

**Конкурс «Молодые ученые транспортной отрасли – 2012»**

**Направление «Экология на транспорте»**

**ПРОЕКТ**

**АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ МОНИТОРИНГ ПОЧВ И  
МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ГОРЕНИЯ ГТД НА  
АЭРОДРОМАХ ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ**

Яманчев Вадим Александрович  
Научный руководитель Кемер Ольга Васильевна  
ВГБОУ ВПО УВАУ ГА (И), Ульяновская область, Ульяновск

## **Введение**

В наши дни среди основных проблем воздушного транспорта проблема экологически эффективного функционирования производственных процессов и систем на авиапредприятиях гражданской авиации занимает следующее место после безопасности полетов. Впредь экологические требования, регламентирующие деятельность гражданской авиации, как и всей мировой экономики, будут только возрастать.

Эффективность практических мер, принимаемых в системе обеспечения экологической безопасности, в значительной мере зависит от совершенства контроля экологической деятельности предприятий и правильности его использования для регулирования результатов производственных процессов. Достижение высокого уровня экологической безопасности в деятельности авиапредприятий и организаций ГА по охране окружающей среды возможно только при правильной организации этой деятельности.

Таким образом, исследования, посвященные разработке научных основ организации контроля и регулирования экологической безопасности в сфере организации производства на транспорте, являются актуальными и имеют важное государственное и международное значение.

Целью настоящей работы является получение адекватных данных о загрязнении почвы в зоне аэродрома «Ульяновск – Баратаевка» и разработка тестовых заданий для повышения качества познания учебного процесса с использованием информационно – коммуникационных технологий. Конечная цель – разработка системы экологического мониторинга почв аэродромов и полная автоматизация процессов.

# 1 ОСОБЕННОСТИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВ ВС АЭРОДРОМОВ И ПРИАЭРОДРОМНЫХ КОМПЛЕКСОВ

## 1.1 ОЦЕНКА ПЕРЕДВИЖНЫХ ИСТОЧНИКОВ ХИМИЧЕСКОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВ АЭРОДРОМА И ПРИАЭРОДРОМНОГО КОМПЛЕКСА

В аэропортах передвижные источники загрязнения, к которым относятся ВС, спецмашины и автотранспорт, вносят основной вклад в химическое загрязнение атмосферы и как следствие почв аэродромов через миграцию загрязняющих веществ.

Образование и выделение ЗВ в авиадвигателях всех типов, использующих углеводородное топливо, зависит от режима их работы. Выбросы  $CO_2$ ,  $H_2O$  и  $SO_2$  связаны с расходом углеводородного топлива двигателями в соответствующих режимах. Выбросы таких загрязняющих веществ, как  $CO$ ,  $C_nH_m$ ,  $NO_x$  зависят от большого числа переменных, но общая зависимость определяется значением тяги.

Основными факторами, определяющими состав и объем выбросов ЗВ авиацией, являются авиационное углеводородное топливо и показатели его потребления (табл.1.1).

Таблица 1.1

Распределение количества загрязняющих веществ, выбрасываемых в атмосферу аэропорта О'Хара, между основными источниками их выделения (по Карпину Б.Н.)

Источник образования и выброса	Вклад конкретного источника в общий выброс в атмосферу загрязняющего вещества, №			
	$CO$	$C_nH_m$	$NO_x$	Частицы
Самолет	69	79	86	96
Спецмашины	31	13	14	4
Система заправки топливом	0	8	0	0
ИТОГО	100	100	100	100

Минимальное образование  $CO$  и  $C_nH_m$  имеет место при наибольшей тяге, соответствующей взлетному режиму. При конструировании авиадвигателей всегда стремятся к достижению максимальной полноты сгорания, тем самым обеспечивая наиболее максимальной полноты сгорания, тем самым обеспечивая наиболее экономное расходование топлива, и, следовательно, максимальные дальность и экономичность воздушного судна. Прежде всего, это относится к самому продолжительному режиму работы двигателя - режиму крейсерского топлива. В результате наибольшая полнота сгорания топлива характерна для режимов, близких к режиму максимальной тяги.

