

значения гидравлического сопротивления в канале  $\Delta P = 0,75 \cdot 10^5$  Па (7500 мм вод. ст.).

### Выводы

Экспериментально подтверждено отсутствие уноса пены с воздушным потоком из насоса сепаратора ЦНС при расходе воздуха  $Q \leq 333$  л/мин.

Уточнена зависимость коэффициента проскальзывания кольца жидкости относительно ротора насоса-сепаратора ЦНС от количества жидкости в роторе, а также определено, что в автоматическом режиме работы насоса-сепаратора коэффициент проскальзывания  $\phi$  принимает постоянное значение, равное 0,85.

Установлено, что встроенный черпаковый насос создает напор жидкости до  $0,75 \cdot 10^5$  Па. Насос-сепаратор ЦНС может обеспечить достаточное отведение жидкости ( $Q \geq 40$  л/ч) при сопротивлении отводного канала не более  $0,62 \cdot 10^5$  Па.

Центробежный насос-сепаратор ЦНС может быть использован для разделения газожидкостной смеси в условиях микрогравитации в составе системы регенерации загрязненной санитарно-гигиенической воды.

### Литература

1. Бобе Л.С., Гаврилов Л.И., Кочетков А.А., Курмазенко Э.А., Андрейчук П.О. Зеленчуков А.А., Романов С.Ю., Синяк Ю.Е. Регенерация воды и атмосферы на космической станции: опыт орбитальных станций "Салют", "Мир" и МКС, перспективы развития // Сб. материалов междунар. науч. конф. IAC-10.A1.6.6., 27.10.2010 - Москва, 2010.
2. Бобе Л.С., Самсонов Н.М., Новиков В.М., Кочетков А.А., Солоухин В.А. и др. Перспективы развития систем регенерации воды обитаемых космических станций // Известия Академии наук. Энергетика. - 2009. - №1 - С. 69-77.
3. Среда обитания космонавта в пилотируемом космическом аппарате. Общие медико-технические требования: ГОСТ Р 50804-95. – Введ. 1995-08-08. – Москва: Госстандарт России, 1995. – 118 с.: ил.
4. Бобе Л.С. Технологические процессы систем регенерации воды: учеб. пособие – М.: Изд-во МАИ, 1991. – 68 с.
5. Риттенберг Б.Г., Филоненко В.Б., Барабаш П.А. О напоре безлопастных черпаковых насосов с частично заполненным корпусом // Насосы для интенсификации производственных процессов: Тем. сб. науч. тр. ВНИИГИДРОМАШ. М., 1988. – с. 132-137.

### **Воздействие автотранспорта на распределение тяжелых металлов и бенз(а)пирена в водоемах рекреационных зон**

Сорокин А.В., к.х.н. доц. Сотникова Е.В.

Университет машиностроения

8 (495) 223-05-23, alex\_sorokin@list.ru

*Аннотация.* Проведен анализ загрязнения почв и донных отложений нескольких прудов, тяжелыми металлами и бенз(а)пиреном. Исследования химического состава выполнены методом масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой и высокоэффективной жидкостной хроматографией. Рассчитаны коэффициенты вариации, концентрации анализируемых компонентов в исследуемых средах. Выявлены компоненты с превышенными фоновыми значениями концентраций. Установлено влияние автотранспортных потоков на изменение фоновых концентраций тяжелых металлов в почве и донных отложениях водоемов рекреационных зон.

*Ключевые слова:* тяжелые металлы, почва, донные отложения, коэффициент вариации, бенз(а)пирен

### Введение

Не подлежит сомнению тот факт, что растущее количество зарегистрированных автомобилей оказывает негативное влияние на биосферу. Особенно сильно данное воздействие ощущается в мегаполисах, состояние окружающей среды которых находится в упадочном состоянии. Несмотря на отказ от применения специализированных добавок в топливо для автомобилей, постоянно приходится сталкиваться с сообщениями о повышенном содержании стойких контаминатов окружающей среды, таких как: свинец, сурьма, селен, железо, бенз(а)пирен.

