

# КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПАРКА «НЕФТЯНИК» ГОРОДА ЯРОСЛАВЛЯ

Соколов Е.А.

Соколов Евгений Андреевич – магистр,  
Ярославского государственного технического университета,  
г. Ярославль

**Аннотация:** в данной статье рассматривается проблема загрязнения парков. Объектом нашего исследования являлась экосистема парка «Нефтяник» г. Ярославля. Предметом исследования выступало состояние абиотических компонентов данной экосистемы. В ходе исследования мы анализировали поставленную гипотезу: исходя из высокого уровня действующей антропогенной нагрузки, парк «Нефтяник» имеет неблагоприятное экологическое состояние, которая нами подтвердилась.

**Ключевые слова:** анализ, парк, атмосфера, окружающая среда, экосистема, загрязнение, нефтепродукты.

УДК 66.01

**Введение.** Парк – искусственная экосистема, выполняющая не только декоративное и рекреационное значение, но и важную санитарную роль.

Усиливающаяся с каждым днем техногенная нагрузка оказывает в современном мире существенное влияние на окружающую среду. Человек с каждым годом все больше и больше оказывает свое влияние на планету в целом.

Тяжелые металлы (сокращенно ТМ) оказывают очень сильное отрицательное влияние на природу. Существуют такие способы поступления ТМ в почву как различные шахты, производственные предприятия, электростанции и автомобильный транспорт.

**Цель исследования:** изучить экологическое состояние парка «Нефтяник».

Для осуществления нашей цели, мы поставили перед собой следующие **задачи:**

1. Провести оценку загрязнения атмосферного воздуха по флуктуирующей асимметрии листьев берёзы в районе парка.
2. Определить степень фитотоксичности почвы.
3. Измерить рН почвенного раствора, влажность почвы, а также содержание органических веществ в ней.
4. Определить содержание различных металлов в почве парка.
5. Провести анализ дождевой воды.
6. Определить концентрацию нефтепродуктов в снеге методом люминесцентного анализа.

**Материалы и методы исследования.** В качестве основного материала исследования мы выбрали растения. Научно доказано, что выбросы производственных предприятий могут с легкостью распространяться на расстоянии от 50 км и более от черты города. Растения могут впитывать в себя ТМ (такие как кадмий, свинец и др.) не только из почвы, но также из атмосферы. В результате в растениях накапливаются токсичные вещества [1]. Также их основное преимущество заключается в легкости сбора материала для исследования [2]. Объект исследования: Берёза повислая (в качестве контроля, для сравнения, измерения были проведены и в экологически чистом районе Ярославской области – в деревне Ямищи). Предмет исследования: флуктуирующая асимметрия листьев (небольшие ненаправленные (случайные) отклонения от двусторонней симметрии у организмов и (или) их частей), которая используется как яркий индикатор состояния среды и масштабов ее загрязнения.

Существует определенная методика определения флуктуирующей ассиметрии. Сбор материала следует проводить после остановки роста листьев (в средней полосе начиная с июля). Каждая выборка должна включать в себя 100 листьев (по 10 листьев с 10 растений). Листья с одного растения лучше хранить отдельно, чтобы в дальнейшем можно было проанализировать полученные результаты индивидуально для каждой особи [5]. Для этого рекомендуется собранные с одного дерева листья связывать за черешки. Все листья, собранные для одной выборки, сложить в полиэтиленовый пакет, туда же вложить этикетку с указанием номера выборки, места сбора (делая максимально подробную привязку к местности), даты сбора.

У березы повислой листья лучше собирать из нижней части кроны дерева с максимального количества доступных веток, относительно равномерно вокруг дерева.

Для непродолжительного хранения собранный материал можно держать в полиэтиленовом пакете на нижней полке холодильника.

Для того чтобы оценить, насколько стабильно развивается растение, мы решили учесть асимметрию тех природных объектов, которые должны быть от природы симметричными.

Для того чтобы измерить лист растения, его нужно положить перед собой той стороной, которая обращена к верхушке побега. С каждого листа снимают показатели по пяти промерам с левой и правой сторон листа.

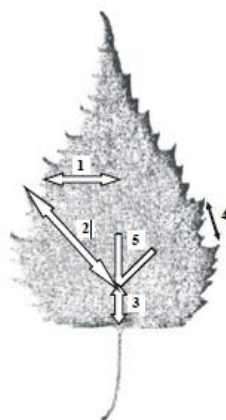


Рис. 1. Схема морфологических признаков.

