

Всероссийский научно-технологический конкурс проектов «Большие
ВЫЗОВЫ»

ВЛИЯНИЕ ВЫБРОСОВ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ КОМБИНАТОВ
МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ НА МИКРОМИЦЕТЫ ПОЧВЫ

Агропромышленные и биотехнологии

Автор:

Дядик Тамара Владимировна,
11 класс МБОУ СОШ № 15

Руководитель:

Коркачева Дина Александровна,
учитель МБОУ СОШ № 15

Научный консультант:

Корнейкова Мария Владимировна, кандидат биологических наук,
заместитель директора по научной работе АТИ РУДН (г. Москва) по
совместительству старший научный сотрудник ИППЭС КНЦ РАН

ВЛИЯНИЕ ВЫБРОСОВ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ КОМБИНАТОВ МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ НА МИКРОМИЦЕТЫ ПОЧВЫ

Дядик Тамара Владимировна

Мурманская область, г.Апатиты, МБОУ СОШ №15, 11 класс

Аннотация. В статье проведена оценка влияния выбросов металлургических предприятий Мурманской области на микромицеты почвы. Микроорганизмы являются биоиндикаторами загрязнения окружающей среды, оценка их состояния под воздействием техногенной нагрузки и сравнение его с первоначальным состоянием позволяет своевременно констатировать изменения в окружающих человека экосистемах. Поэтому целью данного исследования является оценка изменений микробиологических свойств почвы, под влиянием интенсивных выбросов металлургических предприятий Мурманской области. Объектом исследования является почвенный покров в трех геолокациях: г. Никель («Печенганикель»), г. Мончегорск («Североникель») и г. Кандалакша (Кандалакшский алюминиевый завод), предметом исследования - микромицеты почвы. В качестве основных научных методов исследования выбраны микробиологический анализ и химический анализ. В результате проведенного исследования выявлено, что значительное влияние на микромицеты почвы оказывают выбросы комбината «Североникель», кроме того, проведенный корреляционный анализ выявил среднюю и сильную отрицательную связи между содержанием ТМ в почве (медь, никель, цинк, свинец) и численностью микромицетов в зоне воздействия медно-никелевых предприятий. Наиболее сильная связь сравниваемых параметров была выявлена с медью и никелем в зоне воздействия комбината «Североникель».

Ключевые слова: микробиоты почвы, Мурманская область, микробиологический анализ, химический анализ, техногенное воздействие, металлургические предприятия

ВВЕДЕНИЕ

Сегодня одной из важнейших проблем человечества является возрастающее загрязнение окружающей среды химическими элементами, представляющее опасность для живых организмов и, в первую очередь, для человека. Невнимание к проблемам меняющейся под воздействием человека экологической обстановки способно привести к непоправимым последствиям. Микроорганизмы являются биоиндикаторами загрязнения окружающей среды, а, следовательно, микробиологический анализ и химический анализ являются наиболее информативными методами для оценки состояния окружающей среды. Оценка состояния микробных сообществ, под воздействием техногенной нагрузки и сравнение его с первоначальным состоянием позволяет своевременно констатировать изменения в окружающих человека экосистемах. Поэтому целью данного исследования является оценка изменений микробиологических свойств почвы, под влиянием интенсивных выбросов металлургических предприятий Мурманской области.

В рамках поставленной цели выдвигаются две гипотезы:

Гипотеза 1: мы предполагаем, что в результате длительного техногенного воздействия металлургических предприятий Мурманской области на природные экосистемы изменяются микробиологические свойства почв.

Гипотеза 2: мы предполагаем, что накопление тяжелых металлов в почве влияет на численность микроорганизмов в почве.

Микробиологические свойства почвы

Основные среды обитания микроорганизмов в природе – вода, воздух и почва.

В данном исследовании проводили изучение группы почвенных микроорганизмов, а также оценивали их содержание в почве.

Почва является естественным местом проживания многих микроорганизмов.

