

УДК 502.175:622.012 (470.21)

СОСТОЯНИЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ В РАЙОНЕ РАСПОЛОЖЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЯ ЦВЕТНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ (МУРМАНСКАЯ ОБЛАСТЬ)

Кизеев А.Н.

*ФГБУН Полярно-альпийский ботанический сад-институт им. Н.А. Аврорина
Кольского научного центра РАН, Апатиты, e-mail: ank1999@yandex.ru*

В работе представлены результаты исследований, проведенных в районе расположения медно-никелевого комбината «Североникель». Установлен градиент накопления тяжелых металлов (Ni, Cu, Co и др.) в природных объектах. Выявлены неспецифические адаптивные реакции у растений на действие поллютантов.

Ключевые слова: комбинат «Североникель», тяжелые металлы, загрязнение, природные объекты, адаптивные реакции

STATE OF ENVIRONMENT IN AREA OF NON-FERROUS METALLURGY PLANT (MURMANSK REGION)

Kizeev A.N.

*Polar-alpine botanical garden-institute n.a. N.A. Avrorin of the Kola Science Centre
of the Russian Academy of Sciences, Apatity, e-mail: ank1999@yandex.ru*

In this work the results of the researches which have been carried out in area of an arrangement of the «Severonikel» smelter are submitted. The gradient of accumulation of heavy metals in natural objects is established. The not specific adaptive reactions at plants on action pollutants are revealed.

Keywords: Severonikel smelter, heavy metals, pollution, natural objects, adaptive reactions

Мурманская область – один из наиболее индустриально развитых регионов России. Предприятия металлургической промышленности, Кольская АЭС, атомный флот, горнодобывающие объекты, строительные организации, транспортные терминалы – все они являются поставщиками техногенного загрязнения в окружающую среду тяжелых металлов, соединений фтора и алюминия, оксидов серы и азота, радиационного воздействия. Под влиянием техногенного давления угнетаются водные и лесные экосистемы, разрушаются, теряют способность к самовосстановлению. Вклад различных производств в загрязнение окружающей среды региона неодинаков. Максимальное количество специфических веществ выбрасывается предприятиями цветной металлургии [4].

Открытое акционерное общество «Кольская горно-металлургическая компания» (ОАО «Кольская ГМК») – дочернее предприятие ОАО ГМК «Норильский Никель», является ведущим производственным комплексом Мурманской области, созданным на базе старейших предприятий – комбинатов «Североникель» и «Печенганикель», и представляет собой единое горно-металлургическое производство по добыче сульфидных медно-никелевых руд и производству цветных металлов.

Комбинат «Североникель» был введен в эксплуатацию в 1938 году для переработ-

ки жильных руд месторождения Ниттис-Кумужье. Эти руды содержали 3,7% никеля, 1,8% меди и 1,15% серы. В 1946–1947 годах в переработку были вовлечены руды Печенгского района с содержанием никеля – 1,18%, меди – 1,03% и серы – около 6,5%. В 1969 г. комбинат приступил к переработке норильских руд с очень высоким содержанием серы (до 30%) и более богатых, чем местное сырье, тяжелыми металлами и уровень промышленных выбросов резко вырос [5]. Благодаря тому, что при строительстве комбината была учтена местная роза ветров, на территорию города Мончегорска, рядом с которым он расположен, воздействует лишь малая доля газа, выделяющегося при работе металлургических агрегатов. Остальной газ загрязняет и губит лесные экосистемы, как в окрестностях самого комбината, так и на значительном от него удалении. Гибель лесов Кольского Севера может повлечь за собой множество негативных последствий для всего живого, включая региональные изменения климата [2, 3].

Цель исследований

Целью работы было изучение воздействия комбината «Североникель» на компоненты природной среды с позиций экологической безопасности человека, поскольку здоровье населения прямо или косвенно связано с состоянием окружающей природной среды.

Материалы и методы исследования

Объектами исследований послужили снежный покров, который является хорошим естественным накопителем аэрозольных частиц природного и антропогенного происхождения и ассимиляционные органы сосны обыкновенной. Данные природные объекты служат чувствительными индикаторами загрязнения окружающей среды.

Исследования проводили на стационарных пробных площадках стандартного размера 25×25 м, расположенных на высоте 190–220 м над уровнем моря, с учетом направления господствующих здесь ветров. Эти площадки были приурочены к различным зонам действия комбината «Североникель» (табл. 1).

