.

Участок 8

Располагается через асфальтированную дорогу от участка 7. Обнаружено 3 вида лишайников, 1 вид доминирует. Процентное соотношение составило 39,1.

Участок 9

Находится вдоль асфальтированной дороги, восточнее д. Белоногово (2,5 км). Обнаружено 2 вида лишайников, 1 вид доминирует. Процентное соотношение составило 17,4.

Участок 10

Находится на окраине леса вблизи автомобильной дороги и восточнее д. Белоногово. Найдено 3 вида лишайников, 1 вид доминирует. Степень покрытия коры составил 23,6 процентов.

Участок 11

Находится на окраине леса вблизи асфальтированной дороги на выезде из с. Еткуль, возле АЗС. Встречено 3 вида лишайников, 1 вид доминирует. Степень покрытия лишайниками составило 32,9 процентов.

Участок 12

Располагается через дорогу от участка 11, находится возле нефтеперегонки. Встречено 2 вида лишайников, 1 вид доминирует. Степень покрытия лишайниками составило 27,9 процентов.

Участок 13

Находится на окраине леса вблизи асфальтированной дороги, северо-западнее д. Печёнкино. Обнаружено 3 вида лишайников, 1 вид доминирует. Степень покрытия коры составил 30,8 процентов.

Участок 14

Располагается на окраине леса вблизи асфальтированной дороги, северо-восточнее д. Печёнкино. Обнаружено 3 вида лишайников, 1 вид доминирует. Степень покрытия коры составил 46,5 процентов.

Участок 15

Находится на окраине леса вблизи асфальтированной дороги, северо-западнее д. Шеломенцево. Найдено 2 вида лишайников, 1 вид преобладает. Степень покрытия коры составил 20,7 процентов.

Участок 16

Находится на окраине леса вблизи асфальтированной дороги в сторону с. Селезян. Обнаружено 2 вида лишайника, 1 вид доминирует. Степень покрытия коры составил 6,5 процентов.

Участок 17

Находится на окраине леса вблизи асфальтированной дороги, юго-западнее с. Селезян. Обнаружено 0 вида лишайника, 0 вида преобладает. Степень покрытия коры составил 0 процентов.

Участок 18

Находится на окраине леса вблизи автомобильной дороги, западнее д. Аткуль. Обнаружено 1 вид лишайников, 1 вид доминирует. Степень покрытия коры составил 13,4 процентов.

Участок 19

Находится на окраине леса вблизи асфальтированной дороги, возле оз. Горькое. Обнаружено 2 вида лишайников, 1 вид преобладает. Степень покрытия коры составил 37,2 процентов.

Участок 20

Находится на окраине леса вблизи автомобильной дороги. Пробная площадка находится рядом с территории гидрологического памятника природы оз. Большой Шантропай. Найдено 4 вида лишайников, 2 вида доминируют. Степень покрытия коры составил 75,5 процентов.

Участок 21

Находится на окраине леса вблизи автомобильной дороги, юго-западнее с. Белоусово. Обнаружено 4 вида лишайников, 2 вида доминируют. Степень покрытия коры составил 16,3 процента.

Участок 22

Располагается через асфальтированную дорогу от участка 21. Встречено 3 вида лишайников, 1 вид доминирует. Процентное соотношение составило 8,5 процентов.

Участок 23

Находится на окраине леса вблизи асфальтированной дороги, северо-восточнее п. Лесной. Встречено 4 вида лишайников, 3 вид доминирует. Степень покрытия лишайниками составило 76,2 процентов.

Участок 24

Находится на окраине леса в восточном направлении за п. Лесной. Встречено 4 вида лишайников, 2 вид доминирует. Степень покрытия лишайниками составило 68,0 процентов.

Расположение пробных площадок в Еткульском районе наглядно представлено на рисунке 2.