В почве они находят все условия, необходимые для развития: питательные вещества, влагу, достаточную аэрацию, защиту от прямых солнечных лучей и высушивания. По мере углубления число микроорганизмов сокращается. На глубине в 25 см количество их в 10-20 раз меньше, чем в поверхностном слое толщиной 1-2 см [1].

Необходимо отметить, что в разных типах почв преобладают грибы определенных видов, например, в северной зоне, где минерализационные процессы слабые, — грибы родов *Penicillium* и *Mucor*, размножающиеся на субстратах с большим количеством свежих растительных остатков [2]. По мере продвижений к югу их вытесняют представители рода *Aspergillus*, в южных почвах уменьшается не только общая численность грибов рода *Penicillium*, но и разнообразие их видового состава. В черноземах, каштановых почвах и сероземах обильно развиваются грибы рода *Fusarium*, широко распространенные и в почвах тропических лесов. Некоторые грибы способны развиваться в широком диапазоне щелочно-кислотных условий и встречаются в кислых, нейтральных и щелочных почвах [3,4].

На количественный и качественный состав микроорганизмов оказывают влияние различные факторы. К основным следует отнести следующие:

- тип почв: наиболее богаты микроорганизмами чернозем (около 1 млрд кл./г почвы), ввиду обильной растительности с богатой корневой системой [5]. Кроме того, характер почв влияет и на глубину проникновения микроорганизмов. Так, в более влажных северных почвах жизнь

микроорганизмов как бы «прижата» к поверхности, а в легких, щелочных (южных почвах) – жизнь микроорганизмов «углубляется» [6];

- влажность почвы: во влажных почвах размножение микроорганизмов лучше, чем в сухих. Однако в почвах торфяных болот (несмотря на большое количество влаги и органических веществ), микроорганизмов мало, поскольку эти почвы имеют кислую среду;

- аэрация: песчаные почвы аэрируются лучше, поэтому в них больше микроорганизмов;

- климатические условия и сезонность: в теплое время года микроорганизмов в почве гораздо больше, чем зимой. Биологическая активность всех почвенных микроорганизмов увеличивается осенью и заметно снижается в зимний период.

Методика посева и учёта на плотных питательных средах

В лабораторной практике применяются два метода количественного учета микроорганизмов [7]:

1. Методика посева и учет на плотных питательных средах;
2. Методика прямого учета под микроскопом.

Выбор метода зависит от цели исследования. Для достижения поставленной цели нами выбрана методика №1 - методика посева на плотные питательные среды, позволяющая учесть не только численность микроорганизмов, но и получить чистые культуры. В большинстве случаев для изучения и учёта микроорганизмов проводится поверхностный посев на чашки Петри. Глубинный посев проводится реже, как правило, для учёта грибов.

Для получения сравнимых результатов подсчёт колоний определённой группы микроорганизмов проводят через одно и тоже время. Обычно учёт микрофлоры на мясопептонном агаре проводят через трое суток после посева, актиномицетов через 7-15, грибов и дрожжей 5-7 суток. Колонии считают с обратной стороны чашки, отмечая их чернилами. В случае

непрозрачности сред, учет ведется сверху чашки. После подсчета числа колоний на параллельных чашках, находится среднее и, исходя из полученных данных, определяется количество клеток в 1 мл исследуемой суспензии (предполагается, что условно 1 клетка, спора или обрывок гифы дают 1 колонию).

На каждой чашке проводят внимательное сравнение и описание морфологии колоний под лупой. Далее составляется описание колоний по следующей схеме:

1. Форма колоний: округлая, неправильная, амёбовидная, ризойдная.
2. Профиль колоний: плоский, выпуклый, конусовидный, каплевидный, вогнутый
3. Цвет колоний
4. Форма края колонии: дольчатый, выпуклый-зубчатый, цельный, бахромчатый, разорванный, спиралевидный, ветвистый, и т.п.
5. Структура колонии: крупнозернистая, мелкозернистая, струйная, волокнистая
6. Вид микроорганизмов (определялся по справочнику [Index Fungorum]).