Бенз(а)пирен (БП) – является одним из наиболее опасных контаминантов окружающей среды и в результате выраженного канцерогенного, мутагенного, тератогенного действий отнесен к суперэкогенотоксикантам 1-го класса опасности, подлежит обязательному контролю в различных объектах окружающей среды. Образование БП в условиях мегаполиса является серьёзной проблемой из-за постоянного роста числа автомобилей. БП химически устойчив и в окружающей среде накапливается преимущественно в почве, донных отложениях.

Данные обстоятельства не могут не вызвать интереса к установлению влияния автотранспортных потоков на изменение фоновых значений для разных природных тел. При проведении данного исследования в качестве целевых компонентов были выбраны бенз(а)пирен и элементы, входящие в ГОСТ 17.4.1.02-83, как вещества с разной степенью опасности, кроме того, из-за возможного применения ферроцена как специализированной добавки в топливо для автомобилей, железо.

### Объекты исследования

Объектами данного исследования были выбраны природные системы Герценского, Владимирского, Лебедянского и Верхнего Кузьминского прудов, расположенных в рекреационных зонах г. Москвы. Выбор оправдан расположением данных рекреационных зон относительно транспортных магистралей. Рекреационные зоны были условно разделены на две группы. Герценский и Владимирский пруды были отнесены к группе I, с повышенной нагрузкой от автотранспорта; Лебедянский и Верхний Кузьминский – к группе II, с умеренной нагрузкой от автотранспорта.

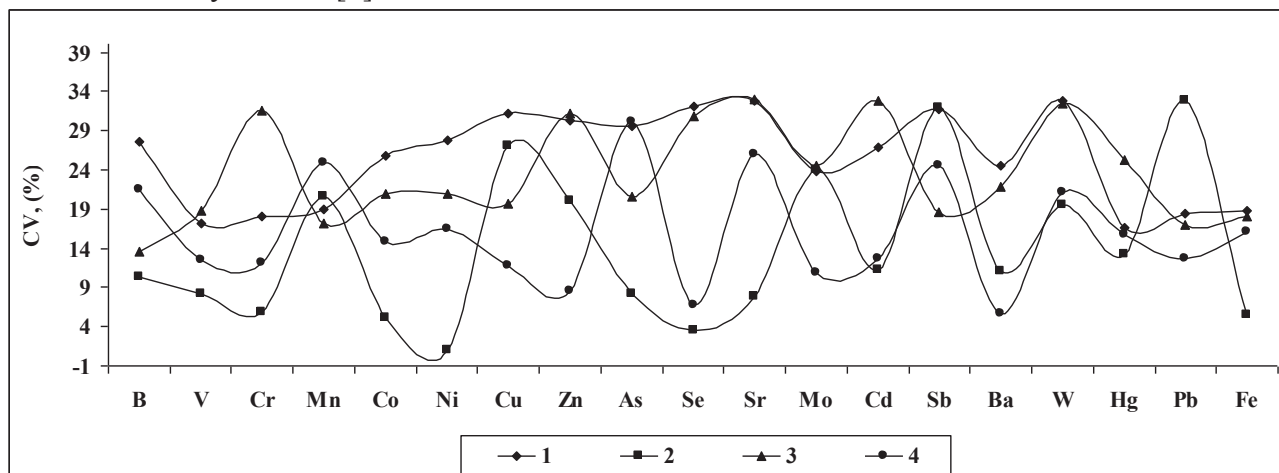
Герценский пруд на 570 м вытянут в западном и юго-западном направлениях, повторяя поворот р. Журавенки, на которой он создан. Ширина пруда около 50 м, площадь 3 га, длина береговой линии 1260 п. м. Является исключительно декоративным и напоминает большую реку. Берега естественные, местами крутые. Осуществлен сток в колодец, глубиной около 4 м и далее в подземный коллектор р. Журавенки. На востоке в пруд впадают Попов ручей и бывший сток с пруда Дунай, выходящие из подземных коллекторов близ самого берега [1].

Владимирский пруд является верховым озером в бассейне реки Нищенки. Площадь 2.3 га. Средняя глубина 2.5 м, объем воды в 22.5 тыс.куб.м. Почти на 400 м вытянут в северо-западном направлении (по одноимённому ручью, в пойме которого создан). Ширина от 40 до 60 м. Берега с узкой бетонной набережной. Пруд окружён травяными откосами высотой от 1 до 3 – 4 м и асфальтированной дорожкой выше откосов [1].