Рис.2 Пробные площадки на территории Еткульского района. (Составлено автором)

3.2 Оценка атмосферы методом лишеноиндикации

В рамках исследования были проведены маршрутные обследования на территории северной, центральной и северо-восточной части района. На маршрутах с целью исследования лишенофлоры и биоразнообразия лишенобионтов закладывались пробные площадки (общее количество – 120). Оценка численности лишайников и их проективного покрытия (%) выполнялась методом «палетки». По показателям лишеноразнообразия выполнялась оценка степени загрязнения атмосферы, результаты которой визуализировались в виде картограммы уровней загрязнения.

На точках отбора было встречено семь видов лишайников.

1) Ксантория настенная (лат. *Xanthoria parietina*) — лишайник семейства Телосхистовые, вид рода Ксантория (рис. 3).



Рис.3 Ксантория настенная (лат. *Xanthoria parietina*).

Слоевище представляет собой листоватое, розетковидное, плотно прилегает к субстрату. Цвет сверху от желто-зеленого до ярко-оранжевого, гладкая или слабо морщинистая; нижняя сторона белая, по краю желтоватая, с темными ризоидами. Слоевищные лопасти широкие или узкие, крупные и мелкие. Слоевище довольно тонкое, листоватое, округлое, розетковидное или неопределенной формы, до 4—10(20) см в диам., в центре тесно прижатое к субстрату, обычно в виде цельной пленки, на периферии немного приподнятое над субстратом, рассеченное на хорошо выраженные лопасти. Лопасти до 7—8(12) мм дл. и 2.5—3.5(7) мм шир., горизонтальные, мягкие, прижатые к субстрату, по краю волнисто приподнятые, рассеченные на меньшие фрагменты ок. 1—1.5(2.5) мм шир., голые, складчатые или морщинистые, по краям зарубчатые, соприкасающиеся краями или иногда черепитчато-

налегающие друг на друга, в основном восходящие по краю. Верхняя поверхность слоевища желтая до оранжево-желтой (зеленоватая или сероватая в затененных условиях), складчатая или в центральной части среди апотециев морщинистая, иногда гладкая; нижняя поверхность беловатая, с редкими гаптерами (до 0.1—0.2 мм диам.) в местах контакта с субстратом. Слоевище на срезе до 100—200 мкм толщ. Верхний и нижний коровые слои параплектенхимные, бесцветные, верхний — с желтовато-оранжевыми кристаллами. Водоросли образуют непрерывную зону [9].

2) Пармелия бороздчатая (лат. *Parmelia sulcata*) — вид лишайников рода Пармелия (*Parmelia*) семейства Пармелиевые (*Parmeliaceae*) (рис. 4).



Рис.4 Пармелия бороздчатая (лат. *Parmelia sulcata*).

Слоевище кожисто-листоватое, розетковидное, плотно прилегающее к субстрату, изрезанно-лопастное по краю. Слоевищные лопасти выемчатоволнистые, закругленные или вытянутые, в процессе роста чрезвычайно изменчивые, плоские или выпуклые, с цельным или зубренным краем. Верхняя сторона слоевища голубовато-серая, пепельно-серая, иногда коричневатая, матовая, местами как бы припудренная, без трещин. На поверхности ясно выступает сетка жилок, по ребрам которых размещается цепь округлых или удлинённых соралей. Нижняя сторона слоевища черная, густо усажена сравнительно длинными черными ризинами, простыми или разветвленными.

Апотеции встречаются, но редко. Диск апотеция красно-коричневый, плоский, без налета. Слоевищный край тонкий, часто соредиозный. Эпитеций коричневатый. Гипотеций чуть, желтоватый. Сумки булабовидные. Парафизы склеенные. Споры эллиптические, часто с одного конца зауженные, $13\text{—}15 \times 5,5\text{—}6,0$ μ , толстостенные. Пикнидии размещаются на концах лопастей, погруженные в слоевище. Пикноконидии простые, цилиндрические. Верхний коровой слой от КОН желтеет, сердцевина от КОН желтеет, а затем становится красновато-коричневой.