Для разведений готовят пробирки со стерильной водой по 9 мл в каждой. Стерильной пипеткой берут 1 мл исследуемого материала и вносят в пробирку, и получают разведение 1:10 или первое разведение, далее 1 мл полученной суспензии переносят в следующую пробирку и получают разведение 1:100 или третье разведение и т.д. Таким образом, в 1 мл суспензии во втором разведении содержится в 10 раз меньше клеток, чем в первом, а в третьем разведении – в 100 раз меньше клеток и т.д.

В данной работе очень важно провести тщательное перемешивание суспензии при помощи пипетки. После подготовки разведения проводится посев на нужные среды из подходящего разведения.

Теоретические аспекты химического анализа почв

Химический анализ почв является одним из наиболее важных средств познания природы, генезиса и плодородия почв. Химический анализ почв - совокупность аналитических приемов, результат которых позволяет оценить химическое состояние почв. Химический количественный анализ веществ считается классическим, это наиболее разработанный метод анализа, который продолжает развиваться. Он точен, прост в исполнении, не всегда требует спец. аппаратуры. Но применение его иногда сопряжено с некоторыми трудностями при исследовании сложных смесей.[8]

Задача количественного анализа — определить количество элемента или соединения в исследуемом образце. Цель всякого химического исследования – получение результата, наиболее близкого к истинному содержанию определяемого компонента в пробе. И прежде, чем провести количественный анализ, необходимо точно узнать, из каких веществ состоит образец (этап качественного анализа) и какие конкретно вещества следует определить количественно.

В аналитической химии результаты анализа характеризуются такими понятиями, точность, воспроизводимость, повторяемость, правильность, а также с результатами анализа связаны такие понятия как погрешность. Разные аналитические методы имеют различную погрешность. Чаще интересует не абсолютное количество, а концентрация, либо массовый процент. Кроме того, количественный химический анализ можно использовать только для конкретной среды, каждый метод направлен на определение определённого вещества.

Химический анализ проводится на всех предприятиях: нефтехимической, нефтедобывающей, нефтеперерабатывающей, металлургической, фармацевтической и химической промышленности. Используя методики химического анализа, на этих предприятиях осуществляют входной, технологический, выходной, арбитражный и экологический контроль химического состава веществ. В геологии геохимические методы поиска и разведки месторождений полезных

ископаемых основаны на использовании результатов химического анализа проб вещества, отобранными геологами в полевых условиях. Кроме того, результаты химического анализа содержат информацию о химических свойствах почв и химических почвенных процессах. Они составляют основу мониторинга и прогноза изменения свойств почв в процессе их естественного развития, сельскохозяйственного использования, мелиорации пр.[9]

Алгоритм химического анализа почв [10]:

1. Подготовка почвы к лабораторным исследованиям
2. Определение гигроскопичной влаги
3. Определение удельного веса почвы
4. Определение объемного веса почвы
5. Выбор метода

Характеристика места отбора проб

Для проведения эксперимента нами было определено 3 места отбора почвенных проб, расположенных в разных районах Мурманской области. Для оценки последствий техногенного воздействия на природные экосистемы взятие проб осуществлялось в зоне длительного техногенного воздействия - район города Мончегорска (комбинат «Североникель») Мончегорск по розе ветров и против розы ветров: 3 км, 13 км, 35 км и 50 км фоновая зона, район города Никель (комбинат «Печенганикель») Мончегорск по розе ветров и против розы ветров: 3 км, 13 км, 35 км и 50 км фоновая зона и район города Кандалакша (КАЗ) по розе ветров и против розы ветров: 2 км, 8 км, 15 км и 50 км фоновая зона (см. Приложение 2).

