

4. *Галенко Э.П.* Фитоклимат и энергетические факторы продуктивности хвойного леса европейского севера. Л.: Наука, 1983. 129 с.
5. *Димо В.Н.* Тепловой режим почв СССР. М.: Колос, 1972. 360 с.
6. *Забоева И.В.* Почвы и земельные ресурсы Коми АССР. Сыктывкар, 1975. 343 с.
7. *Казаков В.Г.* Температурный режим целинных и освоенных почв северотаежной подзоны Коми АССР // Таежные почвы Коми АССР и их плодородие. Сыктывкар, 1985. С. 76-89.
8. *Канев В.В., Мокиев В.В.* Агродерново-подзолистые почвы Северо-Востока Русской равнины. СПб.: Наука, 2004. 228 с.
9. *Кононенко А.В.* Гидротермический режим таежных и тундровых почв Европейского Северо-Востока. Л.: Наука, 1986. 145 с.
10. Научно-прикладной справочник по климату СССР. Сер.3. Многолетние данные. Ч. 1-6. Вып. 1. Архангельская и Вологодская области, Коми АССР. В 2-х кн. Л.: Гидрометеоздат, 1989. 484 с.
11. Путеводитель научной почвенной экскурсии. Лесная зона (сезонно-промерзающие почвы). Сыктывкар, 2002. 100 с.
12. Путеводитель научной почвенной экскурсии. Подзолистые суглинистые почвы разновозрастных вырубков (подзона средней тайги). Сыктывкар, 2007. 84 с.
13. *Рубцов М.В., Дерюгина А.А.* Промерзанием и оттаивание почвы в лесу и на сельскохозяйственных угодьях в таежной зоне европейской территории страны // Почвоведение, 1989. №2. С. 45-51.
14. *Шейн Е.В.* Курс физики почв. М.: МГУ, 2005. 432 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ СОСТОЯНИЯ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА В ДОЛИНЕ РЕКИ ПАЗ, ВКЛЮЧАЯ ТЕРРИТОРИЮ ЗАПОВЕДНИКА «ПАСВИК»

Евдокимова Г.А.¹, Мозгова Н.П.¹, Мязин В.А.¹, Поликарпова Н.В.²

¹*Учреждение Российской академии наук Институт проблем промышленной экологии Севера
Кольского НЦ РАН, г. Апатиты galina@inep.ksc.ru*

²*Государственный заповедник «Пасвик», п. Раякоски polikarpova-pasvik@yandex.ru*

Государственный заповедник «Пасвик», созданный в 1992 г., расположен в Печенгском районе Мурманской области в долине реки Паз по обе стороны государственной границы России и Норвегии (общая площадь около 15 тыс. га). В заповеднике (остров Варлама) и на прилегающих к нему территориях (гора Каскама) наблюдается локальная эрозия почвы, полное исчезновение растительного покрова, как следствие пребывания на горе Каскама воинской части, расформированной в середине 90-х годов прошлого столетия. Загрязнение на о. Варлама могло образоваться в результате работы в послевоенное время лесопильного завода и узкоколейной железной дороги.

В июне и августе 2010 г. проведены экспедиционные выезды в заповедник «Пасвик» с целью оценки состояния почвенного покрова и почвенной биоты, выявления ландшафтов, загрязненных нефтепродуктами и определения степени их загрязнения. Комплексные исследования данной проблемы специалистами разного профиля: почвоведов, зоологов и микробиологов проведены в заповеднике «Пасвик» впервые.

Почвенные пробы для химического и биологического анализов брали с «чистых» и загрязненных участков горы Каскама на различной высоте над у.м. и на острове Варлама. Пробы брали в трех повторностях из органогенного горизонта, а там, где он был эродирован – из слоя 0-10 см (табл. 1).

Микробиологические анализы выполнены общепринятыми в практике стандартными методами: посев на плотные селективные питательные среды и методами прямого флюоресцентного микроскопирования с использованием поликарбонатных мембранных фильтров (Евдокимова, Мозгова, 2001). Определяли численность сапротрофных бактерий на мясо-пептонном агаре, олиготрофных микроорганизмов на слабоминерализованной среде Аристовской и углеводородокисляющих бактерий (УОБ) на минеральной среде с дизельным топливом в качестве источника углерода. Численность грибов определяли методом посева на сусло-агар и добавлением молочной кислоты.