для оценки стабильности развития березы повислой (*Betula pendula*)

1 – ширина половинки листа (измерение проводить по середине листовой пластинки); 2 – длина второй от основания листа жилки второго порядка; 3 – расстояние между основаниями первой и второй жилок второго порядка; 4 – расстояние между концами этих жилок; 5 – угол между главной жилкой и второй от основания листа жилкой второго порядка.

Для измерения листа, мы должны сложить его пополам, затем совместить верхушку с основанием листовой пластинки. Затем нужно лист разогнуть и измерить по складке, которая образовалась, ширину левой и правой половинок листа (в мм), длину жилки второго порядка, второй от основания листа, расстояния между основаниями первой и второй жилок второго порядка, расстояния между концами этих же жилок, угла между главной жилкой и второй от основания листа жилкой второго порядка [4]. Чтобы провести измерения, нужно взять измерительный циркуль, линейка и транспортир. Промеры 1–4 снимаются циркулем-измерителем, угол между жилками измеряется транспортиром [2,4,5].

**Результаты определения флуктуирующей асимметрии**

Таблица 1. Интегральный показатель флуктуирующей асимметрии у растения Береза повислая (парк «Нефтяник», г. Ярославль).

Номер листа	Номер признака					Величина асимметрии листа
	1-го	2-го	3-го	4-го	5-го	
1	-0,047619	0	0,07692308	0,04761905	0,01694915	0,018774446
2	0	0	0,11111111	0,03030303	0,01204819	0,030692467
3	0,01694915	0,02272727	0,16666667	0,03030303	0	0,047329224
4	0	0,03030303	0	0,04347826	0	0,014756258
5	0,04545455	0,01265823	0,09090909	0,09090909	0	0,047986191
6	0,03448276	0,03370787	0,07692308	0,07142857	0	0,043308454
7	0,02439024	0,01492537	0,11111111	0,08333333	0,02564103	0,051880217
8	0,05555556	0,01538462	0	0,04761905	0,02631579	0,028975002
9	0,06976744	0,02941176	0	0,11111111	0,02564103	0,047186269
10	0,05263158	0	0,33333333	0,04761905	0,03896104	0,094509
11	0	0,01639344	0,14285714	0,05263158	0,03797468	0,04997137
12	0,04166667	0,01265823	0	0,08333333	0,04347826	0,036227298
13	0,01960784	0,02380952	0,05263158	0,03030303	0,03030303	0,031331001
14	0,01960784	0,01176471	0,07692308	0,11111111	0,02564103	0,049009553
15	0,04347826	0,01449275	0,25	0,09090909	0,02325581	0,084427184

16	0,01886792	0	0,14285714	0,17647059	0	0,067639131
17	0,05882353	0,03448276	0,33333333	0,14285714	0,01265823	0,116430998
18	0,07692308	0,02941176	0	0,05882353	0,03092784	0,039217241
19	0,05555556	0,04	0,2	0,04761905	0,01265823	0,071166566
20	0,02439024	0	0,25	0	0,01960784	0,058799617
21	0,09090909	0,02941176	0,25	0,04761905	0,03614458	0,090816896
22	0,07407407	0,03370787	0,14285714	0,11111111	0,04109589	0,080569217
23	0,04545455	0,04477612	0,25	0,04761905	0,02272727	0,082115397
24	0,03448276	0,02564103	0,09090909	0,08333333	0	0,046873242
25	0,02040816	0,025	0,11111111	0,07142857	0,04109589	0,053808747
26	0,09090909	0,02272727	0,25	0,13043478	0,04477612	0,107769453
27	0	0	0,09090909	0,09090909	0,86046512	0,20845666
28	0,05	0	0,07692308	0,04761905	0,02564103	0,04003663
29	0,02325581	0,03225806	0	0	0,06060606	0,023223988
30	0	0,05	0,11111111	0,15789474	0,03614458	0,071030085
31	0,04	0,02439024	0,125	0,08333333	0,02439024	0,059422764
32	0,02439024	0,03225806	0,25	0,06666667	0,01010101	0,076683197
33	0,06976744	0,05084746	0,2	0,2	0,02272727	0,108668434
34	0,05	0,03030303	0,09090909	0,11111111	0,04109589	0,064683825
35	0,05555556	0,03333333	0,16666667	0,14285714	0,02439024	0,084560588
36	0,05882353	0,03846154	0,14285714	0,05263158	0	0,058554758
37	0,04545455	0	0,25	0,14285714	0,03614458	0,094891253
38	0,1	0,04477612	0,4	0,17647059	0,01234568	0,146718477
39	0,04545455	0,01449275	0,33333333	0,09090909	0,03797468	0,104432881
40	0,11111111	0,01886792	0,13043478	0,04761905	0,02941176	0,067488926
41	0,05555556	0,04	0,2	0,125	0,02564103	0,089239316
42	0,06976744	0,03225806	0,14285714	0,05263158	0,01204819	0,061912484
43	0,05882353	0,03225806	0,14285714	0,14285714	0,03225806	0,081810789
44	0,02040816	0,025	0,05882353	0,11111111	0,02439024	0,04794661
45	0,11111111	0,09090909	0,14285714	0,09090909	0,01265823	0,089688933
46	0,05555556	0,03448276	0	0,125	0,02439024	0,047885712
47	0,04545455	0,03333333	0,09090909	0,04347826	0,01234568	0,045104182
48	0,10344828	0,01754386	0,2	0,06666667	0,02564103	0,082659966
49	0	0,01369863	0,11111111	0,08333333	0,02040816	0,045710248
50	0,02702703	0,05263158	0,14285714	0,11111111	0,01234568	0,069194508
Значение стабильности флуктуирующей асимметрии у Березы повислой						0,067231513

