

УДК 502.3

ОЦЕНКА ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ ГОРНОДОБЫВАЮЩЕГО НИКЕЛЕВОГО ПРОИЗВОДСТВА В ЗОНЕ СЕРОВСКОГО РУДНИКА

© 2012 С.А. Шавнин¹, В.А. Галако¹, В.Э. Власенко¹, Д.Ю. Голиков², Н.В. Марина²¹ Ботанический сад УрО РАН, г. Екатеринбург² Уральский государственный лесотехнический университет

Поступила в редакцию 10.04.2012

Работа посвящена оценке изменений состояния древесной растительности, видового разнообразия эпифитных лишайников, а также содержания тяжелых металлов и специфических загрязнителей в воде и почве на территории, прилегающей к зоне разработки Серовского месторождения никелевых руд.

Ключевые слова: мониторинг, древесная растительность, эпифитные лишайники, фитотоксичность, поллютанты

При рассмотрении отрицательного влияния горнодобывающей промышленности на живую природу следует отметить, что существующее техногенное воздействие на растительность выражается, прежде всего, в поражении лесов, кустарников, травянистой растительности, загрязнении атмосферы и поверхностных вод, подтоплении или иссушении территории. При этом происходит изменение видового состава и уменьшение проективного покрытия естественной растительностью, заболевание и повреждение древостоев, появление аномальных отклонений древесной растительности [1]. Общепринятые предельно-допустимые концентрации (ПДК) для оценки состояний растительности и нормативы загрязняющих веществ в воздухе и воде не совсем пригодны для растительности в связи с тем, что растительность является более чувствительной к химическому загрязнению. Для оценки состояния растительности в районе

воздействия любого объекта чаще всего используются биотехнические (геоботанические) критерии, которые не только чувствительны к нарушению природной окружающей среды, но и наиболее представительны и наилучшим образом помогают проследить зоны экологического состояния по размерам в пространстве и по стадиям нарушения во времени [2]. Ботанические показатели специфичны в связи с различием видов растений и растительных сообществ в разнообразных географических условиях и неодинаковой устойчивостью к нарушающим воздействиям, что отражает изменчивость одних и тех же показателей для зон экологического состояния для разных типов ландшафтов.

Формирование новых лесорастительных условий на техногенных территориях приводит к изменению породного состава возобновляющихся насаждений [3]. Выявленные особенности лесовозобновления на техногенных территориях и сукцессионные изменения экологических условий позволяют прогнозировать характер возобновляющихся насаждений и динамику их развития, проектировать ландшафтно-площадную структуру техногенных участков в соответствии с выбранным направлением ведения хозяйства на данных территориях. Для проведения наблюдений за состоянием растительности и ее изменением используется система экологического мониторинга, позволяющая накапливать, систематизировать и анализировать получаемую информацию, во-первых, о состоянии окружающей среды, и, во-вторых, о причинах наблюдаемых и вероятных изменений состояний растительности.

Шавнин Сергей Александрович, доктор биологических наук, профессор, директор. E-mail: sash@botgard.uran.ru

Галако Вадим Александрович, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории экспериментальной экологии и акклиматизации растений. E-mail: vadim.galako@botgard.uran.ru

Власенко Вячеслав Эдуардович, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории экспериментальной экологии и акклиматизации растений. E-mail: slava.vlasenko@botgard.uran.ru

Голиков Дмитрий Юрьевич, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры прикладной физики и биофизики. E-mail: mit2704@gmail.com

Марина Наталья Валентиновна, кандидат химических наук, доцент кафедры прикладной физики и биофизики

Цель работы: проведение исследований по оценке изменений в состоянии древесной растительности, содержании тяжелых металлов и специфических загрязнителей в почве и воде, видového разнообразия эпифитных лишайников на территории Серовского никелевого рудника.

Объекты и методы исследований. Серовское месторождение силикатных никелевых руд расположено на восточном склоне Северного Урала. Месторождение представлено шестью рудоносными участками, отстоящими один от другого на расстоянии от 3 до 12 км. Для проведения исследований по оценке изменений в состоянии древесной растительности под влиянием деятельности никелевого рудника в полевые периоды 2010-2011 гг. было заложено 8 временных пробных площадей (ПП), на которых дано описание морфологической структуры древостоя, жизненного состояния деревьев, видového разнообразия эпифитных лишайников. ПП закладывались по периметру границы земельного отвода никелевого рудника. Места расположения ПП по их направлениям характеризуются следующими показателями:

- ПП1 – северо-западное направление;
- ПП2 – северо-западное направление;
- ПП3 – западное направление;
- ПП4 – западное направление;
- ПП5 – северное направление;
- ПП6 – восточное направление;
- ПП7 – восточное направление;
- ПП8 – юго-западное направление.