Постановка эксперимента

Для этого на пробных площадях мы выкапывали куб земли 30*30*25(22) и срезали с него ножом, заранее подготовленным и обработанным 96% спиртом, слой корней. Далее полученную пробу

помещали в стерильную крафт бумагу. Каждая проба была пронумерована, подписана и помещена в полиэтиленовый пакет. Далее полученный экспериментальный материал исследовался в Лаборатории «Экология микроорганизмов» ИППЭС КНЦ РАН. Определяли влажность для расчёта навески почвы для посева (см. Приложение 1), далее проводилось микробиологическое исследование выполнено по общепринятой на практике стандартной методике, описанной в теоретической части работы в п.1.3. На рисунке 1 показаны результаты посева грибов в пробах почвы в первом и втором разведениях.



Рисунок 1 - Результаты посева грибов в пробах почвы

Результаты эксперимента и их обсуждение

В таблице 1- 3 представлена численность микромицетов в зонах Кандалакшского алюминиевого завода, комбината «Североникель» и комбината «Печенгоникель».

К1-2 км по розе

К2- 2 км против прозы

К3- 8 км по розе

К4- 8 км против розы

К5- 15 км по розе

К6- 15 км против розы

К7- 50 км по розе

К8- 50 км против розы

М1 и Н1- 3 км по розе

М2 и Н2- 3 км против розы

М3 и Н3- 13 км по розе

М4 и Н4- 13 км против розы

М5 и Н5- 35 км по розе

М6 и Н6- 35 км против розы

М7 и Н7- 50 км по розе

Таблица 1. Численность микромицетов в почве района КАЗа

Кандалакша																
Количество колоний микроорганизмов (тыс.КОЕ/г)																
разведение	К1	К2	К3	К4	К5	К6	К7	К8	К9	К10	К11	К12	К13	К14	К15	К16
2	33	16	40	38	33	29	94	36	47	10	7	21	29	20	27	93

2	19	3	22	43	61	42	107	39	42	5	26	30	45	18	40	82
2	59	7	40	41	33	43	83	46	72	9	31	21	37	30	15	76

Таблица 2. Численность микромицетов в почве района комбината «Североникель»

Мончегорск															
Количество колоний микроорганизмов (тыс.КОЕ/г)															
разведение	М1	М2	М3	М4	М5	М6	М7	М8	М9	М10	М11	М12	М13	М14	
2	0	6	14	5	50	4	101	8	0	0	74	1	60	65	
2	1	9	6	26	6	6	70	50	1	6	96	6	65	40	

Таблица 3. Численность микромицетов в почве района комбината «Печенганикель»

Никель														
Количество колоний микроорганизмов (тыс.КОЕ/г)														
разведение	Н1	Н2	Н3	Н4	Н5	Н6	Н7	Н8	Н9	Н10	Н11	Н12	Н13	Н14
2	4	6	1	0	1	127	27	24	61	44	0	128	0	15
2	5	8	3	1	0	31	56	36	52	48	0	104	0	32

При анализе и сравнение представленных данных, можно сделать вывод о том, что наиболее загрязнённым является район комбината «Североникель» в близи города Мончегорск, так как численность микромицетов в этой зоне минимальна. Менее загрязнённой по сравнению с районом комбината «Североникель», оказалась почва в близи города Никель. Район КАЗа оказался наиболее чистым по сравнению с зонами комбинатов «Североникель» и «Печенганикель».

Так же мы можем предположить, что численность микромицетов почвы в близи выбранных металлургических комбинатов связана с большим количеством выбросов и последующим накоплением тяжелых металлов в почве.

Для верификации выдвинутого предположения был проведён химический анализ почвенных покровов в выбранных геолокациях.

Метод анализа - масс-спектрометрия с индуктивно связанной плазмой (ИСП-МС)

Средство измерения - масс-спектрометр ELAN 9000 (PerkinElmer,

США)

Результаты приведены на высушенную до постоянной массы при 105 градусах по Цельсию и затем прокаленную при 500 градусах по Цельсию в течение 5 часов пробу.