Характеристика мест отбора почвенных образцов

Место отбора	Координаты	Характеристика участка
О. Варлама, пятно 1 загрязненное	69° 08' N 29° 14' E	Полное отсутствие растительности. Размер каждого пятна ~ 3 м ² . Песок. Древесный ярус отсутствует. Мхи, лишайники, злаки. Кустарнички: брусника, вороника, черника, редко голубика.
О. Варлама, пятно 2 загрязненное	45 м над у.м.	
О. Варлама, вырубка		
О. Варлама, лес, контроль		Березовый лес. Единично встречаются сосна, ива и можжевельник. Кустарнички: брусника, вороника, черника, редко голубика. Злаки, плауны, мхи, лишайники.
г. Каскама, контроль- ный участок, западный склон	69° 16' N 29° 28' E 183 м над у.м.	Древесный ярус: береза, сосна, рябина. Кустарнички: вороника, черника, брусника. Встречаются злаки, мхи, лишайники.
г. Каскама, западный склон	69° 16' N 29° 28' E 336 м над у.м.	Карликовая березка, редко ива, вороника, злаки, мох. Несколько локальных очагов загрязнения.
г. Каскама, вершина, 0- 10 см	69° 16' N 29° 28' E 355 м над у.м.	Горная тундра. Скучная растительность, в основном злаки и мхи. Единичные растения карликовой березки. Локальное загрязнение.
г. Каскама, юго- восточный склон	69° 16' N 29° 28' E 336 м над у.м.	Растительность в местах, где нет загрязнения: ива, карликовая березка, злаки, мхи, лишайники. Большое количество отмерших корней в почве. Загрязнение обширное, охватывающее большую часть склона.

О фитотоксичности почв судили по проращиванию семян пшеницы на почвенных пластинках (Звягинцев, 1987). Содержание нефтепродуктов в почве определяли методом инфракрасной спектроскопии на анализаторе «АН-2» производства ООО «Нефтехимавтоматика». Значения pH почвенной водной суспензии (1:2.5) определяли потенциометрически.

Значения pH. Важным и относительно ряда других свойств почвы стабильным показателем состояния почвы, ее кислотно-основного режима является показатель значений pH почвенной суспензии. Почва на всех опробованных участках кислая (табл. 2). Значения pH водной вытяжки изменяются от 4.3 до 5.7. Минимальное значение pH отмечено на юго-восточном склоне горы Каскама, наибольшее – на острове Варлама на вырубке.

Таблица 2

Значения pH водной вытяжки

Место отбора	Горизонт, глубина, см	pH водн
О. Варлама, пятно 1 загрязненное	0-10	4.8 ± 0.04
О. Варлама, пятно 2 загрязненное	0-10	4.7 ± 0.10
О. Варлама, вырубка	Ао, 0-3	5.7 ± 0.02
О. Варлама, лес, контрольный участок	Ао, 0-5	5.1 ± 0.02
г. Каскама, западный склон, контрольный участок	Ао, 0-3	4.9 ± 0.05
г. Каскама, западный склон	0-5	4.9 ± 0.11
г. Каскама, вершина	0-5	5.6 ± 0.13
г. Каскама, юго-восточный склон	0-5	4.3 ± 0.03

Содержание углеводов. Почвы считаются загрязненными нефтью и нефтепродуктами (НП), если концентрация их достигает уровня, при котором:

- начинается угнетение или деградация растительного покрова;
- изменяются водно-физические свойства и структура почвы;
- ингибируется деятельность почвенных микроорганизмов и беспозвоночных животных, сокращается их видовое разнообразие;
- происходит выщелачивание нефти и НП из почв в подземные или поверхностные воды (Миертус и др., 2001).

ПДК по нефти и нефтепродуктам для почв к настоящему времени окончательно не установлены, да и вряд ли этот процесс будет когда-либо завершен, учитывая многообразие типов почв с их характерными чертами и разнообразие биоклиматических зон нашей страны. Кроме того, нефть представляет собой смесь около 1000 индивидуальных веществ, и состав нефти различных месторождений может существенно отличаться друг от друга. ПДК нефти и НП зависят от таких свойств почвы, как содержание органического вещества, обогащенность почвы биогенными элементами, емкость катионного обмена, кислотно-щелочной баланс почвы, особенности гидротермического режима, величина биомассы и активность почвенной биоты. Даже в одной и той же природной зоне встречаются разные типы почв, и поэтому ОДК нефтепродуктов должны устанавливаться не столько с учетом природных зон, как с учетом типа почвы.

Предложены ориентировочные допустимые концентрации (ОДК) нефти и НП в почвах (Ориентировочно допустимые концентрации (ОДК) нефти..., 2000), согласно которым ОДК нефти и тяжелых НП в почвах с низкой биогенной активностью (низкой скоростью самоочищения) равно 700 мг/кг, для почв со средней биогенной активностью – 2000 мг/кг, для почв с высокой биогенной активностью – 4000 мг/кг (0.4%). Для легких НП ОДК будет в 2 раза выше.