Город

Таблица 2. Интегральный показатель флуктуирующей асимметрии у Березы повислой (д. Ямищи, Ярославская обл.).

Номер листа	Номер признака					Величина асимметрии листа
	1-го	2-го	3-го	4-го	5-го	
1	0	0	0,11111111	0,08333333	0,01075269	0,041039427
2	0,01960784	0,01204819	0	0,09677419	0,01298701	0,028283448
3	0	0,01123596	0,06666667	0	0	0,015580524
4	0	0	0,06666667	0	0,01204819	0,015742972

5	0,0625	0	0	0	0	0,0125
6	0	0	0	0	0	0
7	0	0,27777778	0,14285714	0,04761905	0,02439024	0,098528842
8	0,02857143	0	0,11111111	0,04347826	0	0,03663216
9	0,05882353	0,01587302	0	0	0,01538462	0,018016232
10	0	0	0	0,05263158	0	0,010526316
11	0	0,02439024	0,11111111	0	0,02040816	0,031181904
12	0,05	0	0,14285714	0,04761905	0,01265823	0,050626884
13	0	0	0	0	0,01818182	0,003636364
14	0,02439024	0	0,125	0	0,02040816	0,033959681
15	0,02222222	0	0,06666667	0	0	0,017777778
16	0	0,01694915	0	0	0,01098901	0,005587633
17	0,04347826	0,05454545	0	0,05263158	0,03614458	0,037359975
18	0	0,02222222	0	0,14285714	0	0,033015873
19	0,05882353	0	0,11111111	0	0,02702703	0,039392334
20	0,02564103	0,03846154	0	0	0,02325581	0,017471676
21	0,06666667	0,01639344	0,16666667	0,11111111	0	0,072167577
22	0	0,02222222	0	0	0	0,004444444
23	0,04	0	0	0,1	0,02439024	0,032878049
24	0,04347826	0	0,05263158	0,04347826	0	0,02791762
25	0,02564103	0,01538462	0	0	0,01204819	0,010614767
26	0,05882353	0	0	0,05882353	0	0,023529412
27	0	0	0	0	0,8125	0,1625
28	0,03448276	0	0	0,05263158	0	0,017422868
29	0,03030303	0	0,11111111	0	0,01234568	0,030751964
30	0,02702703	0	0	0,05263158	0	0,015931721
31	0	0,01960784	0,16666667	0,05882353	0	0,049019608
32	0	0,01587302	0	0	0	0,003174603
33	0	0	0	0	0	0
34	0	0	0,16666667	0,02857143	0	0,039047619
35	0	0	0,25	0,11111111	0,02325581	0,076873385
36	0,04545455	0	0	0,02857143	0	0,014805195
37	0,02439024	0,0212766	0,2	0,04347826	0,01666667	0,061162353
38	0	0,01639344	0,14285714	0,04347826	0,01149425	0,04284462
39	0,02325581	0,02040816	0,28571429	0,15789474	0,03703704	0,104862007
40	0	0,04347826	0,07692308	0,04	0	0,032080268
41	0,03225806	0	0,06666667	0,09090909	0,00970874	0,039908512
42	0	0,02222222	0,14285714	0,16666667	0,01694915	0,069739037
43	0,02702703	0	0	0,05263158	0	0,015931721
44	0	0,03225806	0	0	0,01030928	0,008513469
45	0	0	0,09090909	0,06666667	0	0,031515152
46	0,03030303	0	0	0	0,03614458	0,013289522
47	0	0,01754386	0	0,05263158	0,02857143	0,019749373

