

## К ВОПРОСУ О ЧИСЛЕННОМ РЕШЕНИИ ЗАДАЧИ О ВОЗДЕЙСТВИИ ПРИРОДНЫХ ПОЖАРОВ НА ПРИЗЕМНЫЙ СЛОЙ АТМОСФЕРЫ

*Т.А. Белькова, аспирант*

*Томский политехнический университет*

*634050, г. Томск пр. Ленина 30*

*E-mail: t-belkova@list.ru*

**Аннотация:** В процессе горения растительности в атмосферу ежегодно поступает большое количество различных компонентов, которые так или иначе влияют на атмосферные процессы и оказывают воздействие на экологические процессы. С целью определения количества выбросов углеродов в атмосферу при лесных пожарах использована математическая модель верхового пожара, основанная на законе сохранения массы, импульса и энергии. Настоящая модель позволяет описать различные условия распространения лесных пожаров с учетом погодных условий и влагосодержания лесных горючих материалов. Предлагаемая модель дает подробную картину изменения градиента температуры и концентрации компонентов ( $O_2$ ,  $CO_2$ ,  $CO$ ).

**Abstract:** In the process of burning of vegetation a large number of various components which anyway influence atmospheric processes annually comes to the atmosphere and make impact on ecological processes. For determination of carbon emissions in the atmosphere at wildfires the mathematical model of the riding fire based on conservation law of weight, an impulse and energy is used. The model allows describing various conditions of distribution of wildfires taking into account weather conditions and moisture content of forest combustible materials. This model gives a detailed picture of change of a temperature gradient and concentration of components ( $O_2$ ,  $CO_2$ ,  $CO$ ).

Одним из наиболее опасных негативных факторов растительных пожаров является загрязнение приземного слоя атмосферы. Лесные и низовые пожары, которые нередко являются причиной возникновения торфяных пожаров, создают мощные восходящие потоки воздуха, которые распространяют продукты горения на десятки километров. При отсутствии таких потоков происходит загрязнение лишь приземного слоя атмосферы. Дым от таких пожаров крайне опасен для людей с заболеваниями органов дыхания и сердечнососудистой системы и может вызывать летальный исход.

Установлено, что максимумы эмиссии сажевых частиц атмосферы в различных районах Северного полушария от лесных пожаров зафиксировано в весеннее (март-май) и осеннее время (сентябрь-ноябрь) в дневное время суток. Особое внимание уделяется исследованию взрывной генерации сверхмалых аэрозольных частиц "нуклеационный всплеск" (НВ), механизмы и факторы образования и протекания данного процесса пока не изучены.

При горении биомассы выделяется большое количество газовых и аэрозольных продуктов, причем особое внимание уделяется изучению дымовой аэрозольной эмиссии, поскольку аэрозольные частицы участвуют во многих важных процессах, происходящих в атмосфере. Аэрозоль способен влиять на радиационный режим атмосферы, аэрозоль субмикронных размеров воздействует на процесс конденсации воды в атмосфере, формирование облачности, а также воздействует на гидрологический режим атмосферы в целом.

Влияние токсичных компонентов дыма на человека может вызывать функциональные сдвиги в нервной и ферментных системах, обмене веществ, а также приводить к увеличению уровня заболеваемости населения болезнями органов дыхания, сердечнососудистой системы, аллергических и иных патологий. Установлено, что с каждым удвоением степени загрязнения атмосферного воздуха его неспецифическое влияние проявляется приростом общей заболеваемости населения на 20 %, органов дыхания - на 25 %, раком легких - на 5 %.

Существенным аспектом проблемы негативного воздействия загрязнения атмосферы на здоровье человека является почти не изученное ранее направление оценки влияния длительной естественной задымленности вследствие лесных пожаров. Широкомасштабные исследования в данном направлении не проводились ни в нашей стране, ни за рубежом ввиду относительной редкости существования (до последних двух десятилетий) в природных условиях длительных и распространенных пожаров значительной интенсивности. Однако события последнего времени, обусловленные глобальным потеплением климата и продолжающимся интенсивным освоением человеком обширных лесных массивов, когда все чаще стали возникать масштабные лесные пожары, такие как на Дальнем Востоке России, Австралии, Португалии, США, Греции и других странах в 2002-2007 годах, весьма актуализировали проблему оценки медицинских последствий пожаров, разработку профилактических и лечебно-тактических действий при их возникновении и появлении задымления.