Характеристика древостоя изучалась путем закладки круговых реласкопических площадок. На ПП были получены основные морфометрические показатели лесной растительности: класс возраста и класс бонитета насаждений, состав, средняя высота и средний диаметр древостоев, абсолютная и относительная полнота насаждений, запас древесины на 1 га, изучено состояние лесовосстановления, а также проведено полное обследование деревьев для изучения их жизненного состояния и оценки видového разнообразия эпифитных лишайников. Оценка степени повреждения древостоев от воздействия аэротехногенного загрязнения проводилась с использованием современных российских и зарубежных методик. Содержание тяжелых металлов и специфических загрязнителей в почве и воде проведено на 6 пробных площадях территории, прилегающей к объектам размещения отходов Серовского рудника.

Для проведения мониторинговых исследований по изучению древесной растительности и создания сети пунктов наблюдений в 2011 г. дополнительно заложено 3 постоянных ПП, на которых путем сплошных таксационных измерений определены все основные ха-

рактеристики для дальнейших мониторинговых наблюдений изменений растительности в районе территории, прилегающей к Серовскому руднику. Отбор проб воды осуществлялся в 5 точках в двух повторностях. Первые 3 точки были расположены в восточном направлении от отвала вскрышных пород на расстоянии около 2 км. Две пробы отобраны из дренажного рва, окаймляющего карьер рудника. Для оценки потенциальной фитотоксичности отвалов вскрышных пород отбирались образцы грунта. Первый образец представляет собой грунт отвалов вскрышных пород в северо-западной части карьера вблизи точки отбора воды. Для контроля была взята проба почвы, не испытывающая воздействия отвала и карьера.

Для изучения вероятных путей миграции токсикантов из подстилающих горных пород был заложен почвенный разрез, из которого на различной глубине были отобраны образцы почвы. Образцы отбирались из следующих горизонтов: А₁ – гумусовый горизонт; А₂ – элювиальный горизонт; В – иллювиальный горизонт; ВС – переходный к материнской породе. Глубина разреза составляла 1,5 м. Почва характеризовалась как подзолистая.

С целью изучения влияния поллютантов, накапливающихся в снежном покрове, были отобраны пробы снега в виде кернов. Для этого на прилегающей с северо-восточной стороны к отвалу для изучения градиента загрязнения снежного покрова заложена трансекта, состоящая из 7 точек для проведения отбора образцов. Первая точка трансекты располагалась непосредственно на краю отвала. Расстояние между крайними точками трансекты составляло 150 м; между соседними – 25 м.

При оценке степени поврежденности древостоев по результатам лесопатологических исследований выработана система достаточно корректных и объективных критериев, таких, как «категории состояния», «классы повреждения», «баллы жизненного состояния» [4, 5]. Все они сопоставимы и заложены в действующие директивные и нормативные документы [6-8]. Обычно принято выделять пять или шесть классов жизненного состояния деревьев, каждому из которых присваивается свой балл. Шкалы, используемые в настоящее время, можно разделить на две группы: 1 – шкалы оценки повреждения лесных насаждений по отдельным деревьям; 2 – шкалы оценки состояния лесных насаждений в целом. Обследование лесов осуществлялась либо с помощью описанных выше методик по маршрутным ходам, выделам или статистическим методом с закладкой пробных площадей по регулярной сетке. В конечном счете изучаемая территория делилась на зоны (участки) с различным состоянием лесных насаждений.

Морфологические изменения древесных растений под воздействием карьерных выбросов были разделены на следующие категории: 1) хлорозы и некрозы ассимиляционного аппарата; 2) снижение продолжительности жизни хвои; 3) ускоренное отмирание ветвей основной части кроны; 4) снижение охвоенности кроны; 5) ослабление побегообразования за счет отмирания почек; 6) нарушение распределения фитомассы хвои по высоте кроны; 7) усиление образования недолговечно живущих побегов из спящих почек; 8) снижение линейного прироста оси ствола и ветвей; 8) изменение размеров хвои и листьев; 10) разрастание нижних ветвей, находящихся зимой под снегом; 11) изменение габитуса молодых деревьев, превращение их в кустообразную или стланниковую форму; 12) гибель деревьев. Следует отметить, что первое из указанных морфологических изменений (аномалий) непосредственно связано с дехромацией ассимиляционного аппарата, а пять последующих (2-6) – с дефолиацией кроны, на основе которых и построено большинство современных шкал для оценки жизненного состояния деревьев [9].