Все площадки находились в сходных климатических условиях. Доминирующим типом лесных

сообществ здесь были сосняки кустарничково-лишайниковые, 60–80 летнего возраста, V и Va класса бонитета, произрастающие на Al-Fe-гумусовых почвах [8, 9].

Отбор образцов природных объектов на стационарных пробных площадках проводили в 2006–2013 г.г. в соответствии с общими требованиями к отбору проб [10]. Сбор проб снега – в период максимального снежного накопления (в конце марта – начале апреля). Образцы хвои сосны обыкновенной – в начале (июнь), середине (июль) и конце (август-сентябрь) вегетационного периода из верхней третьей части кроны деревьев (ветви второго-третьего порядков) отбирали при помощи специального секатора. На каждой пробной площадке объем выборки составлял не менее 10–12 деревьев, что считается достаточным для получения достоверных результатов исследований.

Таблица 1

Местоположение и краткая характеристика стационарных пробных площадок

№№ пробных площадок	Координаты	Район расположения площадки	Почвенный покров	Тип состояния леса*
1	67°50' 32°47'	г. Мончегорск	Хорошо дренированные, слабо-подзолистые, влажные, на валунных супесях. Завалуненность более 50%	ТП
2	67°49' 32°46'		Подзолистые песчаные, сухие на валунных супесях и выходах кристаллических пород. Завалуненность более 50%	ТР
3	67°38' 32°42'	р. Чуна	Хорошо дренированные, подзолистые, каменисто-песчаные, свежие на валунных супесях. Завалуненность 26-50%	ИД
4	67°32' 32°19'	р. Пиренга	Торфянисто-перегнойная слабо-подзолистая, оглеенная	НД
5	67°22' 32°26'	г. Полярные Зори	Торфяная мокрая	
6	67°21' 32°25'	г. Кандалакша		

Примечание: *ТП – техногенная пустошь с единичными живыми деревьями; ТР – стадия техногенного редколесья; ИД – стадия интенсивной дефолиации; НД – стадия начальной дефолиации [5].

Концентрации тяжелых металлов в хвое (мг/кг абсолютно сухого веса – АСВ) и в талой воде (мг/л) определяли при помощи атомно-абсорбционной спектрофотометрии (AAS-30, Perkin Elmer 5000 HGA 400). В хвое сосны также определяли оводненность и содержание пигментов. Оводненность находили термовесовым способом, высушивая растительный материал до абсолютно сухого веса при 105 °С. Количественное определение содержания пигментов проводили спектрофотометрически [2, 3].

Результаты исследования и их обсуждение

Согласно [7], металлосодержащие пыли составляют основную массу загрязняющих выбросов комбината «Североникель». Преобладающими тяжелыми

металлами в пылевых выбросах являются Ni и Cu. Соотношение пылей различных источников (металлургических переделов) не определено и меняется в зависимости от сырья. При этом тяжелые металлы сохраняют вредные свойства постоянно и независимо от формы состояния. Частицы крупнее двух микрон постепенно осаждаются из атмосферы на подстилающую поверхность (почву, воду, растения). Частицы менее двух микрон – аэрозоли – ведут себя подобно газу и могут распространяться на тысячи километров.

О степени аэротехногенного загрязнения территории Мурманской области никелем и медью, свидетельствуют результаты

проведенного нами анализа распределения относительно величины их аэродинамической частиц – поллютантов в снежном покрове – ского размера (табл. 2).

Таблица 2

Распределение никеля и меди по степени дисперсности частиц в снежном покрове в исследуемом градиенте техногенного загрязнения, мг/л

Пробные площадки	Концентрации					
	Грубодисперсных частиц (< 1–2,5 мкм)		Растворимых частиц (> 2,5 мкм)		Сумма грубодисперсных и растворимых частиц	
	Ni	Cu	Ni	Cu	Ni	Cu
1	0,979	0,981	0,468	0,432	1,447	1,413
2	0,201	0,112	0,110	0,060	0,311	0,172
3	0,008	0,005	0,008	0,005	0,016	0,010
4	0,002	0,002	0,002	0,002	0,004	0,004
5	0,002	0,002	0,001	0,001	0,003	0,003
6	0,001	0,001	0,002	0,002	0,003	0,003

Установлено, что в техногенных пустошах и в техногенных редколесьях (площадки 1–2) частицы Ni и Cu поступают из атмосферы в основном, в грубодисперсной форме. В дефолирующих лесах (стадия интенсивной дефолиации – площадки 3–5) количество грубодисперсных и растворимых частиц Ni и Cu в снежном покрове одинаково (50%). На значительном удалении от комбината (стадия начальной дефолиации – площадка 6) увеличивается доля поступления из атмосферы растворимых форм Ni и Cu (до 60–67% от суммы), содержащихся в парогазовой фазе, или в составе мельчайших аэрозольных частиц, чьи аэродинамические характеристики не от-

личаются от газовых. Возрастание растворимых форм соединений тяжелых металлов на значительных расстояниях от комбината, по-видимому, связано с увеличением доли кислот органического происхождения, присутствующих в атмосфере, и способствующих растворению грубодисперсной формы частиц.