С уменьшением тяги удельное выделение  $CO$  и  $C_nH_m$  быстро увеличивается. Основные причины столь резкого возрастания удельных показателей «недожиг» исходных углеводородов в авиадвигателе обусловлены в основном снижением температуры процесса и давления воздуха перед камерой сгорания, а также ухудшением распыления топлива.

В современных авиадвигателях приняты специальные меры по снижению образования продуктов неполного сгорания, в результате чего удельное выделение  $CO$  и  $C_nH_m$  возрастает не так значительно. Тем не менее в режиме «малого газа» в авиадвигателях всех типов и конструкций, использующих углеводородное топливо, выделение  $CO$  и  $C_nH_m$  было и остается максимальным, а при взлетной тяге - минимальным.

Прямо противоположный тип изменения удельных показателей выделения характерен для азота и для частиц. Максимальное образование и выброс  $NO_x$  в атмосферу наблюдаются в режиме взлета, а в режиме «малого газа» в авиадвигателях они минимальны. Связано это с тем, что

скорость реакции между азотом и кислородом с увеличением температуры процесса возрастает экспоненциально.

Температура зоны горения зависит от температуры и давления воздуха на входе в двигатель, а также от соотношения масс топлива/воздух. Основными конструктивными причинами повышенного образования оксидов азота являются: недостаточно эффективное смешение воздуха с парами топлива; неравномерное распределение топлива по объему камеры сгорания.

Еще одним фактором, влияющим на выброс оксида азота, является влажность воздуха.

Таким образом, задача снижения образования и выброса в атмосферу  $NO_x$  является одной из наиболее сложных научно - технических проблем современного авиадвигателестроения. Ее решение невозможно без значительных изменений конструкции, поэтому в двигателях старых типов и конструкций задача снижения выбросов не может быть решена до конца срока их эксплуатации и списания.

Предметом пристального изучения продолжает оставаться особенность образования сажи в камере сгорания газотурбинного двигателя и дальнейшее ее окисление в высокотемпературных областях зоны разбавления и промежуточной зоне. Удельный выброс сажи двигателями современного парка воздушных судов оценивается 0,04 г/кг сожженного топлива при более чем двукратном отклонении данных разных авторов от этого среднего значения.

Таким образом причины отклонения процесса реального сгорания топлива от идеального, то есть особенности образования ЗВ в авиационных двигателях, заключаются во - первых в особенностях конструкций этих двигателей, а во - вторых в невозможности получить стехиометрическое соотношение - углеводородное топливо / окислитель (воздух) - во всех необходимых режимах работы двигателя.

## 1.2 НОРМИРОВАНИЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВЫ АВИАДВИГАТЕЛЯМИ

В международной практике оценки воздействия гражданской авиации на окружающую среду - образование и последующий выброс в атмосферу каждого загрязняющего вещества - характеризуют *удельным показателем выброса*, равным массе этого вещества, образовавшегося при сжигании единицы топлива, а затем выброшенного авиадвигателем в атмосферу.

Удельный показатель выброса  $EI$  каждого загрязняющего вещества определяется для всех типов авиадвигателя экспериментально по принятой ИКАО стандартной методике при заданных характеристиках топлива и при определенных атмосферных условиях. Во всем мире эти показатели на реальном полноразмерном двигателе определяют экспериментально достаточно редко, только при проведении сертификационных испытаний того или иного авиадвигателя, реально используемого или планируемого к использованию на ВС в гражданской авиации.

В соответствии с действующими требованиями ИКАО регламентируется содержание в отработавших газах авиадвигателей оксида углерода  $CO$ , несгоревших углеводородов  $C_nH_m$ , оксидов азота  $NO_x$  и показатель дымности. Имеющиеся официальные сведения об удельных показателях выбросов нормируемых загрязняющих веществ для всех сертифицированных двигателей занесены в «Банк данных ИКАО по эмиссии выхлопных газов двигателей. Doc 9646-AN/943».