Поселяется на стволах и сучьях лиственных и хвойных пород и редко на отмершей древесине и камнях [9].

3) Леканора (лат. *Lecanora*) — род лишайников семейства Леканоровые (*Lecanoraceae*) (рис. 5).



Рис.5 Леканора (лат. *Lecanora*).

Слоевище однообразно накипное, гладкое, зернистое или бородавчатое, сплошное или ареолированное до рассеянного в виде отдельных бугорков или чешуек, нередко незаметное, произрастающее на различных субстратах; прикрепляется к субстрату гифами подслоевища или сердцевинного слоя. Слоевище гетеромерное. Верхний коровой слой обычно хорошо развит. Апотеции сидячие, с плоским или выпуклым, редко слегка вогнутым диском, обычно окружёнными слоевищным краем, нередко позднее исчезающим. Иногда вокруг диска, кроме слоевищного, образуется и собственный край. Гипотеций бесцветный или слабо окрашенный. Сумки с 8 (редко 16—32) спорами. Споры одноклеточные, бесцветные, или почти веретеновидные, прямые, с тонкой оболочкой. Пикноконидии нитевидные, прямые или изогнутые [9].

4) Гипогимния вздутая (лат. *Hypogymnia physodes*) - род лишайников семейства Пармелиевые (*Parmeliaceae*). Фитобионт — *Cystococcus* (рис. 6).



Рис.6 Гипогимния вздутая (лат. *Hypogymnia physodes*).

Слоевище розетковидное, распростертое по субстрату, иногда довольно плотно прикрепленное, лопастевидно изрезанное. Слоевищные лопасти довольно узкие с приподнимающимися концами. Верхняя сторона слоевища светло-серого цвета, гладкая, в большинстве матовая. Соредии в виде белых мучнистых скоплений возникают на месте разрывов тканей на границе между верхней и нижней корой на расширенных языковидных концах лопастей. Это очень характерный и постоянный признак, отличающий этот вид от других. Иногда единичные точечные соредии

возникают на верхней поверхности. Нижняя сторона слоевища черная или коричневатая, матовая в центре и глянцеватая по окружности, морщинистая. Верхний коровой слой коричневатый. Гонидиальный слой непрерывный. Сердцевина белая, рыхлая, с многочисленными белыми пространствами (полостями). Нижний коровой слой темно-коричневый.

Апотеции встречаются, но довольно редко. Обычно они сидячие, иногда чуть приподняты над субстратом, блюдцевидные, с тонким, гладким, позже шероховатым слоевищным краем. Диск апотеция вогнутый или плоский, позже выпуклый, кремовый или более темный, красновато-коричневый, без налета. Эпитеций желтовато-коричневый. Гимений бесцветный. Парафизы простые или на верхушке разветвленные. Сумки булабовидные. Споры эллипсоидной формы, $6\text{—}9 \times 4,5\text{—}5,0$ м, с толстыми стенками. Пикнидии встречаются часто в большом количестве, хорошо различимы невооруженным глазом. Пикноконидии цилиндрические, простые, в середине перетянутые. Коровой слой от КОН желтеет. Сердцевина от этого реактива не изменяется.

Поселяется преимущественно на стволах и сучьях лиственных и хвойных пород, реже на обработанной древесине и каменистом субстрате, иногда на почве [9].

5) Фисция звездчатая (лат. *Physciaceae*) — семейство лишенизированных грибов класса леканоромицетов (*Lecanogomycetes*) (рис. 7).



Рис.7 Фисция звездчатая (лат. Physciaceae).

Слоевище листоватое, розетковидное, плотно прилегающее к субстрату. Слоевищные лопасти узкие, 0,2—0,7(1,5) мм ширины, округловыемчатые на концах, слегка выпуклые, у некоторых разновидностей ветвистые. Верхняя поверхность таллома серовато-белая, или сизая. Нижняя сторона слоевища светлая со светлыми ризинами. Верхний коровой слой плек-тенхимный. Гонидиальный слой хорошо ограничен. Нижняя кора образована толстостенными гифами.