Содержание тяжелых металлов в хвое сосны варьирует в зависимости от местоположения пробных площадок. Максимальные концентрации Ni, Cu и Co в хвое установлены в непосредственной близости от комбината «Североникель». С возрастающим расстоянием от комбината количество этих металлов в хвое уменьшается (табл. 3).

Таблица 3

Содержание тяжелых металлов в хвое сосны обыкновенной в исследуемом градиенте техногенного загрязнения, мг/кг сухой массы

Пробные-площадки	Ni	Cu	Co	Fe	Pb	Zn	Mn
1	141	62	4.6	86	3.8	15	111
2	139	58	4.6	79	3.6	16	164
3	27	14	0.8	75	1.1	45	717
4	5	5	0.2	62	0.3	43	820
5	4	5	0.2	62	0.3	31	870
6	3	4	0.2	58	0.2	28	966

Полученные нами величины содержания Ni и Cu в хвое от 1,5 до 3 раз, а Co от 1,5 до 2,5 раз ниже величин среднего содержания этих элементов в двухлетней хвое сосны обыкновенной, обнаруженных ранее И.В. Лянгузовой и О.Г. Чертовым по данным на 1988 г. [6] а также Н.В. Лукиной и В.В. Никоновым [5] (по многолетним данным с 1990 по 1996–1998 г.г.), проводившим исследования накопления тяжелых метал-

лов в ассимиляционных органах хвойных растений, произрастающих в зоне действия медно-никелевого комбината. Такое уменьшение накопления хвоей Ni, Cu и Co, может быть связано с сокращением загрязнения атмосферы этими металлами в течение последних лет вследствие реконструкции ряда технологических процессов в металлургическом и в рафинировочном цехах комбината «Североникель». За счет выполнения

комбинатом ряда организационных и технических природоохранных мероприятий с 1990 по 1999 годы было достигнуто значительное снижение удельных и валовых выбросов загрязняющих веществ. Внедряются новые проекты, реализация которых намечена на 2000–2015 годы. Во главу угла положены перспективные технологии, такие, как технологии обжига медного концентрата в печах кипящего слоя, а также техно-

логии хлорного выщелачивания металлов. Ведется освоение технологии автогенной плавки медного концентрата, внедряется автоматизированная система управления газовыми потоками [1].

У сосны обыкновенной, произрастающей в условиях интенсивного полиметаллического загрязнения, наблюдается ряд адаптивных физиолого-биохимических реакций (табл. 4).

Таблица 4

Физиолого-биохимические характеристики хвои сосны обыкновенной в исследуемом градиенте техногенного загрязнения

Пробные площадки	Содержание воды, %	Содержание суммы хлорофиллов, мг/г сырой массы	Содержание суммы каротиноидов, мг/г сырой массы	Соотношение хлорофилла <i>a</i> к хлорофиллу <i>b</i>	Соотношение каротиноидов к хлорофиллам
1	50,9	0,38	0,107	3,6	0,28
2	49,3	0,45	0,116	3,1	0,26
3	49,5	0,42	0,111	3,4	0,26
4	49,9	0,34	0,096	3,6	0,28
5	47,7	0,39	0,106	3,6	0,27
6	48,3	0,44	0,114	3,5	0,25

Изменение содержания воды в хвое в целом пропорционально накоплению в ней тяжелых металлов, и, по-видимому, связано с повышением водоудерживающей способности коллоидов протоплазмы в условиях возрастающего техногенного стресса. Это приводит к активации обменных процессов в растительных клетках, и способствует детоксикации физиологически избыточного количества тяжелых металлов, поглощенных хвоей [2].