В отечественной гражданской авиации для основных типов авиадвигателей и вспомогательных силовых установок (ВСУ) значения удельных показателей выбросов  $CO$ ,  $C_nH_m$ ,  $NO_x$  приведены в Отраслевых методических указаниях по расчету вредных выбросов от авиадвигателей (Министерство авиационной промышленности СССР, 1989г), где используется иная градация режимов работы двигателей, а удельные показатели выбросов отнесены к единице времени (килограмм ЗВ за час работы). Документ содержит сведения о: реактивных двигателях, используемых на отечественных ВС типа Ту - 134, Ту - 154, Ил - 62; газотурбинных двигателях для вертолетов и винтовых самолетов; авиационных поршневых двигателях для легких винтовых самолетов; вспомогательных силовых установках самолетов.

Негативное воздействие отработавших газов того или иного авиадвигателя на атмосферу в зоне аэропорта Международной организацией гражданской авиации ИКАО принято

характеризовать отношением массы загрязняющих веществ, выброшенных в зоне аэродрома за взлетно - посадочный цикл, к взлетной тяге данного двигателя  $F_{00}$ .

Контрольный параметр выброса в атмосферу является удобной удельной характеристикой авиационного двигателя как абсолютной, так и относительной.

### 1.3 МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ В ПОЧВЕ

#### 1.3.1 ХЛОРИДЫ

Требуются титрованные, приблизительно 0,1 н. растворы нитрата серебра и хлорида натрия и 1 %-ный раствор хромата калия, свободного от хлоридов. Титрованные растворы готовят так, чтобы они были эквивалентными. Титр раствора нитрата серебра должен быть установлен по отдельным навескам сухого чистого хлорида натрия, который растворяют и титруют этим же методом.

Приготавливают 100 мл нейтрально или слабо уксуснокислого раствора, содержащего ацетат аммония. Раствор должен содержать приблизительно 0,1 г хлорид - ионов. К раствору, переведенному в фарфоровую чашку, прибавляют 1 мл 1 %-ного раствора хромата калия (свободного от хлоридов) и затем медленно, хорошо перемешивая, прибавляют титрованный нейтральный раствор нитрата серебра. Под конец нитрат серебра вводят очень медленно, до появления исчезающей красной окраски. После этого по каплям при сильном перемешивании прибавляют эквивалентный раствор хлорида натрия до исчезновения этой окраски. Вычитают объем израсходованного раствора хлорида натрия из объема раствора нитрата серебра, пошедшего на титрование, и разность умножают на титр раствора.

#### 1.3.2 СУЛЬФАТЫ

После фильтрации перед непосредственными экспериментами по определению содержания сульфат-ионов в почвенной вытяжке проводят предварительный опыт, позволяющий приблизительно оценить количество сульфат-ионов в растворе и взять для анализа адекватное количество раствора.

Для первичной пробы к 5 мл водной вытяжки добавляют 2 капли 10%-ной соляной кислоты (важно, чтобы в ней не было никаких примесей серной кислоты, поскольку это зависит концентрацию сульфат-ионов). Серная кислота добавляется для разрушения возможных карбонатов и бикарбонатов водной вытяжки, которые дают такой же белый осадок, как тот, по которому мы будем идентифицировать наличие сульфатов. К полученному раствору добавляется 2-3 капли 5%-го раствора хлорида бария, все перемешивается до образования осадка. По количеству и характеру полученного осадка оценивают содержание сульфат - ионов и размер необходимой для анализа пробы согласно следующей таблице:

вид осадка	содержание сульфат-ионов в водной вытяжке, мл/100 мл	процентное содержание сульфат-ионов в почвенном образце, г/100 г почвы	требуемый объем вытяжки для количественного определения сульфат-ионов, мл
большой осадок, быстро оседающий на дно	более 59	десятые доли	5
сразу появляющееся замутнение в пробирке	10 - 1	сотые доли	25
легкое, постепенно исчезающее замутнение в пробирке	1 - 0,5	тысячные доли	50 и более, в зависимости от скорости растворения осадка

### 1.3.3 НИТРИТЫ И НИТРАТЫ

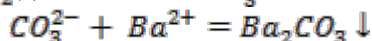
Переносят в фарфоровую чашку 100 мл анализируемого раствора, а в случае содержания больших количеств нитратов такой объем, в котором содержится от 0,01 до 0,05 мг нитратного азота. Прибавляют 0,04 н. или 0,02 н. серную кислоту в количестве, достаточном для почти полной нейтрализации щелочи, а затем добавляют титрованный раствор сульфата серебра (свободного от нитратов) с таким расчетом, чтобы в растворе осталось около 0,5 мг хлора (содержание хлора предварительно определяют в отдельной порции раствора).

Нагревают раствор до кипения, прибавляют немного пасты гидроокиси алюминия, фильтруют и промывают осадок небольшим количеством воды. Фильтрат выпаривают досуха, прибавляют 2 мл фенолдисульфонового реактива и растирают стеклянной палочкой. Если получается компактный или стекловидный остаток, нагревают несколько минут на водяной бане, разбавляют дистиллированной водой и медленно прибавляют концентрированный 10 – 12 н. раствор едкого кали до получения окраски максимальной интенсивности. Переносят раствор в цилиндр для колориметрирования, фильтруя, если это требуется, и сравнивают окраску раствора с окраской стандартных растворов нитрата калия.

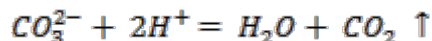
Нитриты следует превратить в нитраты кратковременным нагреванием анализируемого раствора и добавлением несколько раз по несколько капель перекиси водорода (свободной от нитратов). На образовавшийся при этом нитрат необходимо ввести поправку.

### 1.3.4 КАРБОНАТЫ

*Реакция с хлоридом бария.*  $BaCl_2$  дает с ионом  $CO_3^{2-}$  белый осадок  $BaCO_3$  (в ионном виде):



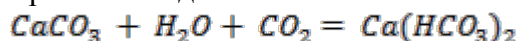
*Реакция с кислотами.* Разбавленные кислоты разлагают соли угольной кислоты с выделением  $CO_2$  (в ионном виде):



Выделяющуюся двуокись углерода можно обнаружить по помутнению известковой или баритовой воды:



Если исследуемый раствор содержит много карбоната, муть  $CaCO_3$  может, однако, быстро исчезнуть из-за образования растворимой в воде кислой соли:



## 2. ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ПОЧВ АЭРОДРОМА

### 2.1 МОНИТОРИНГ ПОЧВ

Мониторинг состояния почв предназначен для регулярных наблюдений за химическим загрязнением почв, их состоянием; обеспечивает сбор, передачу и обработку полученной информации в целях своевременного выявления негативных процессов, прогнозирования их развития, предотвращения вредных последствий и определения степени эффективности осуществляемых природоохранных мероприятий.

В отличие от воды и атмосферного воздуха, которые являются лишь миграционными средами, почва является наиболее объективным и стабильным индикатором техногенного загрязнения. Она четко отражает эмиссию загрязняющих веществ и их фактического распределения в компонентах городской территории. Наиболее крупные промышленные города, к которым относится и Волгоград, образуя обширные зоны загрязнений, постепенно превращаются в сплошные техногенные территории, представляющие серьезную опасность для здоровья проживающего на них населения.

В этой связи, постоянное наблюдение за содержанием промышленных токсикантов в почвах и тенденцией их содержанием является наиболее актуальным.