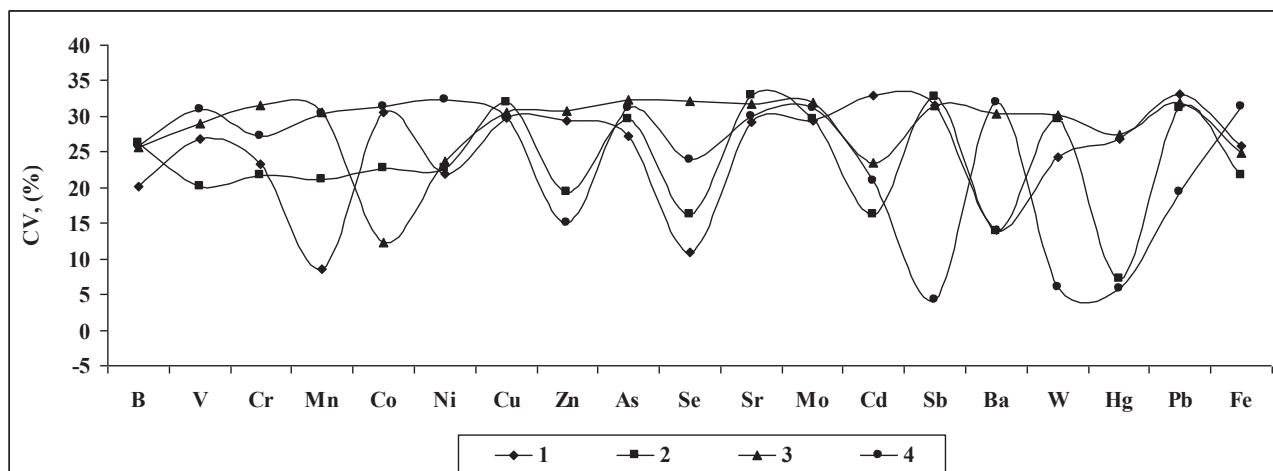
Лебедянский пруд – один из прудов Измайловского каскада, известного с 17 века. Лебедянский расположен в восточной части бывшего Измайловского Зверинца (Измайловский парк) и занимает площадь более 16 га (включая каскад и плотину в западной части). Известно, что в 17 веке берега Лебедянского пруда были промышленными территориями.

Верхний Кузьминский пруд, расположен вблизи бывшего села и усадьбы Кузьминки (Влахернское) в природном и историческо-рекреационном комплексе «Кузьминки-Люблино», откуда и получил свое название. Второе название пруда – Мельничный [4]. Верхний Кузьминский – самый большой пруд в каскаде (площадь 14.5 га, средняя глубина 2.5 м, объем воды 360.0 тыс. куб.м). Дно пруда песчаное, пологое. Питание осуществляется за счёт грунтовых и поверхностных вод [5].

Кузьминский лесопарк находится в черте города Москвы и ограничен со всех сторон оживленными транспортными системами. Так, на севере, северо-востоке и востоке с ним граничат и оказывают антропогенную нагрузку Волгоградский проспект и Московская кольцевая автодорога, на юге и юго-востоке лесопарк граничит с улицами оживленного района Люблино: ул. Верхние поля, ул. Чагинская, ул. Ставропольская. На западе с Краснодарской и Люблинской улицами [7].



**Рисунок 1. Коэффициенты вариации для исследуемых элементов в почве;**  
**1 – Владимирский пруд; 2 – Герценский пруд; 3 – Верхний Кузьминский пруд;**  
**4 – Лебедянский пруд**



**Рисунок 2. Коэффициенты вариации для исследуемых элементов в донных отложениях:**  
**1 – Владимирский пруд; 2 – Герценский пруд; 3 – Верхний Кузьминский пруд;**  
**4 – Лебедянский пруд**

#### Отбор проб и проведение анализа

Для проведения исследований на содержание тяжелых металлов был осуществлен отбор проб почвы по ГОСТ 17.4.3.01-83 и ГОСТ 17.4.4.02-84, для чего береговую линию прудов равномерно разделили на пробные площадки по 0,5 – 1 га каждая, в зависимости от территориальных особенностей. За объединенную пробу почвы принимали две точечные, отобранные с каждой площадки, которые, в свою очередь, состояли из проб с глубиной отбора 0 – 5 см. и 5 – 20 см. Пробы донных отложений отбирали руководствуясь ГОСТ 17.1.5.01-80. Для проведения исследований на содержание бенз(а)пирена в пробах донных отложений и почвы отбор проб был произведен из Верхнего Кузьминского, Владимирского, Герценского прудов в соответствии с вышеуказанными нормативами.