Апотеции многочисленные с толстым иногда волнистым слоевищным краем. Диск плоский, коричневатый-черный, иногда с налетом. Гимений от J синеющий, парафизы булабовидные. Гипотеций бесцветный. Споры двухклеточные, эллипсоидные, 16—20(23)×8—10 мкм. Пикнидии многочисленные, располагаются на конце лопастей. Пикноконидии прямые, цилиндрические, 3—5 мкм длины. От КОН кора желтеет, сердцевина

не окрашивается. От CaCl_2O_2 ни кора, ни сердцевина в окраске не изменяются.

Поселяется преимущественно на коре деревьев лиственных пород, реже на обнаженной гниющей древесине и каменистом субстрате [9].

б) Эверния сливовая (лат. *Evernia prunastri*) — вид лишайников, растущих на стволе и ветвях дубов и некоторых других лиственных и хвойных деревьев, в том числе на пихтах и на соснах (рис. 8).

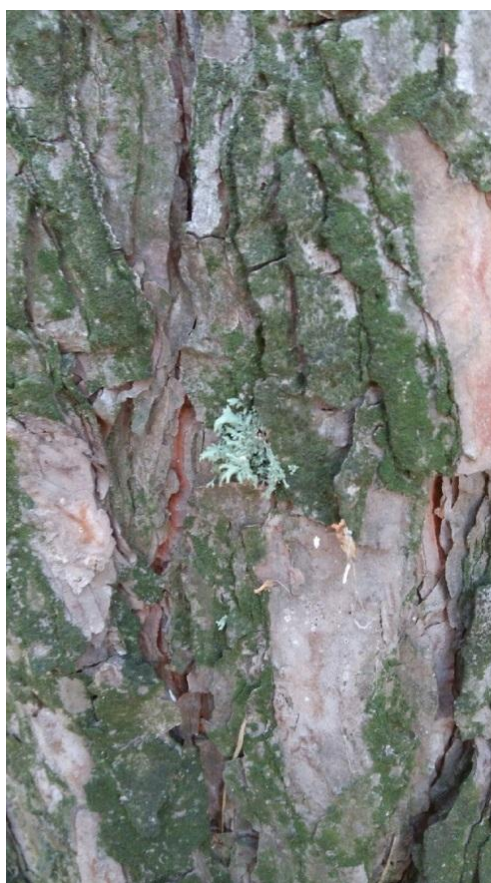


Рис.8 Эверния сливовая (лат. *Evernia prunastri*).

Слоевище листоватое или листовато-кустистое, до 10 см длины в виде цельной пластинки или разветвленное, свисающее или приподнятое над субстратом, прикреплено к субстрату слабо выраженным основанием или без него, серовато-зеленое, беловато-серое, иногда желтоватое или коричневатое, матовое, снизу светлее, разветвлено вильчато, с широкими и

закругленными углами между лопастями. Слоевищные лопасти листовидно-сплюснутые, 2—4 мм ширины, чуть сужающиеся к вершине, с загнутыми и утолщенными краями, с морщинистой, складчатой, волнистой или бородавчатой поверхностью. Коровой слой образован гифами, расположенными перпендикулярно к поверхности, параплектенхимный, бесцветный во внутренней части и чуть зеленоватый во внешней. Сердцевина состоит из рыхло переплетенных гиф.

Плодовые тела 2—10 см в диаметре, расположены на верхней части слоевища или на окончаниях лопастей. Футляр морщинистый или складчатый, слоевищный край тонкий, неровный, загнутый вовнутрь. Диск апотеция красновато-коричневый, глянецватый, без налета. Гипотеций бесцветный, эпитеций и верхняя часть гимения коричневатые. Сумки булабовидные. Споры яйцевидные или овальные, 4,5—6×6—10 м. Парафизы простые или разветвленные, сильно склеенные.