Пространственное распределение хлорофиллов и каротиноидов в хвое сосны характеризуется большой вариабельностью в зависимости от места отбора проб. Пониженное содержание зеленых и желтых пигментов обнаружено в хвое, произрастающей в условиях техногенной пустоши комбината «Североникель» (площадка 1), и может являться результатом как ингибирования их синтеза высокими концентрациями тяжелых металлов, так и окислительной деградаци по свободнорадикальному механизму [2, 3]. Уменьшение содержания хлорофиллов в хвое вблизи комбината возможно обусловлено и резким снижением содержания в ней Mn, который, как известно, стимулирует синтез зеленых пигментов. Повышенные отношения хлорофилла *a* к хлорофиллу *b* в хвое сосны может говорить о преимущественном подавлении синтеза хлорофилла *b*, по сравнению с хлорофиллом *a*. Увеличение отношения каротиноидов к хлорофиллам

в хвое может свидетельствовать об активации защитной функции желтых пигментов, ингибирующих процессы перекисного окисления липидов в листовых тканях, возникающих под действием тяжелых металлов.

Заключение

В хвое сосны обыкновенной, произрастающей в техногенных пустошах и редколесьях комбината «Североникель», происходит максимальное накопление ряда тяжелых металлов. С возрастающим расстоянием от комбината количество этих металлов в хвое падает. Различные уровни накопления данных металлов хвоей сосны в пределах исследуемой территории Кольского полуострова обусловлены разными уровнями загрязнения ими подстилающей поверхности. Сокращение вредных выбросов в атмосферу от комбината «Североникель» приводит к снижению содержания тяжелых металлов в хвое сосны.

У сосны выявлены неспецифические адаптивные реакции на действие поллютантов. В техногенных пустошах установлено повышенное содержание воды в хвое, что объясняется приспособительной реакцией растения на действие интенсивного полиметаллического загрязнения. Пространственное распределение хлорофиллов и каротиноидов в хвое сосны характеризуется большой вариабельностью. Пониженное содержание пигментов наблюдается

в техногенной пустоши вследствие влияния тяжелых металлов.

Изменение технического совершенствования производства на промышленных площадках ГМК вносит существенные коррективы в состояние экосистем не только района г. Мончегорска, но и Кольского полуострова в целом. Происходит частичное восстановление растительности, возвращаются животные, птицы в некогда разрушенный, до черноты сожженный сернистыми выбросами, ландшафт. В данной ситуации важной задачей является поддержание процессов самовосстановления экосистем путем достижения нормативных параметров состояния абиотической составляющей экосистем и, конечно, успешная реализация намеченных планов технического перевооружения медно-никелевого производства в целом.

Список литературы

1. Дубровский В.Л. О комбинате «Североникель» // Лапландский заповедник. Ежегодник Лапландского государственного природного биосферного заповедника. – 2000. – № 1. – С. 44.
2. Кизеев А.Н. Влияние промышленных загрязнений на состояние ассимиляционного аппарата сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) на Кольском полуострове: автореф. дис... канд. биол. наук. Петрозаводск, 2006. – 26 с.
3. Кизеев А.Н., Жиров В.К., Никанов А.Н. Влияние промышленных эмиссий предприятий Кольского полуострова на ассимиляционный аппарат сосны // Экология человека. – 2009. – №1. – С. 9–14.
4. Крючков В.В., Макарова Т.Д. Аэротехногенное воздействие на экосистемы Кольского Севера. Апатиты: Изд-во КФ АН СССР, 1989. – 96 с.
5. Лукина Н.В., Никонов В.В. Питательный режим лесов северной тайги. Природные и техногенные аспекты. Апатиты: Изд-во Кольского Научного Центра РАН, 1998. – 316 с.
6. Лянгузова И.В., Чертов О.Г. Химический состав растений при атмосферном и почвенном загрязнении: Лесные экосистемы и атмосферное загрязнение / [под ред. В.А. Алексеева]. – Л.: Наука, – 1990. – С. 75–86.
7. Отчет по договору с Кольской ГМК № 439–839 от 30 апреля 1998 г. о научно-исследовательской работе «Мониторинг состояния природной среды территорий, прилегающих к ОАО Комбинат «Североникель», включающий г. Мончегорск и его окрестности, в т. ч. территорию Лапландского государственного биосферного заповедника (Итоговый отчет). Мончегорск, 2002. – С. 3–12.
8. Раменская М.Л. Микроэлементы в растениях Крайнего Севера. – Л.: Наука, 1974. – 159 с.
9. Цветков В.Ф., Семенов Б.А. Сосняки Крайнего Севера. М.: Агропромиздат, 1985. – 116 с.
10. Черных Н.А., Сидоренко С.Н. Экологический мониторинг токсикантов в биосфере. – М.: Изд-во РУДН, 2003. – 430 с.