Отобранные пробы были проанализированы методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой согласно ПНДФ 16.1:2.3:3.11-98. Для определения валового содержания химических элементов, пробы почв и донных отложений подвергались полному разложению минеральными кислотами. При определении бенз(α)пирена отобранные пробы были проанализированы методом высокоэффективной жидкостной хроматографией (ВЭЖХ) с флуориметрическим детектированием согласно ПНДФ 16.1:2:2.2:3.39-03.

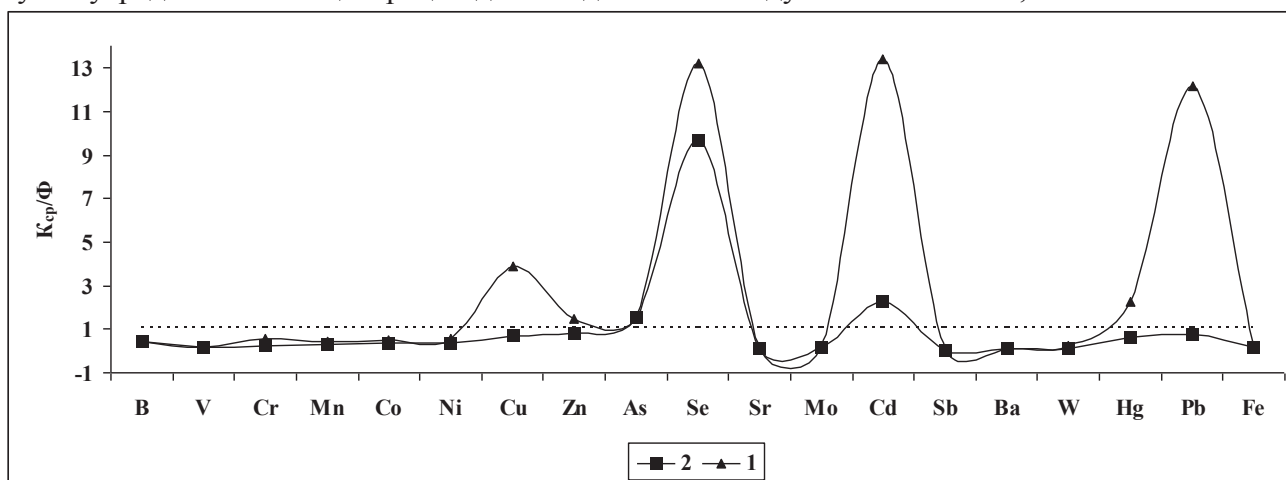
### Результаты исследований

В результате полученных данных исследуемые элементы были расположены в порядке возрастания их концентрации в природных средах. Из чего было заключено, что в данных природных телах преобладают железо, стронций, свинец, марганец, барий, цинк и хром. Полученные данные так же позволили судить о сходстве в распределении исследуемых элементов в природных телах при их незначительной разнице в расположении в ряде сравнения.

Была произведена математическая обработка результатов, включившая в себя расчет коэффициентов вариации (не более 33%). В результате чего было установлено, что все исследуемые элементы укладываются в диапазон коэффициента вариации от 1 до 33.0% в почве и от 4.22 до 33.1 % в донных отложениях, см. рисунки 1, 2.

Расчет коэффициентов вариации для бенз(α)пирена в почве показал, что достигнутые значения во всех исследуемых рекреационных зонах находятся в диапазоне 20.69 – 27.82%, в донных отложениях – в диапазоне 11.58 – 33.13%.

Проведенные расчеты позволяют судить о достаточной однородности изучаемой совокупности и надежности средних значений, поэтому внутри каждой из исследуемых групп рекреационных зон провели объединение данных в рамках почвы и донных отложений, получив усредненные концентрации для каждого из исследуемых элементов, включая и БП.