Стоит отметить, что горению наиболее подвержены хвойные породы деревьев (сосна, кедр). Однако данные породы деревьев являются одними из самых распространенных в Томской области. Это также влияет на скорость распространения пожаров, степень потери древесины и, как следствие, на увеличение эколого-экономического ущерба.

Ситуация с пожарами ухудшена изменениями в лесном хозяйстве. В последнее время сокращено количество работ по мониторингу и авиатрулированию лесов и торфяников, истощена материально-техническая база и сокращен кадровый состав лесопожарных служб. Все это ведет к невозможности своевременного и эффективного прогнозирования, локализации и тушения пожаров что, как следствие, влияет на увеличение наносимого пожарами ущерба.

В связи со сложностями в тушении торфяных пожаров альтернативным способом борьбы может стать мониторинг и своевременное их прогнозирование. Однако осуществление мониторинга необходимо производить на сложных и труднодоступных местах, которые простираются на сотни тысяч гектаров.

Очаги горения торфа сложнее выявляются дистанционными методами по сравнению с лесными пожарами и травяными палами. Стандартные системы дистанционного мониторинга торфяных пожаров, основанные на космических снимках, выявляют торфяные пожары, когда те уже приобрели катастрофические масштабы. В пожароопасный сезон (с мая по сентябрь) системы определяют ложные "термоточки" в местах прогревания почвы и на торфяных гарях. Однако такие системы позволяют с высокой долей вероятности определять места возникновения горения. Зарубежные системы типа FIRMS, SFMS и отечественная система ИСДМ-Рослесхоз позволяют выявлять подавляющее большинство пожаров. Но в любом случае остается какая-то часть пожаров, которую невозможно выявить стандартными дистанционными методами, и которые можно обнаружить только при использовании космических снимков высокого разрешения (позволяющих обнаружить дым или термоточки очень малой площади), при авиационном или наземном обследовании осушенных торфяников и заборошенных торфяных месторождений.

Уровень пожарной опасности в лесах на территории России определяется в соответствии с критерием В.Г. Нестерова, который основан на метеорологических условиях. Однако определение влажности напочвенного покрова подобным образом возможен лишь с большими погрешностями, а определить уровень влажности торфа и лесной подстилки таким образом не представляется возможным. С помощью указанного критерия возможно лишь оценить и спрогнозировать критические уровни пожарной опасности (высокий и чрезвычайно высокий уровни), поскольку только в данном случае огонь не только распространяется по поверхности, но начинает гореть "вглубь". Помимо этого, необходимо учитывать неравномерность высыхания лесной подстилки.

С целью определения количества выбросов углеродов в атмосферу при лесных пожарах использована математическая модель верхового пожара, основанная на законах сохранения массы, импульса и энергии. Для описания процессов распространения лесного пожара и переноса в приземном слое атмосферы используется сопряженная постановка задачи. Дискретный аналог получен с помощью метода конечного объема. В результате численных расчетов получены пространственные распределения полей скорости, температуры и концентраций компонентов газовой фазы в различные моменты времени как в пологе леса, так и в приземном слое атмосферы. На основе полученных данных удалось получить подробную картину распространения фронта лесного пожара и определить общее количество выбросов CO и CO<sub>2</sub> в приземный слой атмосферы во время процесса горения. В результате исследования получены следующие данные: в начале возгорания преобладают выбросы CO<sub>2</sub>, а с увеличением скорости ветра до 5 м/с - CO. CO<sub>2</sub> образуется при сгорании продуктов газообразного и конденсированного пиролиза, а CO выделяется вместе с продуктами пиролиза. Очевидно, что при увеличении скорости ветра некоторые продукты пиролиза не успевают реагировать и выполняются из области повышенной температуры.

Математическая модель дает возможность описать различные условия распространения верховых лесных пожаров с учетом различных метеорологических условий, состояния лесных горючих материалов. Это позволяет применять данную модель как для прогнозирования распространения природных пожаров, так и для оценки выброса продуктов пиролиза и горения в приземный слой атмосферы.

Настоящая работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ - Томская область (код проекта: №16-41-700022) и гранта программы повышения конкурентоспособности Томского политехнического университета.