48	0,01754386	0	0	0	0,01204819	0,00591841
49	0	0	0,33333333	0,09090909	0,0212766	0,089103804
50	0,05263158	0	0	0,1	0	0,030526316
Значение стабильности флуктуирующей асимметрии у Березы повислой						0,033861668
						Деревня

Значение стабильности флуктуирующей асимметрии у Березы повислой в парке «Нефтяник» равняется 0,067231513, а в деревне Ямищи – 0,033861668. Уровень атмосферного загрязнения по результатам всех измерений определяется в соответствии с таблицей 3.

Таблица 3. Уровень атмосферного загрязнения по значению стабильности флуктуирующей асимметрии у Березы повислой.

Балл	Величина показателя стабильности развития	Шкала
I	<0,040	Условная норма
II	0,040 – 0,044	Слабое влияние неблагоприятных факторов
III	0,045 – 0,049	Загрязненные районы
IV	0,050 – 0,054	Загрязненные районы
V	>0,054	Критическое значение

Отчетливо видно, что уровень атмосферного загрязнения в парке «Нефтяник» имеет критическое значение (> 0,054). Тогда, как этот же показатель в деревне соответствует условной норме.

Теперь поговорим об определении фитотоксичности почвы. Методом почвенных пластинок можно определить токсичность почв, находящихся в условиях промышленного загрязнения [3]. Фитотоксичность рассчитывается по формуле:  $\Phi = (\text{длина ростка на контроле} - \text{длина на экспериментальном участке}) \times 100 / \text{длина ростка на контроле}$ . Оценка фито-токсичности была проведена по четырём группам: < 20 – фито-токсичность не проявляется; 20 – 40 – слабая фито-токсичность; 40 – 60 – средняя фито-токсичность; > 60 – сильная фито-токсичность. В качестве объекта исследования мы собрали образцы почвы парка «Нефтяник» города Ярославля (в качестве контроля, для сравнения, были отобраны образцы почвы в экологически чистом районе Ярославской области – в деревне Ямищи). Предметом нашего исследования является уровень фитотоксичности почвы парка «Нефтяник» города Ярославля (Табл. 4-5).

Таблица 4. Проявление фитотоксичности (%) по интенсивности нарастания корешков кресс-салата.

Срок определения, дни	Контроль (поле без загрязнений)	Парк «Нефтяник»	
	длина корешка, мм	длина корешка, мм	Фито-токсичность, %
3	33.5	16.0	52,2
6	34.8	15.6	55,1
9	37.9	18.2	51,9
Среднее			53,1

**Вывод:** по интенсивности нарастания корешков семян кресс-салата почва в парке «Нефтяник» обладает средней фитотоксичностью.

Таблица 5. Проявление фитотоксичности (%) по интенсивности нарастания проростков кресс-салата.

Срок определения, дни	Контроль (поле без загрязнений)	Парк «Нефтяник»	
	длина проростка, мм	длина проростка, мм	Фитог-токсичность, %
3	2.4	1.3	46
6	3.7	1.9	49
9	5.2	2.5	52
Среднее			49

### Определение содержания металлов методом РФА

На следующем этапе образцы минеральной части почвы были исследованы методом рентгенофлуоресцентного анализа [10]. Данный метод основан на зависимости интенсивности рентгеновской флуоресценции от концентрации элемента в образце. При облучении образца мощным потоком излучения рентгеновской трубки возникает флуоресцентное излучение атомов, которое пропорционально их количеству в исследуемом образце. Полученные данные представлены в таблице 6, рис.2 и диаграммах 1-4.

Таблица 6. Металлы, входящие в состав почвенных образцов.