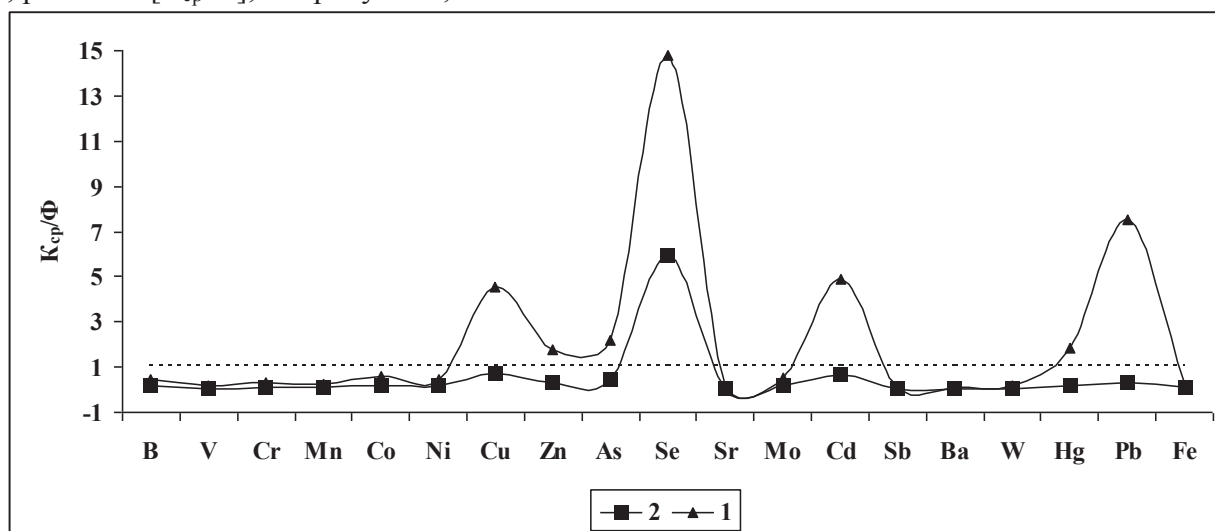


**Рисунок 3. Сравнение усредненных концентраций исследуемых элементов в почве с фоновым значением; 1 – рекреационные зоны первой группы; 2 – рекреационные зоны второй группы**

В ходе проведения дальнейшей математической обработки для расчета отношения полученных средних концентраций к фоновому значению в почве за фон принимали значения содержания валовых форм тяжелых металлов и мышьяка в почвах (ориентировочные значения для средней полосы России), для дерново-подзолистых суглинистых и глинистых почв [8]. Для элементов, не вошедших в СП 11-102-97 и не имеющих установленного фонового значения, использовали средние значения кларковых чисел, указанных Ведеполем, Виноградовым, Тэйлором [2], [3], [9], [10]. Выбор вышеописанных фоновых значений был обусловлен отсутствием каких либо данных по элементам, выходящим за рамки СП 11-102-97 для Московского региона. Имеющиеся данные сильно усреднены, а потому не могут быть использованы в качестве фоновых значений для рекреационных зон. При расчете содержания

исследуемых элементов в донных отложениях пользовались фоновыми значениями для почвы, а также значениями, указанными в [6] для «целевого уровня». Использование данных значений оправдано отсутствием ПДК тяжелых металлов в донных отложениях. В случае с БП пользовались значениями ПДК, указанными в СанПиН 42-128-4433-87.

В результате сравнения усредненных концентраций с фоновыми значениями было установлено, что содержание элементов первого и второго классов опасности в почве и донных отложениях превышает фоновые значения, либо находится близко к критической отметке, равной 1 [ $K_{cp}/\Phi$ ], см. рисунки 3, 4.



**Рисунок 4. Сравнение концентраций исследуемых элементов в донных отложениях с фоновым значением; 1 – рекреационные зоны первой группы, значения по Cd сокращены в 10 раз; 2 – рекреационные зоны второй группы**

Элементами с превышением фоновых значений в группе I являются следующие: Cu, Zn, As, Se, Cd, Pb, Hg. Элементами с превышением фоновых значений во II группе – Zn, As, Se, Cd, см. таблицу 1.