Исследуемые почвы заповедника «Пасвик» и прилегающих к нему территорий относятся к почвам с низкой и средней биогенной активностью (Экологический атлас Мурманской области, 1999). ОДК нефтепродуктов для них составляет 0.7 и 2 г/кг.

В результате исследований выявлены участки, в почве которых содержание нефтепродуктов в десятки раз выше норм ОДК: голые пятна на о. Варлама, гора Каскама, до 6-8% (табл. 3).

Таблица 3

Среднее содержание нефтепродуктов в почве, г/кг

Место отбора	Глубина, см	г/кг	Содержание НП/ОДК
О. Варлама, пятно 1	0-10	33.9 ± 4.4	48
	10-20	54.7 ± 6.3	78
О. Варлама, пятно 2	0-10	27.8 ± 1.6	40
	10-20	36.9 ± 2.5	53
О. Варлама, вырубка	0-3	0.10 ± 0.03	-
О. Варлама, контроль, лес	0-5	0.07 ± 0.01	-
г. Каскама, западный склон, контрольный участок	0-3	0.13 ± 0.02	-
г. Каскама, западный склон	0-5	64.4 ± 10.9	92
г. Каскама, вершина, 0-10 см	0-5	39.0 ± 3.1	56
г. Каскама, юго-восточный склон	0-5	82.3 ± 4.5	117

Примечание: Прочерк означает величину ниже ОДК.

Распределение НП послойно в загрязненных пятнах на о. Варлама свидетельствует о давних сроках загрязнения почвы, ибо свежее загрязнение, особенно тяжелыми нефтепродуктами, преимущественно концентрируется в верхних слоях почвы (0-10 см). В слое 10-20 см содержание НП в пятнах в 1.3-1.6 раза больше, чем в слое 0-10 см.

Фитотоксичность почвы. Тест-объектом для определения токсичности исследуемых почв служила пшеница. Всхожесть семян на момент проведения опыта составляла 92%. Определяли высоту проростков и длину корней через 7 сут проращивания их на почвенных пластинах (табл. 4).

Фитотоксичность исследуемых почв

Место отбора	Высота проростков, см	Длина корней, см
О. Варлама, пятно 1	3.6±0.4	2.5±0.2
О. Варлама, пятно 2	4.3±0.8	3.2±0.1
О. Варлама, вырубка	6.8±1.1	4.8±0.5
О. Варлама, лес, контроль	11.7±1.2	5.9±0.5
г. Каскама, западный склон, контрольный участок	8.8±0.7	4.1±0.3
г. Каскама, вершина	8.4±1.0	5.4±0.4
г. Каскама, юго-восточный склон	2.0±0.3	1.3±0.1

Значительной токсичностью отличались пробы, взятые с голых пятен на острове Варлама. Длина проростков, выращенных на этой почве, была в 3 раза меньше, чем в образце под лесом на острове, корней – в 2 раза. Высокой токсичностью обладают почвы, взятые с юго-восточного склона г. Каскама. Проростки и корни на этой почве были в 4 и 3 раза соответственно меньше, чем в контрольном варианте. Как следует из определений содержания углеводов, этот участок является наиболее загрязненным (см. табл. 3).

Действие нефтепродуктов на почвенную биоту. Слабый и средний уровень загрязнения почвы нефтью и нефтепродуктами не ингибирует почвенные микроорганизмы и даже приводит к стимуляции развития бактерий и росту функционального разнообразия микробного сообщества. Эти органические соединения являются дополнительным энергетическим и питательным субстратом для бактерий и грибов.

Определяли численность сапротрофных бактерий, использующих органические источники углерода, олиготрофных бактерий, способных расти на бедных по составу питательных средах, и углеводородокисляющих бактерий, способных использовать углеводороды как алифатические, так и ароматические (табл. 5).

Численность бактерий в исследуемых почвах, тыс./г.