### 2.2 СИСТЕМА И СТРУКТУРА МОНИТОРИНГА ПОЧВ

Высокие уровни загрязнения всех компонентов окружающей среды и необходимость в детальной информации о состоянии биосферы заставляют вести постоянные наблюдения за содержанием тех или иных загрязняющих веществ в окружающей среде, то есть мониторинг и, в частности, мониторинг земель.

Мониторинг земель представляет собой систему наблюдений за состоянием земельного фонда для своевременного выявления изменений, их оценки, прогноза, предупреждения и устранения последствий негативных процессов.

Идея мониторинга окружающей человека природной среды и сам термин “мониторинг” появились в 1971 г. в связи с подготовкой к проведению Стокгольмской конференции ООН по окружающей среде. На первом Межправительственном совещании по мониторингу (Найроби, 1979г) мониторингом было принято называть систему повторных наблюдений одного или более элементов окружающей природной среды в пространстве и во времени с определенными целями в соответствии с заранее подготовленной программой.

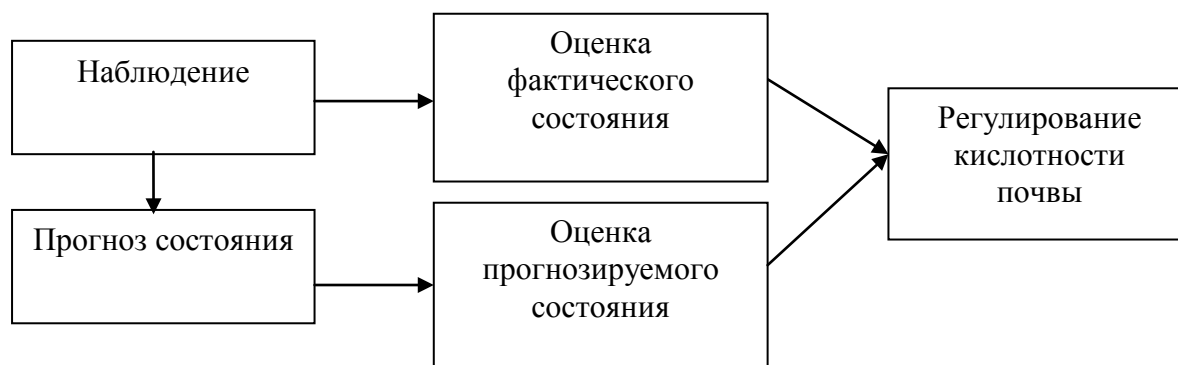
*Объектом мониторинга* являются земли аэродрома Баратаевка.

*Цель мониторинга* - информационное обеспечение, управление природоохранной деятельностью и экологической безопасностью аэропорта Баратаевка.

*Задачами мониторинга* земель являются:

1. своевременное выявление изменений состояния земель:
  - оценка этих изменений
  - прогноз и выработка рекомендаций о предупреждении и об устранении последствий негативных процессов;
2. обеспечение информацией о состоянии окружающей среды в части состояния земель аэропорта Баратаевка.

### Схема проведения мониторинга



Способы экологического экспресс-анализа и мониторинга почвы напрямую или косвенно связаны с водородным показателем данной среды, рН которой может быть определен рН-метром. Благодаря рН-метру люди могут измерять кислотность среды и по полученным данным предпринимать действия адекватные создавшейся ситуации, то есть повышать или понижать кислотность среды любой системы.

### 2.3 ВОДОРОДНЫЙ ПОКАЗАТЕЛЬ рН

Произведение концентраций водородных и гидроксильных ионов в химически чистой воде является постоянной величиной, равной  $10^{-14}$  при температуре  $25^{\circ}\text{C}$ . Оно остается неизменным и в присутствии веществ, диссоциирующих с образованием водородных и гидроксильных ионов. В чистой воде концентрации водородных и гидроксильных ионов равны  $10^{-7}$  моль/куб. дм., что соответствует нейтральному состоянию раствора. В кислых растворах  $[H^{+}] > 10^{-7}$  моль/куб. дм., а в щелочных  $[H^{+}] < 10^{-7}$  моль/куб. дм.