Таблица 1

**Элементы превышающие фоновые значения,  $K_{cp}/\Phi$**

Объект	Исследуемые элементы в почве						
	Cu	Zn	As	Se	Cd	Pb	Hg
Группа I	3.92	2.49	1.61	13.24	13.39	12.14	2.23
Группа II	0.68	1.40	1.55	9.68	2.24	0.75	0.61
Объект	Исследуемые элементы в донных отложениях						
	Cu	Zn	As	Se	Cd	Pb	Hg
Группа I	4.53	2.95	2.16	14.82	48.64	7.49	1.87
Группа II	0.76	0.58	0.48	5.92	0.63	0.28	0.19

Был рассчитан вклад автотранспортной составляющей в увеличение фоновых концентраций исследуемых элементов в рекреационных зонах I группы (1), а также вклад в полученные концентрации в пробах почвы и донных отложениях (2):

$$\frac{K_{cp} Me_i I_{zp} - K_{cp} Me_i II_{zp}}{K_{\phi} Me_i}, \quad (1)$$

где  $K_{cp}Me_iI_{zp}$  – усредненное содержание  $i$ -го элемента в исследуемой среде рекреационных зон I группы, мкг/кг.

$K_{cp}Me_iII_{zp}$  – усредненное содержание  $i$ -го элемента в исследуемой среде рекреационных зон II группы, мкг/кг.

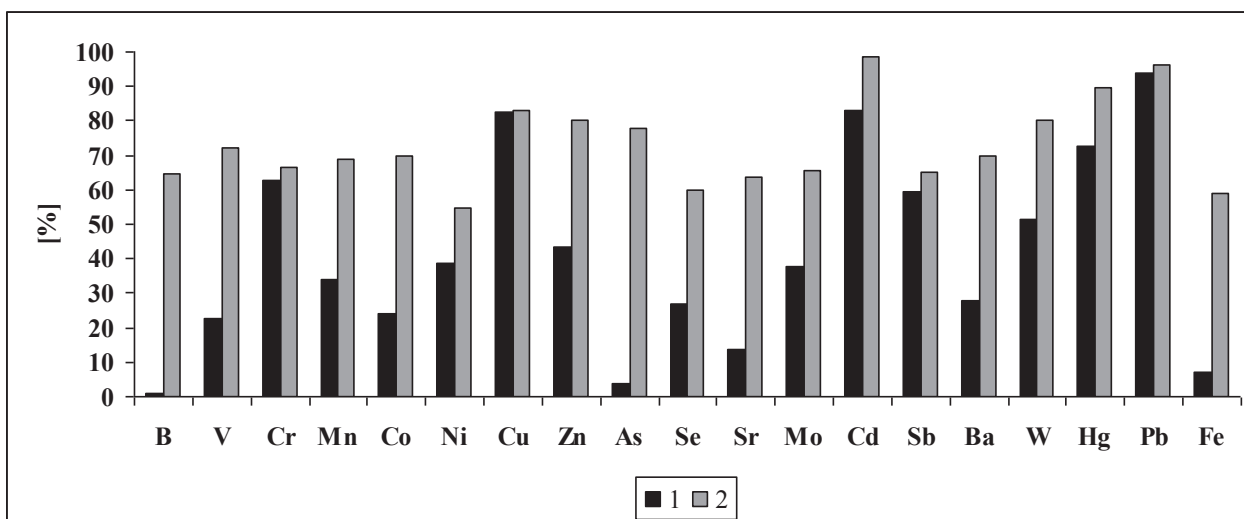
$K_{\phi}Me_i$  – фоновое содержание  $i$ -го элемента в исследуемой среде, мкг/кг.

$$\frac{K_{cp}Me_iI_{zp} - K_{cp}Me_iII_{zp}}{K_{cp}Me_iI_{zp}} \times 100, \quad (2)$$

где  $K_{cp}Me_iI_{zp}$  – усредненное содержание  $i$ -го элемента в исследуемой среде рекреационных зон I группы, мкг/кг.

$K_{cp}Me_iII_{zp}$  – усредненное содержание  $i$ -го элемента в исследуемой среде рекреационных зон II группы, мкг/кг.

Полученные по формулам (1) –(2) результаты представлены на рисунке 5 и в таблице 2.