Место отбора	Сапротрофные	Углеводородокисляющие	Олиготрофные
О. Варлама, пятно 1	0.2±0.1	5±3	10±4
О. Варлама, пятно 2	0.3±0.1	22±2	2±1
О. Варлама, вырубка	36±16	578±127	133±24
О. Варлама, контроль, лес	603±97	4320±596	2660±154
г. Каскама, западный склон	21±8	148±4	95±10
г. Каскама, вершина	5±0.3	1140±224	1117±38
г. Каскама, юго-восточный склон	67±9	373±105	320±35

Наименьшая численность из всех исследованных групп отмечена у сапротрофных бактерий, наиболее требовательных к источникам питания. Количество УОБ и олиготрофных бактерий, как правило, одного порядка. Самая низкая численность всех трофических групп бактерий характерна для загрязненных пятен острова Варлама. Количество сапротрофов достигает здесь всего 200 клеток в 1 г песчаного субстрата. Низкая численность характерна в пятнах и для бактерий двух других трофических групп. Это можно объяснить как сильным загрязнением участка, так и бедностью питательными элементами и неблагоприятным водным режимом песчаного субстрата. Наиболее высокая численность УОБ отмечена в лесной подстилке на о. Варлама, так как группа углеводородокисляющих бактерий не является специфичной и объединяет бактерии, способные усваивать многие формы С-содержащих соединений, в том числе и природного происхождения. Данные в таблице 5 показывают, что изменения численности бактерий для всех исследуемых трофических групп идентичны, особенно это относится к УОБ и олиготрофам.

В таблице 6 приведены данные по численности микроскопических грибов. Наименьшее их число, как и бактерий, выявлено в голых пятнах о. Варлама - 0.1-0.3 КОЕ/г, наибольшее – в лесной подстилке острова – 210 КОЕ/г. Как следует из опубликованных данных, некоторые грибы, как и бактерии, способны к деструкции НП (Лебедева и др., 1988; Кондратюк и др., 2007).

Таблица 6

Численность грибов в исследуемых почвах, тыс. КОЕ/г

Место отбора	тыс. КОЕ/г
О. Варлама, пятно 1	0.1
О. Варлама, пятно 2	0.3
О. Варлама, вырубка	5.5
О. Варлама, лес, контроль, Ао	210
г. Каскама, западный склон	4.7
г. Каскама, вершина	0.1
г. Каскама, юго-восточный склон	2.5

Прямые методы анализа (флуоресцентная микроскопия) дают возможность получить данные по общей численности бактерий и грибов (табл. 7). Этим методом выявляется значительно более высокая численность микроорганизмов, т.к. учитываются все клетки, находящиеся в поле зрения, включая виды, не культивируемые на питательных средах и нежизнеспособные формы.

Таблица 7

Общая численность (млрд./г) и масса (мг/г) бактерий, длина грибного мицелия (м/г) и его биомасса (мг)

Образец	Бактерии		Грибы	
	млрд./г	мг/г	м/г	мг/г
О. Варлама, пятно 1	2.0	0.08	95	0.1
О. Варлама, лес, контроль, Ао	7.1	0.28	1555	1.5
г. Каскама, вершина,	3.1	0.12	250	0.2
г. Каскама, юго-восточный склон	4.6	0.18	482	0.5

Между общей численностью бактерий, определенной методом флуоресцентного микроскопирования, и численностью УОБ и олиготрофных бактерий на питательных средах выявлена высокая степень корреляции ($r=0.90$), более слабая связь обнаружена между общей численностью бактерий и сапротрофными бактериями ($r=0.70$). Наибольшее количество бактерий и длина грибного мицелия отмечены в лесной подстилке на о. Варлама. Длина грибного мицелия в песчаном загрязненном пятне о. Варлама в 16 раз меньше, чем в контрольном участке леса.

Имеется слабая корреляционная связь ($r=0.50$) между общей длиной мицелия, определенной методом микроскопирования, и численностью грибов по методу посева на сусло. По всей вероятности, среди мицелия, учтенного методом флуоресцентного микроскопирования, много нежизнеспособного.

Таким образом, выявлены места загрязнений почв нефтепродуктами в долине р. Паз, в том числе на территории заповедника «Пасвик». Локальное загрязнение обнаружено на острове Варлама и горе Каскама, особенно на юго-восточном ее склоне. Содержание углеводов в этих местах в десятки раз превышает их ориентировочно допустимые концентрации, доходя до 60-80 г/кг. Фитотоксичность почв и их биологические свойства – численность и биомасса бактерий и микроскопических грибов коррелируют со степенью загрязнения почв.

Литература

1. Евдокимова Г.А., Мозгова Н.П. Микроорганизмы тундровых и лесных подзолов Кольского Севера. Апатиты: изд. КНЦ РАН. 2001. 184 с.
2. Звягинцев Д.Г. Почва и микроорганизмы. М.: МГУ. 1987. 256 с.
3. Миертус С., Гречищева Н.Ю., Мецераков С.В., Рыбальский Н.Г., Барсов А.Р. Технологии восстановления почв, загрязненных нефтью и нефтепродуктами /Справочник. 2001. М.: РЭФИА, НИИ-Природа. 185 с.