Список литературы:

1. Гришин А.М. Математические модели лесных пожаров и новые способы борьбы с ними. - Новосибирск: Наука, 1992. - 408 с.
2. Патанкар С.В. Численные методы решения задач теплообмена и динамики жидкости. - М.: Энергоатомиздат, 1984.
3. Пасько О.А. Оценка лесных ресурсов: учебное пособие / О.А. Пасько; Томский политехнический университет. - Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2011. - 128 с.
4. Главное управление МЧС России по Томской области [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://70.mchs.gov.ru/folder/1464314> (дата обращения: 09.09.2018).
5. Perminov V.A., 2018. Mathematical Modelling of Wildland Fires Initiation and Spread Using a Coupled Atmosphere-Forest Fire Setting, Chemical Engineering Transactions, 70, 1747-1752.

### МОДИФИКАЦИЯ ПРИРОДНЫХ ЦЕОЛИТОВ ДЛЯ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ОТ БИОГЕННЫХ ЗАГРЯЗНЕНИЙ

*А.Л. Новикова аспирант, О.Б. Назаренко д.т.н., проф,  
Национальный исследовательский Томский политехнический университет,  
634050, г. Томск, пр. Ленина 30,  
E-mail: furia.08@mail.ru*

**Аннотация:** В данной статье исследуются существующие методы модификации природных цеолитов, а именно, модификация раствором неорганических солей, модификация с кислотной/основной обработкой и гидротермической обработкой цеолитов. Исследования показали, что для сорбции анионов больше подходит модификация неорганическими солями.

**Abstract:** This article studies the existing methods of modification of natural zeolites, namely, modification with a solution of inorganic salts, modification with acid/basic treatment and hydrothermic treatment of zeolites. Studies have shown that the modification with inorganic salts is more suitable for the sorption of anions.

Наличие загрязняющих веществ в сточных водах – серьезная экологическая проблема, и их удаление с применением цеолитов на сегодняшний день активно исследуется. Природные цеолиты являются экологически безопасными и экономически выгодными гидратированными алюмосиликатными материалами, которые обладают исключительными ионообменными и сорбционными свойствами. Их эффективность в различных технологических процессах зависит от их физико-химических свойств, которые тесно связаны с их геологическим происхождением. Пористая структура дает природным цеолитам различные возможности применения.

Для увеличения эффективности возможна модификация природных цеолитов. Модификация может осуществляться несколькими методами, такими как кислотная обработка, ионный обмен, и функционализация поверхности сурфактантом. Модифицированные цеолиты показывают высокую адсорбционную активность как для катионов так и для анионов.

В данной работе нами проведен анализ литературы о возможности модификации природных минералов цеолитов для очистки сточных вод от биогенных элементов. Для увеличения эффективности и проведения очистки от анионов необходимо выполнить модификацию, которая может осуществляться несколькими методами.

Модификация растворами неорганических солей.

Химическая модификация неорганическими солями ( $\text{NaCl}$ ,  $\text{CaCl}_2$ ,  $\text{BaCl}_2$ ,  $\text{NH}_4\text{Cl}$ ,  $\text{FeCl}_3$ ) или катионными сурфактантами (НДТМА) улучшает свойства цеолита и повышает его эффективность при водоочистке [1-5]. Успешная модификация поверхности цеолита происходит под воздействием высококонцентрированных растворов неорганических солей. В нормальных условиях большие полости и входы к каналам внутри цеолитового каркаса заполнены молекулами воды, образующими гидратационные сферы вокруг сменных катионов. После контакта цеолита с раствором неорганической соли, такой как  $\text{NaCl}$ , происходит обмен катионов ( $\text{H}^+$  или  $\text{Na}^+$ ) из раствора на обменные катионы из цеолитового каркаса ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ).

Для удаления анионов из воды поверхность цеолита должна быть модифицирована раствором неорганических солей (например,  $\text{FeCl}_3$ ) адсорбция которых на поверхности цеолита приводит к образованию оксидов-гидроксидов, которые затем образуют устойчивые комплексы с анионами в растворе. Эта модификация может привести, в меньшей или большей степени, к созданию адсорбционного слоя на поверхности цеолита и модификации поверхностного заряда на поверхности цеолита