Для удобства выражения концентрации водородных ионов в воде используют величину, представляющую собой взятый с обратным знаком десятичный логарифм их концентрации. Эта величина называется водородным показателем и обозначается рН ( $\text{pH} = -\lg [H^{+}]$ ).

Величина рН является одним из важнейших показателей качества вод и характеризует состояние кислотно-основного равновесия воды. От величины рН зависит развитие и жизнедеятельность водной биоты, формы миграции различных элементов, агрессивное действие воды на вмещающие породы, металлы, бетон. Величина рН может меняться в широких пределах из-за наличия в их составе сильных кислот или оснований.

Измерение рН осуществляют потенциометрическим методом с помощью соответствующих приборов – рН-метров (ионометров).



## 2.4 АНАЛИЗ КИСЛОТНОСТИ ПОЧВЫ В ПОЧВЕННЫХ ПРОБАХ АЭРОДРОМА И ПРИАЭРОДРОМНОГО РАЙОНА И ОРГАНИЗАЦИЯ КОНТРОЛЯ ПОЧВ АЭРОДРОМНОГО КОМПЛЕКСА

Показания рН-метра выражаются величиной водородного показателя рН, который определяется как отрицательный логарифм активности ионов водорода. С помощью этих показаний можно определить кислотность исследуемой среды. В качестве среды могут выступать: почва, вода, воздух и др. Показатели кислотности для различных видов почв показаны в таблице 1. В таблицах 2 и 3 показаны данные качественного анализа почв аэродрома «Ульяновск - Баратаевка» на загрязнители и их кислотность. На рис.1. показаны места забора проб на ВПП.

Таблица 1.

Кислые почвы		Нейтральные почвы	Щелочные почвы	
сильнокислые	рН 4 и менее		рН 6 -7	слабощелочные
среднекислые	рН 4-5	среднещелочные		рН 8-8,5
слабокислые	рН 5-6	сильнощелочные		рН 8,5 и более

Таблица 2.

Взлетная полоса		рН*	Ионы			-	-
			Cl <sup>-</sup>	-	-		
Начало	Верхний слой	7,15	следы	-	следы	следы	следы
	Средний слой	7,58	следы	-	следы	следы	следы
	Нижний слой	7,51	много	следы	следы	следы	следы
Середина	Верхний слой	7,36	следы	-	слабые следы	почти нет	почти нет
	Средний слой	7,48	следы	-	слабые следы	следы	следы
	Нижний слой	7,53	много	-	следы	много	много
Конец	Верхний слой	7,36	много	-	следы	почти нет	почти нет
	Средний слой	7,50	следы	-	следы	следы	следы
	Нижний слой	7,27	следы	следы	много	много	следы