4. Ориентировочно допустимые концентрации (ОДК) нефти и нефтепродуктов в почве. Дополнение к перечню ПДК и ОДК № 6229-9 Издание официальное. Москва, 2000.
5. Экологический атлас Мурманской области / ред. Вишняков И.А. и др./ Москва-Апатиты. 1999. 48 с.
6. Лебедева Е.В., Каневская И.Г., Трилесник Г.И. Влияние нефтехимических загрязнений на микромицеты почвы // Вестн. ЛГУ. Сер. 3, 1988, №4. С. 31-35.
7. Кондратюк Т.А., Харкевич Е.С., Захарченко В.А., Наконечная Л.Т., Рой А.А., Жданова Н.Н., Пашкевич Р.Е. Биоповреждение авиационного топлива ТС-1 микроскопическими грибами // Микология и фитопатология. 2007, т. 41, вып. 5. С. 442-448.
8. Bioremediation: Phytoremediation. Режим доступа: <http://www.colorado.edu/engineering/civil/CVEN4474/resources/>.

ДИНАМИКА СОСТАВА ПОЧВ И АССИМИЛЯЦИОННЫХ ОРГАНОВ ДРЕВЕСНО-КУСТАРНИКОВЫХ ПОРОД НА УЧАСТКАХ РЕМЕДИАЦИИ В ЗОНЕ ВЛИЯНИЯ КОМБИНАТА «ПЕЧЕНГАНИКЕЛЬ»

Исаева Л.Г., Горбачева Т.Т.

*Учреждение Российской академии наук Институт проблем промышленной экологии Севера
Кольского НЦ РАН, г. Апатиты isaeva@iner.kcs.ru*

С конца 1980-х гг. влияние выбросов комбината «Печенганикель» и фабрик в г. Заполярном на наземные экосистемы северо-запада Кольского полуострова и прилегающих частей Норвегии и Финляндии изучалось в рамках различных национальных и международных проектов. Результаты этих проектов четко указывали на то, что наземные экосистемы в непосредственной близости комбината сильно повреждены или почти разрушены, а экосистемам, находящимся на удаленном расстоянии от комбината, нанесен видимый и невидимый ущерб (Состояние..., 2008).

ОАО «Центрально-Кольская экспедиция» совместно с геологическими службами Норвегии и Финляндии выполнили эколого-геологическое картирование западной части Кольского полуострова на площади 85 тыс. кв. км (Состояние..., 1998). Согласно этим оценкам, общая площадь, объединяющая все зоны техногенного загрязнения, связанного с производственной деятельностью комбината «Печенганикель», составляет 11200 км². Площадь территорий с наиболее высоким уровнем загрязнения достигает 1150 км². Продолжительное воздействие техногенных нагрузок обусловило практически полное (в непосредственной близости от комбината) или частичное, но очень сильное нарушение наземных экосистем.

Усыхание деревьев, расположенных в районе горно-металлургического комбината «Печенганикель», на территории Печенгского лесхоза вследствие влияния выбросов взвешенных веществ по данным таксации 1990 года отмечено на площади 39.9 тыс. га.

Деграция фитоценозов в зоне влияния комбината обусловлена как прямым воздействием атмосферных поллютантов, так и вызванными им нарушениями питательного режима почв. Экологическая ситуация усугубляется суровыми климатическими условиями. Непосредственно к источникам промышленных выбросов, как правило, примыкают «техногенные пустоши» - территории с полностью разрушенными экосистемами, характеризующиеся погибшей растительностью и эродированными почвами. Эти территории перемежаются с техногенными березовыми и ивовыми редколесьями с нарушенным или полностью разрушенным напочвенным покровом.

Восстановление растительности на техногенных пустошах лесохозяйственными предприятиями по рекомендациям, разработанным ИППЭС КНЦ РАН, начаты осенью 2004 года вблизи пгт. Никель (Никонов и др., 2005 и др.). В 2004 году на техногенной пустоши общей площадью 2 гектара использовали 2 подхода: экологический (на площади примерно 0.5 га) и инвестиционный (на площади около 1.5 га). Было высажено более 4000 листовых древесно-кустарниковых пород. Для рекультивации техногенных пустошей в условиях действующего производства использовали наиболее устойчивые местные виды ив, произрастающие на близлежащих к комбинату территориях.

Нами предпринята попытка сравнить питательный режим и состав листьев ивы на участках ремедиации 2004 года при применении экологического и инвестиционного подходов. Отбор почвенных проб и листьев ивы с высаженных кустов отбирали в сентябре в 2004 году до посадки и