Основной группой лишайников, традиционно используемой в изучении аэротехногенного влияния на экосистемы, являются эпифиты, встречающиеся на деревьях. Эпифиты характеризуются более высокой скоростью поглощения загрязнителей по сравнению с эпилитами. Эпигейные, эпилитные и эпиксильные лишайниковые сообщества отличаются большей устойчивостью к поллютантам [10]. Следующей причиной преимущественного использования эпифитов является частота их распространения на деревьях в бореальной зоне. При изучении эпифитных лишайников в окрестностях Серовского никелевого рудника на пробных площадях на деревьях сосны были собраны лишайники, с отметкой высоты их распространения.

В ходе анализа была использована шкала устойчивости видов лишайников к загрязнению, разработанная при оценке влияния поллютантов на лишайники в сосняках пригородной зоны г. Екатеринбурга. В ее основу были положены следующие особенности видов:

1. Находки вида в зонах с различной степенью антропогенной нарушенности.
2. Условия произрастания.
3. Жизненность; фертильность или наличие соредий.

Степень токсичности исследуемых объектов определялась методами биотестирования, представляющими собой оценку реакции тест-объекта на действие загрязняющих веществ и позволяющими получить интегральную оценку степени их фитотоксичности. Исследования включали 2 метода биотестирования. В первом случае в качестве показателя токсичности

использовалась степень изменения суточного прироста численности клеток тест-культуры одноклеточной зелёной водоросли *Chlorella*. Вторым используемым методом биотестирования, дающий информацию о функционировании первичных реакций фотосинтеза, основан на измерении параметров замедленной флуоресценции хлорофилла тест-объекта.

Для оценки потенциальной фитотоксичности были отобраны образцы вскрышных пород отвала. Образец №1 представлял собой грунт вскрышных пород в северо-западной части карьера вблизи точки отбора воды. Поскольку методика оценки фитотоксичности основана на сравнении с фоновым воздействием, необходимо было получить контрольный образец почв, не испытывающих воздействие отвала и карьера.

Результаты исследования. По данным характеристик насаждений временных и постоянных пробных площадей следует отметить, что древостои не испытывают существенного влияния объектов размещения отходов никелевого рудника, о чем свидетельствует достаточно успешное возобновление хвойных пород на обследованных территориях. В большей степени насаждения ослаблены в восточном и северо-западном направлениях от объекта, находящиеся на пути действия преобладающих в районе ветров. Здесь отмечается большой отпад древесных стволов и большая захламленность участка при низком жизненном состоянии древостоя. В западном, северном и южном направлениях от рудника доминируют слабо- и среднеповрежденные насаждения.

По изменению ростовых функций хлореллы образцы воды являются слаботоксичными, поскольку не оказывают токсического действия на тест-объект, а также по параметрам замедленной флуоресценции оказывают слабое стимулирующее действие на тест-объект. Значения pH всех образцов воды находятся в слабощелочной области в пределах от 7,54 до 8,61. Грунт отвалов вскрышных пород оказывает токсическое действие, приводя к гибели клеток тест-объекта даже при соотношении: почва - вода, как 1:10. Оценка фитотоксичности талой воды по приросту численности клеток тест-объекта показала, что загрязнение снега во всех пунктах отбора проб является несущественным. Талая вода после фильтрации на территории отвала слаботоксична, а на удалении до 150 м от отвала практически полностью нетоксична. Это свидетельствует об отсутствии влияния отвалов вскрышных пород на загрязнение местности в зимний период. По физиологическим характеристикам (параметры замедленной флуоресценции хлорофилла) существенного токсического эффекта не установлено.

Образец почвы горизонта A_1 вызывал сильную стимуляцию прироста клеток водоросли. Возможно, высокий уровень стимуляции ростовых процессов хлореллы связан с действием водорастворимых органических веществ гумусового горизонта. Миграции токсических веществ из подстилающих горных пород, по-видимому, не происходит, так как образцы почв этих горизонтов оказывают слабое воздействие на тест-объект.