Таблица 4. Химический анализ почвенных проб вблизи комбината «Печенганикель»

Элемент	Массовая доля, %						
	Шифр (номер) пробы ЦКП ИППЭС КНЦ РАН						
	Шифр (номер) пробы заказчика						
	1Н	2Н	3Н	4Н	5Н	6 Н	7Н
Ni	0,0681	0,0351	0,00929	0,00381	0,00434	0,0108	0,00293
Cu	0,0473	0,0280	0,00708	0,00442	0,00478	0,0103	0,00263
Zn	0,00718	0,00950	0,00679	0,00454	0,00545	0,0134	0,00463
Pb	0,00195	0,00151	0,00144	0,00149	0,00139	0,0055	0,00108
Mn	0,0581	0,0750	0,0861	0,0735	0,0794	0,113	0,0759
Mg	1,50	2,82	1,69	1,32	1,50	1,48	1,45
Na	2,56	2,47	2,59	2,42	2,21	2,67	2,47
K	1,32	1,03	1,13	0,952	1,16	1,43	1,07
P	0,0395	0,101	0,0396	0,0568	0,0294	0,121	0,108
Al	8,44	7,32	8,25	7,55	7,59	8,57	7,78
Fe	4,63	7,93	5,39	3,94	4,77	5,06	4,07
Co	0,00299	0,00628	0,00325	0,00151	0,00120	0,00258	0,00136
ППП	19,1	3,35	2,50	1,29	2,15	27,3	5,67
Влажность	1,77	0,51	0,41	0,30	0,31	2,92	0,62

Таблица 5. Химический анализ почвенных проб вблизи комбината «КАЗ»

Элемент	Массовая доля, %							
	Шифр (номер) пробы ЦКП ИППЭС КНЦ РАН							
	Шифр (номер) пробы заказчика							
	К 1	К 2	К 3	К 4	К 5	К 6	К7	К 8
Ni	0,00393	0,00369	0,00348	0,00152	0,00567	0,00245	0,00698	0,00400
Cu	0,00337	0,00170	0,00340	0,00100	0,00481	0,00087	0,00408	0,00166
Zn	0,00589	0,00343	0,00709	0,00252	0,00721	0,0167	0,00515	0,00245
Pb	0,00144	0,00296	0,00289	0,00095	0,00246	0,00110	0,00133	0,0010
Mn	0,0448	0,0396	0,0480	0,0345	0,0696	0,0468	0,0554	0,041
Mg	0,970	0,649	0,444	0,563	0,854	0,798	1,04	1,00
Na	2,69	2,71	2,35	2,42	2,37	2,97	2,43	2,76
K	1,38	1,26	1,15	1,13	0,706	1,13	1,22	1,435
P	0,0694	0,0345	0,0496	0,00167	0,0137	0,0222	0,0291	0,0252

Al	7,45	7,20	6,85	6,40	6,70	7,66	6,65	7,36
Fe	2,66	1,91	1,79	1,77	2,96	2,04	3,29	2,13
Co	0,00120	0,00075	0,00069	0,00066	0,00164	0,00075	0,00134	0,00094
ППП	3,14	11,0	23,0	3,03	48,5	15,3	8,06	4,68
Влажность	0,53	1,08	2,04	0,44	6,42	1,32	0,78	0,76

Таблица 6. Химический анализ почвенных проб вблизи комбината «Североникель»

Элемент	Массовая доля, %						
	Шифр (номер) пробы ЦКП ИППЭС КНЦ РАН						
	Шифр (номер) пробы заказчика						
	5 М	6 М	7 М	8 М	9 М	10М	11М
Ni	0,135	0,0813	0,0226	0,0252	0,00465	0,00511	0,00353
Cu	0,0463	0,0345	0,0163	0,0106	0,00329	0,00469	0,00154
Zn	0,00548	0,00578	0,00533	0,00798	0,00435	0,00408	0,00214
Pb	0,00163	0,00122	0,00121	0,00115	0,00101	0,00104	0,00095
Mn	0,0732	0,106	0,0565	0,0899	0,0555	0,0626	0,0452
Mg	2,85	6,56	1,74	2,39	1,23	1,40	0,82
Na	2,31	0,975	2,06	1,79	2,68	2,30	2,24
K	1,16	0,501	1,05	0,884	1,29	1,35	1,038
P	0,0381	0,0227	0,0257	0,0604	0,0367	0,0730	0,0260
Al	7,74	4,79	7,19	8,50	7,40	7,25	6,77
Fe	4,33	5,64	3,74	5,93	3,67	3,59	2,50
Co	0,00624	0,00603	0,00232	0,00319	0,00127	0,00160	0,00099
ППП	2,36	8,71	4,18	15,0	1,64	3,20	2,50
Влажность	0,63	1,39	0,74	3,24	0,33	0,61	0,40