Место	Ni	Mn	Cu	Fe
Парк	0,0619786%	0,1138383%	0,0091028%	2,4671272%
Деревня	0,0025004%	0,0670979%	0,0044404%	2,0186442%

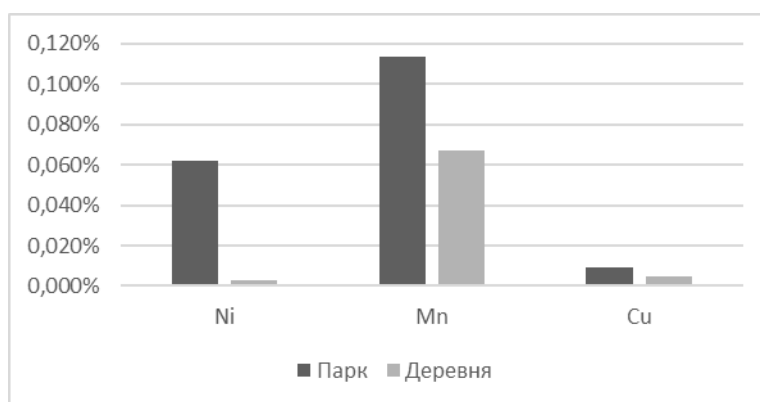


Рис.2. Сравнительное содержание некоторых металлов в образцах исследуемых почв.

### Содержание металлов в образцах почв

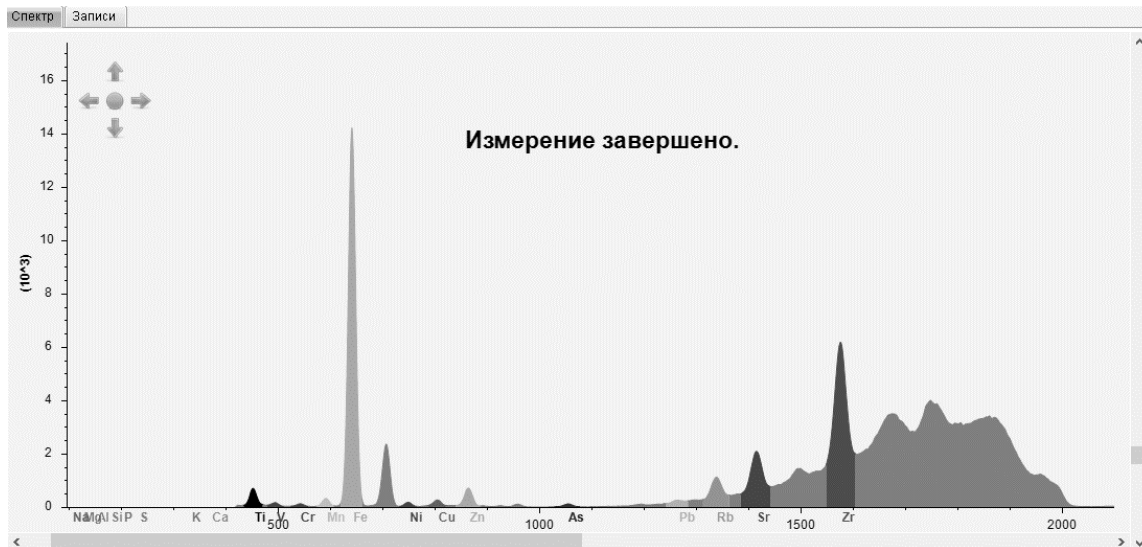


Диаграмма 1. Содержание лёгких металлов в дачной почве



Диаграмма 2. Содержание тяжелых металлов в дачной почве.