Видовой состав лишайников в целом соответствует тому, что встречается при относительно невысоком уровне загрязнения, однако не обнаружено довольно обычных для сосны чувствительных лишайников – *Evernia mesomorpha*, *Urocenomyces scalaris*, видов рода *Usnea*, что может свидетельствовать о некотором воздействии поллютантов на лишайниковый покров. Всего в ходе исследований на деревьях сосны обнаружено 12 различных видов эпифитных лишайников, которые можно разделить по степени устойчивости на 4 группы: 1) чувствительные, 2) умеренно чувствительные, 3) умеренно толерантные, 4) толерантные. Наличие отдельных чувствительных видов лишайников на ПП характеризует относительно невысокое воздействие аэрогенных поллютантов. В результате изучения лишайников можно отметить, что лишайниковый покров испытывает невысокие антропогенные воздействия в зоне исследования, что, возможно, связано с тем, что пыль, содержащая никель, не является для лишайников очень сильным токсическим веществом.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Певзнер, М.Е. Экология горного производства / М.Е. Певзнер, В.П. Костовский. – М.: «Недра», 1990. 235 с.
2. Хохряков, А.В. Состояние и эффективность работ по охране окружающей среды на карьерах / А.В. Хохряков, С.П. Иванов. – Свердловск: УрО РАН, 1983. 72 с.
3. Паничев, В.И. Экологические проблемы развития открытых горных разработок / В.И. Паничев, Г.Б. Номеров // Горный журнал. 1992. №9. С.49-52.
4. Цветков, В.Ф. Мониторинг состояния лесов Европейского Севера: Методические рекомендации / В.Ф. Цветков, Е.А. Лесинский, К.Э. Армайтис, Т.А. Пархимович. – Архангельск.: АЛТИ, 1995. 35 с.
5. Алексеев А.С. Мониторинг лесных экосистем: Учебн. пос. – СПб.: Лесо-техн. академия, 1997. 116 с.
6. Санитарные правила в лесах России. – М.: Гослесхоз, 1998. 16 с.
7. Временная методика по учету сосновых насаждений, подверженных влиянию промышленных выбросов (для опытно-производственной проверки). – М.: ВНИИЛМ Гослесхоза СССР, 1986. 34 с.
8. Горшков, В.В. Влияние атмосферного загрязнения окислами серы на эпифитный лишайниковый покров северотаежных лесов // Лесные экосистемы и атмосферное загрязнение. – Л.: Наука, 1990. С. 144-159.
9. Методика организации и проведения работ по мониторингу лесов европейской части России по программе ICP-Forest (методика ЕЭК ООН). – М.: Гослесхоз, 1995. 42 с.
10. Bates, J.W. Influence of chemical and physical factors on *Quercus* and *Fraxinus* epiphytes at Loch Sunart, western Scotland: a multivariate analysis // *J. Ecol.* 1992. V.80, N 1. P.163-179.

ASSESSMENT OF THE ENVIRONMENTAL IMPACT AT MINING NICKEL PRODUCTION IN SEROV'S MINE ZONE

© 2012 S.A. Shavnin¹, V.A. Galako¹, V.E. Vlasenko¹, D.Yu. Golikov², N.V. Marina²

¹ Botanical Garden UrB RAS, Ekaterinburg

² Ural State Timber University

Work is devoted to assessment of changes in wood vegetation state, specific diversity of epiphytic lichens, and also contents of heavy metals and specific pollutants in water and soil in the territory adjacent to the zone of development of Serov nickel ores field.

Key words: *monitoring, wood vegetation, epiphytic lichens, phytotoxicity, pollutant*

Sergey Shavnin, Doctor of Biology, Professor, Director. E-mail: sash@botgard.uran.ru; Vadim Galako, Candidate of Agriculture, Senior Research Fellow at the Laboratory of Experimental Ecology and Acclimatization of Plants. E-mail: vadim.galako@botgard.uran.ru; Vyacheslav Vlasenko, Candidate of Biology, Senior Research Fellow at the Laboratory of Experimental Ecology and Acclimatization of Plants. E-mail: slava.vlasenko@botgard.uran.ru; Dmitriy Golikov, Candidate of Agriculture, Associate Professor at the Department of Applied Physics and Biophysics. E-mail: mit2704@gmail.com; Nataliya Marina, Candidate of Chemistry, Associate Professor at the Department of Applied Physics and Biophysics