Далее определим зависимость численности микромицетов почвы от наличия в ней химических элементов. Для этого рассчитаем коэффициент корреляции (Таб.7)

Таблица 7. Коэффициент корреляции

Рассматриваемые элементы	Места отбора проб		
	Мончегорск	Никель	Кандалакша
Ni	-0,48702	-0,38990	-0,376760
Zn	0,102258	-0,15729	-0,71654
Cu	-0,543481	-0,40687	-0,36223
Pd	-0,49494	-0,16207	-0,17746
Mn	0,095372	0,130133	0,5115080

Mg	-0,23228	0,018288	-0,35260
Co	-0,37107	-0,07017	-0,39221
Fe	0,136134	-0,08916	-0,47148
Al	0,30413	-0,7559	-0,52646
P	0,790548	0,585427	-0,47547
K	0,095182	-0,27120	0,152100
Na	0,315597	0,244944	0,353895

Корреляционный анализ выявил среднюю и сильную отрицательную связи между содержанием ТМ в почве (медь, никель, цинк, свинец) и численностью микромицетов в зоне воздействия медно-никелевых предприятий. Коэффициент корреляции изменялся от 0.4 до 0.7. Наиболее сильная связь сравниваемых параметров была выявлена с медью и никелем в зоне воздействия комбината «Североникель»

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе проведенного исследования поставленная цель достигнута, выдвинутые гипотезы подтверждены, в результате получены следующие выводы:

1. Наиболее загрязнённой территорией в промышленной зоне Мурманской области оказался район вблизи комбината «Североникель», так как численность микромицетов в этой зоне минимальна. Менее загрязнён район города Никель вблизи комбината «Печенганикель». А относительно чистым из выбранных локаций оказался район вблизи «КАЗ», так как там оказалось наибольшее количество микроорганизмов.

2. Корреляционный анализ выявил среднюю и сильную отрицательную связи между содержанием ТМ в почве (медь, никель, цинк, свинец) и численностью микромицетов в зоне воздействия медно-никелевых

предприятий. Коэффициент корреляции изменялся от 0.4 до 0.7. Наиболее сильная связь сравниваемых параметров была выявлена с медью и никелем в зоне воздействия комбината «Североникель»

Практическая значимость данного исследования заключается в том, что полученные результаты могут использоваться в качестве основы для построения ГИС карты техногенной загрязненности территорий Мурманской области.

Список литературы

1. Полянская М.Л., Горбачева М.А., Звягинцева Д.Г. Размеры бактерий в черноземе в ходе микробной сукцессии при инкубировании почвы в аэробных и анаэробных условиях // Почвоведение. - №11. – 2012, С.1181-1187.
2. Корнейкова М.В., Евдокимова Г.А., Мязин В.А., Редькина В.В., Фокина Н.В., Шалыгина Р.Р., Чапоргина А.А., Янишевская Е.С. Микробиологические исследования в Мурманской области// Труды Кольского научного центра РАН. 2018. Т.9. №9-6. С.87-104
3. Корнейкова М.В., Фокина Н.В., Чапоргина А.А., Янышевская Е.С. Антибиотическая активность микромицетов фоновых и загрязненных выбросами алюминиевого завода почв в Мурманской области //Труды Ферсмановской научной сессии ГИ КНЦ РАН. 2017. № 14. С. 399-401.
4. Микроорганизмы в почве [Электронный ресурс] URL: <http://www.activestudy.info/mikroorganizmy-v-pochvax/>
5. Анализ жизнедеятельности микроорганизмов почвы [Электронный ресурс] URL: www.newreferat.com/
6. Дождь и снег появляются благодаря бактериям в облаках //Membrana. Люди. Идеи. Технологии. [Электронный ресурс] URL: www.membrana.ru/particle/12352
7. Лабораторный практикум по микробиологии [Электронный ресурс] URL: www.docme.ru
8. Воробьева Л.А., Ладонин Д.В., Лопухина О.В., Рудакова Т.А., Кирюшина А.В. Химический анализ почвы. Учебно-методическое пособие. Москва: МГУ, 2012.