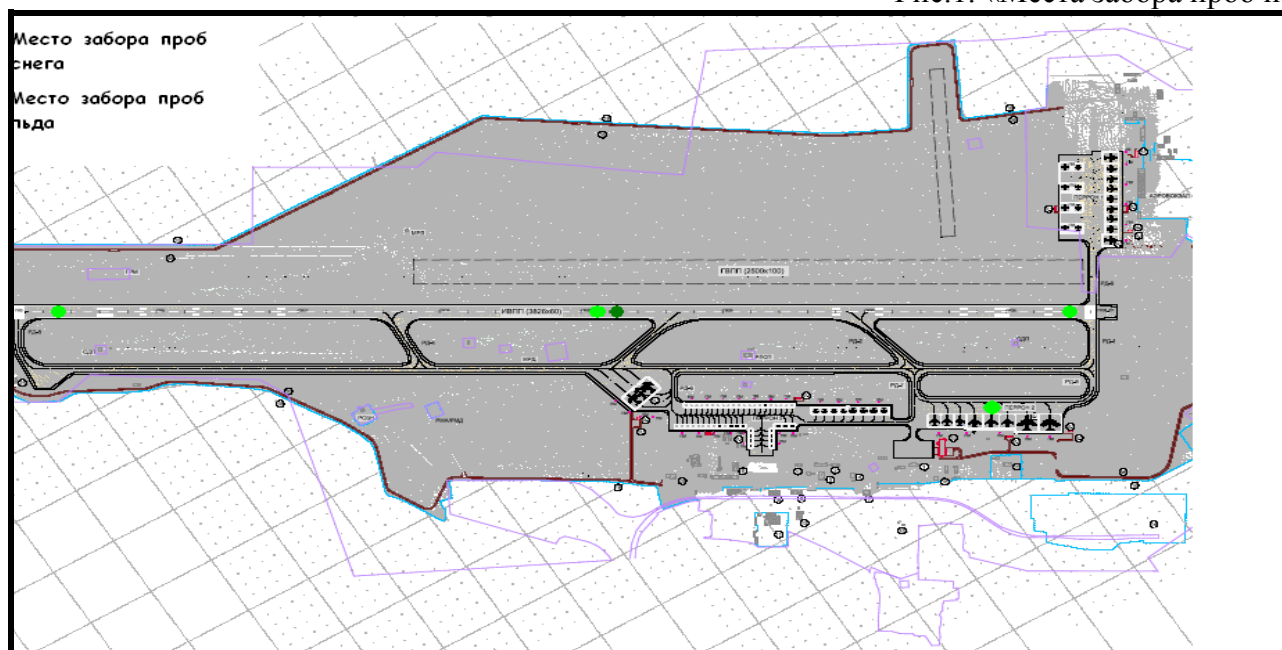
Таблица 3.

		рН*	Ионы			-	-
			Cl <sup>-</sup>	-	-		
Стоянка	Верхний слой	7,25	-	-	почти нет	почти нет	почти нет
	Средний слой	7,32	следы	-	следы	следы	следы
	Нижний слой	7,42	следы	-	следы	следы	следы

Взлетная полоса (лед)	7,75	следы	-	следы	почти нет	почти нет
-----------------------	------	-------	---	-------	-----------	-----------

\*Вычисление и обработка результатов анализа осуществлялась через среднее арифметическое параллельных определений с погрешностью (в среднем) 1%. Исследования проводились по известным методикам.

Рис.1. «Места забора проб на ВПП»



#### *Вывод по исследованиям*

Наибольшее количество загрязнений находится в нижней части снегового покрова следовательно количество загрязняющих веществ зависит от частоты полетов и обработки полосы противогололедными средствами.

#### *План устранения загрязнения в зоне аэропортов:*

1. Мониторинг почв на присутствие загрязнителей
2. Мобильная передача и экспресс - анализ полученных данных
3. Рекомендации к принятию мер для приведения кислотности почвы в норму и устранению загрязнения
4. Вывод экономической составляющей

## **2.5 РАСЧЕТ ЭКОНОМИЧЕСКИХ СОСТАВЛЯЮЩИХ**

Количество нейтрализатора равно количеству вещества загрязнителя и равно произведению концентрации вещества на площадь загрязнения. Стоимость нейтрализатора для извести (кислая

среда) определяется формулой (1):

$$A = (6,5 - p) * C * X, \quad (1)$$

A для компоста (щелочная среда) - по формуле (2):

$$A = (p - 6,5) * C * X, \quad (2)$$

где p- измеренное значение pH почвы;

C- стоимость одного килограмма извести;

X- площадь почвы, нуждающаяся в удобрении.

Для получения рекомендаций о способах отчистки среды была разработана программа на языке VBA.

## 2.6 МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

Согласно теории поверхностного горения, предложенной и разработанной К.И.Щелкиным, реагирование в турбулентном потоке происходит в бесконечно тонком слое, сильно искривленном под воздействием турбулентных пульсаций. При этом увеличение скорости горения обусловлено пульсационной составляющей скорости потока:  $U = U_n + W'$ , где  $U_n$  – нормальная скорость распространения пламени,  $W'$  – пульсационная составляющая скорости.