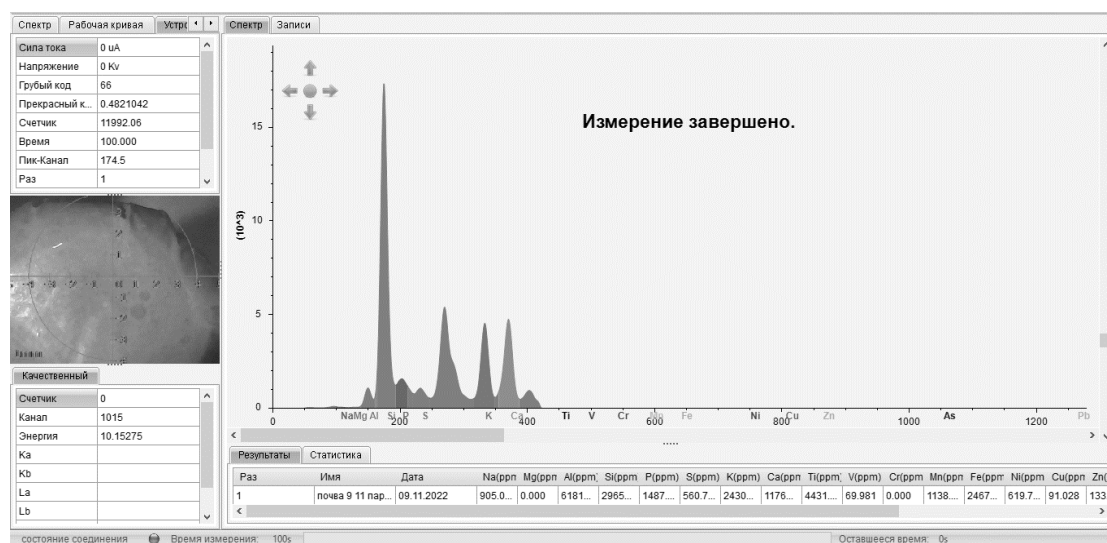


Диаграмма 3. Содержание лёгких металлов в почве парка «Нефтяник».

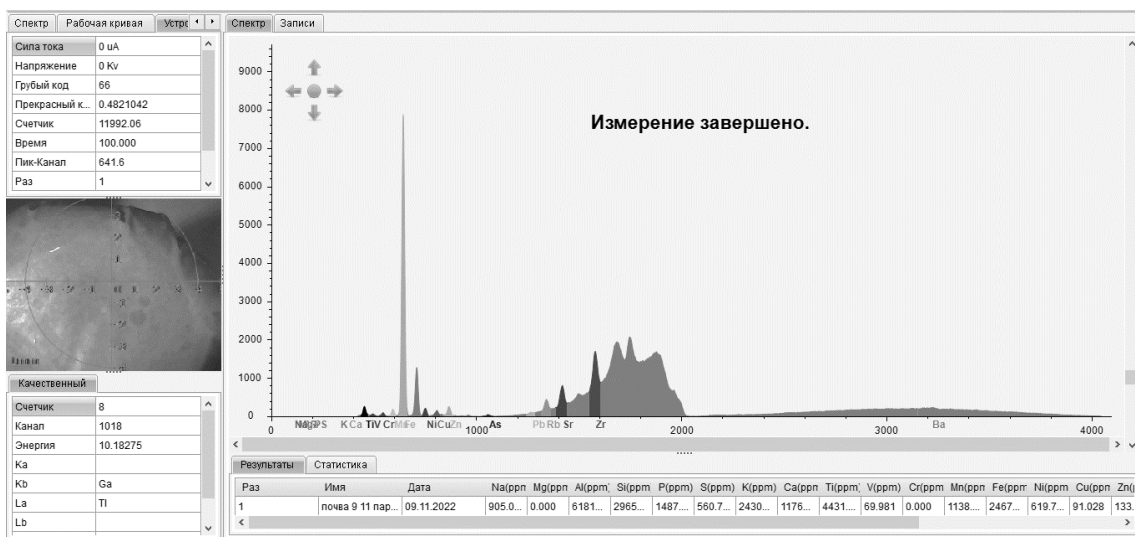


Диаграмма 4. Содержание тяжёлых металлов в почве парка «Нефтяник».

**Вывод:** в образце почвы парка «Нефтяник» по сравнению с деревенской значительно выше содержание таких металлов как никель, марганец, медь и железо.

Теперь обсудим определение концентрации нефтепродуктов в снеге методом люминесцентного анализа [5]. Мониторинг уровня загрязнения снежного покрова дает возможность оценки уровня техногенной нагрузки на окружающую среду городских территорий и здоровье населения [9].

Для определения содержания нефтепродуктов в талой воде был использован высокочувствительный метод люминесцентного анализа [6].

Полученные данные по анализу талой воды полученных из различных проб снега представлены в таблице 7.

Таблица 7. Концентрация нефтепродуктов в талой воде.

Время от момента выпадения снега до забора образца	Концентрация нефтепродуктов в талой воде, мг/дм <sup>3</sup>	
	Снег из д. Ямищи, Ярославской обл. (Контроль)	Снег из парка «Нефтяник»
Количество дней		
1	0,003	0,335
3	0,008	1,13
7	0,021	1,92

**Вывод:** концентрация нефтепродуктов в талой воде имеет существенное отличие, разница составляет между контролем, взятым из д. Ямищи, Ярославской обл. и снежным покровом парка «Нефтяник» более, чем в 110 раз. Концентрация нефтепродуктов в значительной степени зависит от времени нахождения осадка в соприкосновении с атмосферным воздухом.