Сорали многочисленные, ярко выраженные, расположены чаще по краю лопастей или на верхней стороне слоевища, сначала мелкие, точковидные, позже достигают нескольких миллиметров в диаметре, скученные. Соредии довольно крупные, зеленоватые. Пикнидии образуются редко.

Поселяется на деревьях хвойных и лиственных пород, на мертвой древесине, реже на камнях [9].

7) Кладония бахромчатая (лат. *Cladonia fimbriata* (L.) Fr.) – вид лишайников, рода Кладония (*Cladonia*) (рисунке 9).



Рис.9 Кладония бахромчатая (лат. *Cladonia fimbriata*).

Первичное слоевище состоит из чешуек с изрезанными краями, долго сохраняющихся. Подеции до 0,3—10 см высоты, простые или редко ветвистые, шиловидно заканчивающиеся или образующие сцифы, иногда пролифицирующие по краю. Поверхность подециев и внутренняя часть сциф покрыты беловато-зеленоватым мучнисто-соредиозным налетом. Коровой слой в большинстве случаев отсутствует или редко образуется у основания подециев. Филлокладии развиваются, но редко. Апотеции образуются по краям сциф, темно-коричневые или несколько светлее. При действии КОН слоевище не изменяется в окраске или слабо желтеет, от Vz и Pd краснеет.

На различной почве в сосновых, лиственных и смешанных лесах, на гниющей древесине, у основания стволов на корневых лапах, на торфяниках [9].

Показатели биоразнообразия лишенофлоры в Еткульском районе представлены в таблице 3.

Таблица 3.

Показатели биоразнообразия лишенофлоры

Показатель	Среднее	Стандартная ошибка	Медиана	Минимум	Максимум
Проективное покрытие	36,5	3,2	26,9	0	100
Число видов	2	0,12	2	0	4
Число доминантных видов	1	0,06	1	0	3

Статистическая оценка показателей лишенообразия (табл. 3) указывает на низкое видовое разнообразие лишайников – характерно преобладание ценозов с одним-тремя видами лишайников при одном доминантном виде при достаточно высоком разнообразии лишенофлоры Урала

По полученным данным, на карте (рис.10) спроектирована пространственная оценка загрязнения воздуха.