Дальнейшее развитие этот подход получил в работах А.В.Талантова и его учеников, в которых было установлено, что на процесс распространения пламени влияет также степень подогрева и отношение  $\frac{W'}{U_n}$  :

$$U_T = A \theta U_n + \frac{AW'}{\sqrt{\ln\left(1 + \frac{W'}{U_n}\right)}}, \text{ где } \theta = \frac{T_z}{T_o} - \frac{\text{температура в зоне горения}}{\text{начальная температура}},$$

где A – постоянный коэффициент, равный  $A = 2,4$ .

Согласно теории объемного горения, развитой Е.С.Щетинковым, горение отдельных молей топливоздушной смеси происходит не на поверхности, а в объеме, а распространение пламени достигается за счет турбулентного смешения этих молей. При этом горение топливоздушной смеси протекает по законам химической кинетики.

На практике наиболее широкое применение при расчетах прямоточных камер сгорания ТРД нашел поверхностный механизм горения, в котором для оценки характеристик пламени использовались такие параметры, как длина зоны горения, время сгорания, толщина турбулентного фронта пламени. Подробно рассмотрено влияние на них различных внешних факторов.

Применение поверхностного механизма в основных камерах сгорания затрудняется тем, что горение сопровождается изменением состава топливоздушной смеси по длине жаровой трубы вследствие дозированного поступления вторичного воздуха и отдельной подачи топлива и воздуха за фронтовым устройством. В то же время использование теории гомогенного реактора, основанного на объемном механизме горения, не позволяет выявить влияние на основные характеристики КС таких факторов, как скорость потока, неравномерность распределения воздуха и топлива по длине жаровой трубы.

В связи с этим возникла необходимость моделирования процесса горения в основных КС на основе поверхностной модели, позволяющей помимо кинетических факторов выявить влияние на процессы реагирования гидродинамических параметров.

## Заключение

В процессе выполнения работы получены следующие результаты:

1. Проведены работы по забору проб и определению кислотности почв и снега на территории аэродрома «Ульяновск - Баратаевка».
2. Предложены рекомендации для приведения кислотности почвы аэродрома «Ульяновск - Баратаевка» в норму.
3. Рассчитаны экономические составляющие для устранения загрязнения.
4. Разработаны диагностические тестовые задания для повышения качества познания учебного процесса.
5. Разработана схема отслеживания динамики изменения кислотности почв в различные времена года:  
Весна – осень: не реже, чем раз в неделю;  
Зима: не реже, чем раз в месяц.

#### **Список использованных источников**

1 Коровин, Н.В. Общая химия. – М.: Высшая школа, 2005. – 357 с.

2 Яманчев В.А. Исследование загрязненности почвы у аэропортов с применением метода экологического мониторинга рН - метрии / В.А. Яманчев // Молодежный инновационный форум Приволжского федерального округа сб. аннотаций проектов: Ульяновск: УлГТУ, 2010. – с. 347.

3 Яманчев, В.А. Исследование загрязненности среды с применением методов рН - метрии / В.А. Яманчев // Проведение научных исследований в области обработки, хранения, передачи и защиты информации сб. науч. тр.: в 4 т. – Т. 1. Ульяновск : УлГТУ, 2009. – с. 71-76.

4 Яманчев В.А. Использование информационно – коммуникационной технологии для реализации межпредметных связей / В.А. Яманчев // Проблемы подготовки специалистов для гражданской авиации и повышения эффективности работы воздушного транспорта сб. материалов международной научно – практической конференции: Ульяновск: УВАУ ГА, 2010. – с. 112-113.

5 Промышленная экология: Инженерная защита биосферы от воздействия воздушного транспорта: Учеб. пособие / Н.Е. Николайкина, Н.И. Николайкин, А.М. Матягина. – М.: ИКЦ «Академкнига», 2006. – 239 с.