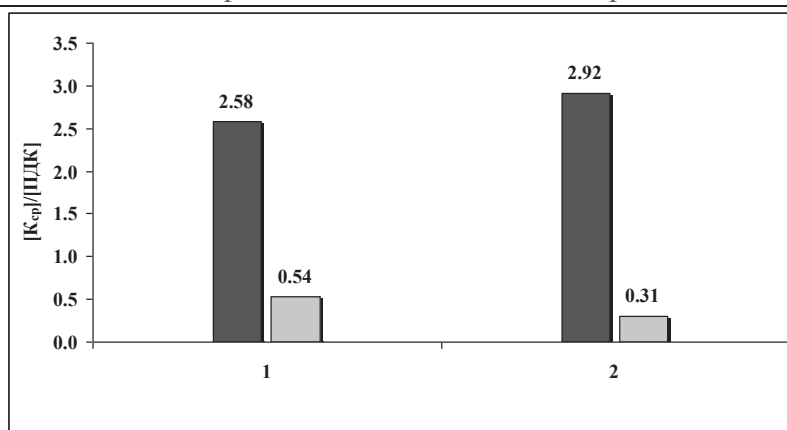
**Рисунок 5. Вклад автотранспорта в полученные концентрации исследуемых металлов в пробах почвы и донных отложений рекреационных зон I группы: 1 – полученные значения для почвы; 2 – полученные значения для донных отложений**

Таблица 2

**Вклад автотранспортной составляющей в увеличение фоновых концентраций исследуемых элементов в рекреационных зонах I группы**

Природное тело	Определяемые элементы									
	B	V	Cr	Mn	Co	Ni	Cu	Zn	As	Se
Почва, [Ф. вел]	0.003	0.042	0.366	0.148	0.116	0.227	3.236	1.085	0.059	3.554
	Sr	Mo	Cd	Sb	Ba	W	Hg	Pb	Fe	—
	0.013	0.098	11.150	0.061	0.035	0.108	1.621	11.398	0.014	—
Донные отложения, [Ф. вел]	B	V	Cr	Mn	Co	Ni	Cu	Zn	As	Se
	0.29	0.14	0.23	0.17	0.39	0.26	3.77	2.36	1.68	8.90
	Sr	Mo	Cd	Sb	Ba	W	Hg	Pb	Fe	—
	0.05	0.32	48.01	0.09	0.07	0.14	1.67	7.21	0.12	—

В результате сравнения средних концентраций БП со значением ПДК (0.02 мг/кг) в пробах рекреационных зон I и II групп было установлено превышение его допустимой концентрации в первом случае, см. рисунок 6.



**Рисунок 6. Отношение полученных средних концентраций БП к ПДК для почвы и донных отложений: 1 – полученные значения для почвы первой и второй группы; 2 – полученные значения для донных отложений первой и второй группы**

Таким образом, концентрация БП в почве и донных отложениях рекреационных зон I группы превышает ПДК в 2.58 и 2.92 раза соответственно.

#### **Выводы**

Целью данной работы являлось установление влияния автотранспортных потоков на изменение фоновых концентраций элементов, входящих в ГОСТ 17.4.1.02-83, железа и БП. В результате проведенной работы было отобрано и проанализировано 82 пробы донных отложений и почвы. На этапе первичной обработки данных рассчитанные коэффициенты вариации позволили устранить имеющиеся явные промахи по W; Zn; Cd; Pb, а расположение элементов по возрастанию их концентрации в донных отложениях и почве позволило судить о некотором сходстве между рекреационными зонами в каждой из групп, что в последствии привело к их усреднению. Зарегистрированы превышения фоновых концентраций исследуемых элементов во всех группах рекреационных зон, как для почв, так и для донных отложений. Однако в группе I превышения в несколько раз выше, с максимумом, приходящимся на Se, Cd, Pb для всех сред. Влияние повышенной нагрузки от автотранспортной составляющей на I группу подтверждается также превышением ПДК БП как маркерного загрязнителя, в 2.58 и 2.92 раза в почве и донных отложениях соответственно. Был рассчитан вклад автотранспортной составляющей в изменение фоновых уровней исследуемых компонентов, см. таблицу 2. Распределение тяжелых металлов в почвах и донных отложениях было достаточно неравномерным, с максимумами, приходящимися на зоны, граничащие или находящиеся в непосредственной близости с транспортными магистралями. Так, на территориях Герценовского пруда максимумы приходились на южную и юго-восточную часть береговой линии, однако имело место и повышение значений концентраций в северной части. Для более глубокой оценки распределения тяжелых металлов необходимо проводить дополнительные исследования с опробованием больших территорий, учитывая такие факторы, как роза ветров, количество осадков и рельеф местности, пропускная способность магистралей. В результате проведенной работы можно констатировать несомненное влияние транспортных потоков на фоновые значения тяжелых металлов и БП в виде их повышения на территориях рекреационных зон мегаполиса.