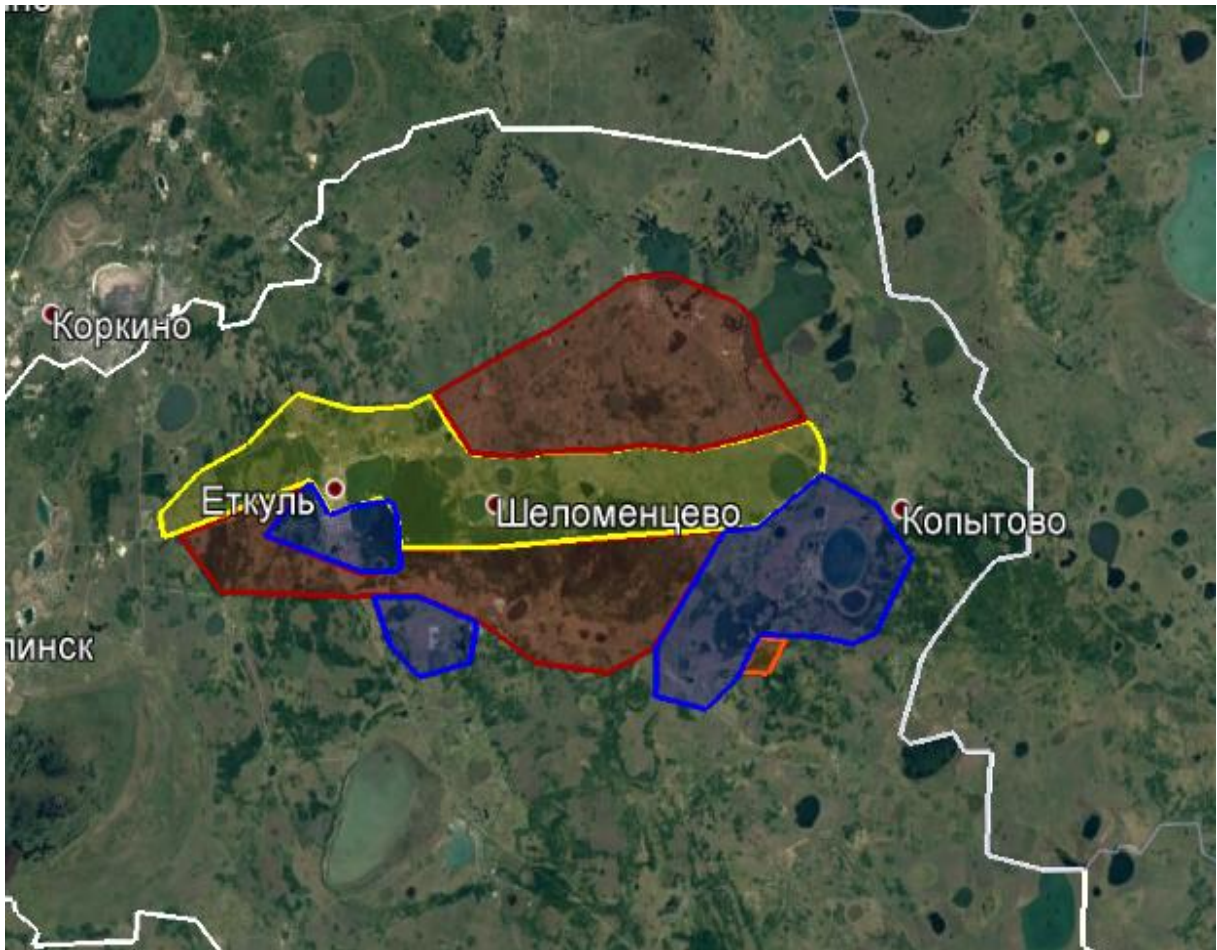


Рис.10 Пространственная оценка загрязнения атмосферы в Еткульском районе на основе лишеноиндикации (цвет зон соответствует цвету и степени загрязнения в табл. 2, белым показана административная граница района).

Как видно на рисунке 10, зоны загрязнения воздуха вытянуты в широтном направлении, что связано с преобладанием западных и юго-западных ветров для обследованной территории. При этом четко выделяются две зоны очень сильного загрязнения.

Пример оценки загрязнения атмосферы методом лишеноиндикации для всех пробных площадок представлено в таблице 4.

Таблица 4.

Характер лишенофлоры на пробных площадках и оценка загрязнения атмосферы

Порядковый номер пробных площадок	Характеристика степени покрытия лишайниками, %	Максимальное количество лишайников	Максимальное количество лишайников доминирующего вида	Оценка загрязнения атмосферного воздуха
1	2	3	4	5
Пробная площадка 1	15,0	2	1	Очень сильное загрязнение
Пробная площадка 2	55,5	4	2	Относительно чистый воздух
Пробная площадка 3	11,7	2	1	Очень сильное загрязнение
Пробная площадка 4	58,8	4	2	Относительно чистый воздух
Пробная площадка 5	99,6	4	2	Относительно чистый воздух
Пробная площадка 6	26,5	2	1	Умеренное загрязнение
Пробная площадка 7	68,9	4	1	Относительно чистый воздух
Пробная площадка 8	39,1	3	1	Умеренное загрязнение
Пробная площадка 9	17,4	2	1	Очень сильное загрязнение
Пробная площадка 10	23,6	3	1	Умеренное загрязнение
Пробная площадка 11	32,9	3	1	Умеренное загрязнение
Пробная площадка 12	27,9	2	1	Умеренное загрязнение
Пробная площадка 13	30,8	3	1	Умеренное загрязнение