**Результаты и выводы.** Исходя из полученных результатов исследования, мы видим, что выдвинутая нами гипотеза подтвердилась.

1. По значению стабильности флуктуирующей симметрии у Берёзы повислой мы выяснили, что степень загрязнения окружающей среды в парке высокая. Причём асимметрия листьев у растений может быть обусловлена не только загрязнением атмосферного воздуха, но и почвы.

2. Определение токсичности почвенных образцов показало наличие средней фитотоксичности.

3. Обнаружение высокого содержания некоторых металлов, в том числе тяжёлых, также подтверждает загрязнённость почвенной среды.

4. В составе дождевой воды имеется существенное отличие по электропроводности, что свидетельствует о наличии аэрозолей и пылевых частиц.

5. Нами установлено, что содержание нефтепродуктов в снежном покрове может служить отличным индикатором загрязнения воздуха исследуемой территории.

В результате исследования, мы пришли к выводу о том, что метод фитоиндикации можно использовать для оценивания степени загрязнённости и токсичности почв в различных городских территориях. Во время использования данного метода, можно быстро и выгодно комплексно и объективно оценить экологическое состояние исследуемых природных территорий.



Данные, которые мы получили во время исследования, могут быть использованы как материал для дальнейшего изучения и предотвращения экологического загрязнения природных экосистем.

### *Список литературы*

1. *Елфимов Н.В., Бельшина Ю.Н., Клейменов А.В.* Способ исследования нефти и нефтепродуктов методом люминесцентного анализа при решении задач диагностики и идентификации загрязнений // Современные проблемы гражданской защиты. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/sposob-issledovaniya-nefti-i-nefteproduktov-metodom-lyuminestsentnogo-analiza-pri-reshenii-zadach-diagnostiki-i-identifikatsii/> (дата обращения: 20.12.2022).
2. *Козицкая Ю.С., Шавнин С.А., Исупов И.А и др.* Влияние противогололедных материалов и проблемы фитотоксичности почвогрунтов придорожных территорий в городах ХМАО-Югры // Проблемы региональной экологии. 2006. № 3. С. 11–16.
3. *Максимова Н.Б., Морковкин Г.Г.* Оценка токсичности и загрязненности почв методом фитоиндикации // Вестник АГАУ. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-toksichnosti-i-zagryaznennosti-pochv-metodom-fitoindikatsii/> (дата обращения: 11.11.2022).
4. *Радченко Н.М., Шабунев А.А.* Методы биоиндикации в оценке состояния окружающей среды: Учебно-методическое пособие. – Вологда: Издательский центр ВИРО, 2006. – 148 с.
5. *Решетник Л.А.* Биохимическое и климатическое значение селена для здоровья человека // Микроэлементы в медицине, 2001. - №2 (2). - С. 2 - 8.
6. *Свистова И.Д.* Методические подходы к определению фитотоксической активности почвы и почвенных микроорганизмов // Лесотехнический журнал. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/metodicheskie-podhody-k-opredeleniyu-fitotoksicheskoy-aktivnosti-pochvy-i-pochvennyh-mikroorganizmov/> (дата обращения: 10.10.2022).
7. *Соколов В.Е.* Международная программа по биоиндикации антропогенного загрязнения природной среды / В.Е. Соколов, Я.И. Шаланки, Д.А. Криволицкий и др //Экология, 1990. - №2. - С. 90 - 94.
8. *Хомяков Д.М.* К вопросу об оценке уровня загрязнения и состояния городских почв / Д.М. Хомяков // Современные проблемы загрязнения почв. III Межд. конф. М., 2010. - С. 53 - 57.
9. *Черников В.А.* Экологическая безопасность и устойчивое развитие / В.А. Черников, Н.З. Милащенко, О.А. Соколов //Устойчивость почв к антропогенному воздействию. Кн.3. Пушкино: ОНТИ ПНЦ РАН, 2001. - 203 С.
10. *Шайхутдинова А.А.* Атмосфера промышленного предприятия. Методы анализа и очистки // Оренбург: Изд-во Оренбургского государственного университета. 2019.