#### **Литература**

1. Агеева Р.А., Александров Ю.Н., Бондарук Г.П. и др. Улицы Москвы. Старые и новые названия.: -М.: издательский центр «Наука, техника, образование», 2003. 336 с.
2. Виноградов А.П. Закономерности распределения химических элементов в земной коре: Геохимия. 1956, № 1. С.6 – 52.

3. Виноградов А.П. Средние содержания химических элементов в главных типах изверженных горных пород земной коры: Геохимия. 1962, № 7. С.555 – 571.
4. Коробко М.Ю. Москва усадьбная. Путеводитель. -М.: 2005. Новый московский путеводитель. С.175 – 208.
5. Коробко М.Ю. Московский Версаль: Кузьминки-Люблино.-М.: 2001. 469 с.
6. "Нормы и критерии оценки загрязненности донных отложений в водных объектах Санкт-Петербурга" (утверждены главным государственным санитарным врачом по Санкт-Петербургу 17.06.1996 и комитетом по охране окружающей среды и природных ресурсов Санкт-Петербурга и Ленинградской области 22.07.1996)
7. Порецкий Н. А. Село Влахернское. М., 1913 репринт. М., 2000. С.5 – 9.
8. СП 11-102-97 Свод правил "Инженерно-экологические изыскания для строительства".- М., 2008.
9. Taylor, S.R. Abundance of chemical elements in the continental crust; a new table // Geochimica et Cosmochimica Acta 28(8). P.414-422.
10. Wedepohl K. H. Geochemie.: 1967 Sammiung Göschen. 220 p.

### **Энергоэффективность переработки полимерных отходов в водород и другую ликвидную продукцию**

д.т.н. проф. Латышенко К.П.<sup>1</sup>, к.т.н. Гарелина С.А.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Университет машиностроения  
kplat@mail.ru

<sup>2</sup>Академия гражданской защиты МЧС РФ  
roul@mail.ru

*Аннотация.* Предложено получать водород из полимерных отходов и найдены условия, обеспечивающие эффективное проведение процесса.

*Ключевые слова:* плазмохимический реактор, производство водорода из полимерных отходов, плазмохимическая переработка полимерных отходов, плазмохимическая технология, эффективность производства водорода из полимерных отходов

#### **Введение**

Очевидно, что экономия энергии благоприятно сказывается на состоянии природной среды. По расчётам специалистов энергосбережение оказывается в 4 – 5 раз экономически более выгодным, чем выработка эквивалентного количества энергии [4]. Энергоэффективность подразумевает не только уменьшение лишних трат энергии, но и повышение КПД использования энергии во всех энергетических процессах. Таким образом, перспективность той или иной технологии оценивают прежде всего по таким критериям, как экологичность и рациональность использования энергии [5].

#### **Энергоэффективность получения водорода из полимерных отходов**

В таблице 1 приведены результаты расчёта эффективности использования электроэнергии при производстве водорода  $\delta$  из перерабатываемых полимеров:

$$\delta = W_H / Q_{эл}, \quad (1)$$

где  $W_H$  – энергия, которая выделяется при сжигании полученного водорода (энергия, выделяющаяся при сжигании одного килограмма водорода, равна 39,48 кВт·ч, данные по количеству водорода, выделяющегося при переработке полимеров, приведены в [3]);

$Q_{эл}$  – затраты электроэнергии, необходимой для полной диссоциации молекул перерабатываемых веществ, в предположении того, что на разрыв химических связей тратится около 30 % электроэнергии, вводимой в разряд [3].