Продолжение таблицы 4

1	2	3	4	5
Пробная площадка 14	46,5	3	1	Умеренное загрязнение
Пробная площадка 15	20,7	2	1	Умеренное загрязнение
Пробная площадка 16	6,5	2	1	Очень сильное загрязнение
Пробная площадка 17	0	0	0	Очень сильное загрязнение
Пробная площадка 18	13,4	1	1	Очень сильное загрязнение
Пробная площадка 19	37,2	2	1	Умеренное загрязнение
Пробная площадка 20	75,5	4	2	Относительно чистый воздух
Пробная площадка 21	16,3	4	2	Сильное загрязнение
Пробная площадка 22	8,5	3	1	Относительно чистый воздух
Пробная площадка 23	76,2	4	3	Относительно чистый воздух
Пробная площадка 24	68,0	4	2	Относительно чистый воздух

Исходя из данной таблицы, видно, что оценка загрязнения идет не равномерно. Это зависит от интенсивности прохождения автотранспорта и продуваемости района.

3.3 Вывод по третьей главе

По данным проведенной работе, нами получилось, что район умеренно загрязненный. В основном загрязнителями являются выхлопы от автотранспорта. Проведя работу, нами было определено 7 видов лишайников, это *Xanthoria parietina* - ксантория настенная, *Parmelia sulcata* - пармелия бороздчатая, *Lecanora* – леканора, *Hypogymnia physodes* - гипогимния вздутая, *Physciaceae* - фисция звездчатая, *Evernia prunastri* - эверния сливовая, *Cladonia fimbriata* - кладония бахромчатая. Два вида лишайников более устойчивы к загрязнению атмосферы, это *Xanthoria parietina* - ксантория настенная и *Lecanora* – леканора. Среди 24 пробных площадок, только шесть точек с очень сильным загрязнением.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Решение поставленных задач позволили расширить теоретические знания по проблеме лишеноиндикации, в частности: освоить технологию проведения исследовательских работ; выявить видовой состав эпифитной лишенофлоры Еткульского района; провести оценку факторов антропогенного воздействия на территории Еткульского района; освоить некоторые методы лишеноиндикации, определив их доступность в условиях района; исследовать влияние атмосферных загрязнителей на эпифитные лишайники. Результаты исследований дали возможность сделать выводы о состоянии атмосферного воздуха в Еткульском районе.

Зоны загрязнения воздуха вытянуты в широтном направлении, что связано с преобладанием западных и юго-западных ветров для обследованной территории. При этом четко выделяются две зоны очень сильного загрязнения. Во-первых, южнее с. Еткуль зона, связанная с воздействием расположенного западнее г. Еманжелинска и автомобильной дороги общего пользования регионального значения Челябинск – Октябрьское. Во-вторых, северная зона, которая определяется влиянием ветров со стороны гг. Коркино и Копейска, входящих в «Челябинскую агломерацию». Между ними расположена вытянутая в широтном направлении зона умеренного загрязнения, расположенная севернее крупных лесных массивов района в своеобразной «аэродинамической трубе», связанной с автомобильной дорогой общего пользования регионального значения Еткуль – Селезян – Шатрово – Луговой. Наконец, зоны относительно чистого воздуха располагаются в крупных лесных массивах и в «аэродинамической тени» за ними восточнее, куда не доходят и которые обходят загрязненные поллютантами воздушные массы.

Среди исследованных пробных площадок выявлено только 6 площадок с очень сильным загрязнением, расположенные вблизи автомагистралей. На остальных площадках лишеноиндикация показала величины относительно чистого и умеренное загрязнение воздуха.

В целом же состояние атмосферного воздуха в Еткульском районе можно считать умеренно загрязненным.