9. Чернышова Н.Н., Воронова О.А. Основы аналитической химии и химического анализа. Томск: Томский Политехнический Институт, 2009.

10. Луганская В.Д, Луганский В.Н. Химический анализ почв. Методические указания для проведения лабораторных занятия. Екатеринбург: Уральский ГЛТУ, 2011.

Влажность почвенных покровов**Мончегорск:**

№ образца	Вес бюкса, г	Навеска, г	Вес бюкса с сырой почвой, г	Вес бюкса с сухой почвой, г	Влажность %
M1	20,84	5	25,84	25,01	19,9041
M2	23,56	5	28,56	28,04	11,6071
M3	22,13	5	27,13	26,02	28,5347
M4	25,08	5	30,08	29,32	17,9245
M5	37,19	5	42,19	41,39	19,0476
M6	22,87	5	27,87	26,29	46,1988
M7	22,12	5	27,12	23,69	218,4720
M8	21,05	5	26,05	24,72	36,2398
M9	21,57	5	26,57	25,92	14,9425
M10	21,26	5	27,26	25,55	39,860
M11	22,60	5	27,60	26,12	42,045
M12	21,28	5	26,28	25,59	15,5452
M13	21,10	5	26,10	25,22	21,3592
M14	20,61	5	25,61	25,02	13,3787

Никель:

№ образца	Вес бюкса, г	Навеска, г	Вес бюкса с сырой почвой, г	Вес бюкса с сухой почвой, г	Влажность, %
H1	22,64	5	27,64	25,81	57,7287
H2	22,27	5	27,27	24,95	86,5671
H3	20,76	5	25,76	24,32	40,4494
H4	20,85	5	25,85	25,35	11,1111
H5	22,17	5	27,17	24,75	93,7984
H6	22,00	5	25,00	25,74	36,6279
H7	22,98	5	25,98	27,53	9,8901
H8	22,85	5	25,85	27,35	16,2975
H9	37,72	5	42,72	42,09	14,4165
H10	20,77	5	25,77	22,31	224,6753
H11	23,10	5	28,10	25,20	138,0952
H12	22,86	5	25,86	24,96	138,0953
H13	24,82	5	29,82	29,06	16,4859
H14	24,45	5	29,45	28,49	145,0980

Кандалакша:

№ образца	Вес бюкса, г	Навеска, г	Вес бюкса с сырой почвой, г	Вес бюкса с сырой почвой, г	Влажность, %
К1	22,08	5	27,08	26,38	16,2791
К2	24,46	5	29,46	28,52	23,1527
К3	22,17	5	27,17	26,69	10,6195
К4	25,8	5	30,8	28,17	110,9705
К5	37,19	5	42,19	39,17	152,5252
К6	21,09	5	26,09	25,32	12,2033
К7	20,61	5	25,61	23,38	80,5054
К8	21,28	5	26,28	25,26	25,6281
К9	23,56	5	28,56	24,96	257,1429
К10	22,12	5	27,12	24,98	74,8251
К11	22,28	5	27,28	25,15	370,1754
К12	20,75	5	25,75	25,18	12,8668
К13	22,63	5	27,63	26,65	24,3781
К14	21,56	5	26,56	24,86	53,1250
К15	20,00	5	25,00	24,24	33,9285
К16	20,84	5	25,84	24,22	47,9289