Таким образом, пространственная оценка атмосферного загрязнения с использованием лишеноиндикации позволяет определять зоны влияния поллютантов, перемещаемых с воздушными массами, за пределами промышленных центров и выявлять территории с критическим уровнем воздействия. Зоны атмосферного загрязнения определяются не только центрами загрязнения и преобладающими ветрами, но и инфраструктурой района (дорожная сеть), а также растительностью (лесными массивами), которые либо способствуют распространению поллютантов, либо являются для них естественными барьерами.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Административный сайт admetkul.ru [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: <http://www.admetkul.ru/city/index.php>, свободный. – Заглавие с экрана.
2. Боголюбов А.С. Экосистема. Оценка загрязнения воздуха методом лишеноиндикации: методическое пособие [Текст] / А.С. Боголюбов, М. В. Кравченко. – Экосистема, 2001. – 15 с.
3. Гарибова Л.В. Водоросли, лишайники и мохообразные России [Текст] / Л.В. Гарибова, Ю.К. Дундин, Е.Ф. Коптяева, В.Р. Филин. – М.: Мысль, 2012. – 350 с.
4. Горшков М.В. Экологический мониторинг: учеб. пособие [Текст] / М.В. Горшков. – Владивосток: Изд-во ТГЭУ, 2010. – 313 с.
5. Гиляров М. С. Биологический энциклопедический словарь [Электронный ресурс] / М.С. Гиляров. – Режим доступа: <https://nashol.com/2011071357372/biologicheskii-enciklopedicheskii-slovar-gilyarov-m-s.html>, свободный. – Заглавие с экрана.
6. Инвестиционный паспорт Еткульского муниципального района Челябинской области [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://studfiles.net/preview/2975722/>, свободный. – Заглавие с экрана.
7. Кондратюк С. Я. Лишеноиндикация [Текст] / С. Я. Кондратюк, В.Г. Мартиенко. – Киев: ТОВ «КОД», 2006. – 260 с.
8. Мелехова О.П. Биологический контроль окружающей среды: биоиндикация и биотестирование: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений [Текст] / О.П. Мелехова, Е.И. Егорова, Т.И. Евсеева и др. – М.: Академия, 2007. – 288 с.

9. Окснер. А.Н. Определитель лишайников СССР. Морфология, систематика и географическое распространение [Текст] / А.Н. Окснер. — Л.: Наука, 1974. — 284 с.

10. Пчелкин А.В. Методы лишеноиндикации загрязнений окружающей среды: методическое пособие [Текст] / А.В. Пчелкин, А.С. Боголюбов. — М.: Экосистема, 1997. — 25 с.

11. Сайт архив погоды в Еткульском районе world-weather.ru [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://world-weather.ru/archive/russia/yetkul/>, свободный. — Заглавие с экрана

12. Сайт Областного Государственного Учреждения «Особо охраняемые природные территории Челябинской области». Еткульский бор [Электронный ресурс] — Режим доступа: http://oopt174.ru/htmlpages/Show/etkul_bor, свободный. — Заглавие с экрана

13. Сайт Областного Государственного Учреждения «Особо охраняемые природные территории Челябинской области». Озеро Большой Шантропай [Электронный ресурс] — Режим доступа: <http://oopt174.ru/htmlpages/Show/OzeroBolshojSHantropaj>, свободный. — Заглавие с экрана

14. Сайт Областного Государственного Учреждения «Особо охраняемые природные территории Челябинской области». Озеро Горькое [Электронный ресурс] — Режим доступа: <http://oopt174.ru/htmlpages/Show/OzeroGorkoeEtkulskijrajon>, свободный. — Заглавие с экрана

15. Щипачёв Б.Ф. Еткульский край. XVIII – XXI века [Текст] / Б.Ф. Щипачёв. — Челябинск: Каменный пояс, 2011. — 448 с.

16. Яцына А. П. Практикум по лишайникам [Текст] / А. П. Яцына. — Витебск: УО «ВГУ им. П. М. Машерова», 2012. — 224 с.