

**Климов Юрий Павлович**, председатель Совета ветеранов войны и труда Министерства машиностроения СССР, адрес: Москва, Университетский проспект, д.4 Тел.: +7(916)210-81-95; 8(916)268-61-18.

**Левицкий Владимир Николаевич**, научный сотрудник ООО «Звездный», адрес: Москва, Хорошевское шоссе, д.10, Тел.+7(916)556-12-46.

**Прохоров Алексей Андреевич**, зам. директора ООО «Звездный, адрес: Пермский край, г. Пермь, ул. Закамская, д.31, Тел.+7(902)479-70-34.

**Селицкая Татьяна Васильевна** зам. генерального директора ООО «НПП «ГЛИФ ИНЖПРИБОР», адрес: Московская обл., г. Краснозаводск, ул. 40 лет Победы, д. тел. +7(915)492-83-74.

УДК 330.46

DOI: 10.36535/0869-4176-2020-02-8

## ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАГРЯЗНЕННОСТИ РЕЧНОЙ ВОДЫ ОТХОДАМИ ПОЛИГОНОВ ТБО

Кандидат физ.-мат. наук **Л.Р. Борисова**  
Финансовый университет при Правительстве РФ,  
Московский физико-технический институт (государственный университет)

Доктор сельхоз. наук, кандидат техн. наук **Ю.В. Подрезов**  
ФБГУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ)  
Московский физико-технический институт

*Исследована проблема мусора в целом и загрязненности речной воды отходами полигонов ТБО. Проанализирована динамика биохимического потребления кислорода - одного из показателей загрязненности речной воды. Рассмотрены особенности формирования водного баланса и расчета объемов фильтрационных вод полигона. Выполнен анализ внешних и внутренних факторов формирования водного баланса полигона.*

**Ключевые слова:** биохимическое потребление кислорода, вода, загрязненность речной воды, кислород, отходы, регрессионные модели, скользящее среднее, экспоненциальное сглаживание, фильтрация.

## INVESTIGATION OF RIVER WATER POLLUTION BY LANDFILL WASTE

Ph.D. (Phys.-Mat.) **L.R. Borisova**  
Financial University under the Government of RF,  
Moscow Institute of physics and technology (state University)

**Dr. of agricultural sciences, Ph.D (Tech) J.V. Podrezov**  
**FC VNI GOCHS EMERCOM of Russia**  
**Moscow Institute of physics and technology (state University)**

*The problem of garbage in General and pollution of river water by waste landfills. The dynamics of biochemical oxygen consumption - one of the indicators of river water pollution-was analyzed. Features of formation of water balance and calculation of volumes of filtration waters of the ground are considered. The analysis of external and internal factors of formation of water balance of the polygon is executed.*

**Keywords:** biochemical oxygen consumption, water, river water pollution, oxygen, waste, regression models, moving average, exponential smoothing, filtration.

Как показывают результаты проведенных исследований, человек в процессе жизнедеятельности оставляет большое количество отходов. Когда люди были ближе к природе, они оставляли после себя преимущественно органический мусор, который разлагался за относительно короткий период. Но с развитием промышленности и крупных городов люди столкнулись с проблемой утилизации отходов. Ведь изначально люди не знали, как утилизировать, а просто выбрасывали мусор из окон на улицу. До XIX века люди также сталкивались с проблемой отходов, но ущерба для экологии было сравнительно меньше – использовались натуральные материалы, которые легко разлагались, и не сильно загрязняли окружающую природную среду (воду, воздух, почву) [1-6].

В середине XIX века стала активно развиваться промышленность, человечество отказалось от ручного труда в пользу автоматизированного, большой шаг вперед сделали химическая промышленность и металлургия, повсеместно открывались фабрики и мануфактуры. В это же время запустили производство первых изделий из пластмассы. Экологическая проблема значительно обострилась 50-е годы прошлого века. На этом этапе было принято решение вывозить отходы из Европы в страны третьего мира. Это процесс был назван «Эмиграция мусора». Последствия такого процесса до сих пор видны на побережье Атлантического океана. Так началось распространение мусора на Земле.

Каждый житель крупного города ежегодно выбрасывает около 1 тонны мусора, чем наносит непоправимый вред экологии. Решением проблемы мусора является его переработка. Ведь около 70% отходов подлежит повторному использованию, что позволит сохранить ресурсы и уменьшить производственные затраты.

В настоящее время проблема утилизации мусора является одной из актуальнейших проблем не только в российской, но и в мировой экономике, грамотное ее решение важно для устойчивого развития многих стран, в том числе и нашей.

В качестве климатических данных для расчетов используются среднесуточные значения количества атмосферных осадков, температуры и абсолютной влажности воздуха. К технологическим данным относятся: интенсивность завоза отходов; толщина слоя отходов; плотность отходов в массиве полигона; общая высота полигона; толщина слоя временного изолирующего покрытия; срок эксплуатации полигона; емкость полигона; количество слоев отходов; площадь суточной карты полигона; площади оснований слоев отходов; сроки завершения эксплуатации отдельных слоев; приращение площади отходов (площадь суточной карты).

Проведенные расчеты образования фильтрата на полигонах Пермского края с использованием этих методик позволили получить ориентировочные данные по образованию слоя фильтрата (метров в год на квадратный метр поверхности) в ряде населенных мест

края. Так, для в г. Перми при слое осадков  $0,566 \text{ м/год}\cdot\text{м}^2$  слой фильтрата по расчетам составил  $0,2975 \text{ м/год}\cdot\text{м}^2$ , а соотношение расхода фильтрата к расходу осадков было равно  $0,5258$ .

Рядом с севером Пермского края расположены Республика Коми и юго-восток Архангельской области с похожими климатическими условиями.

Благодаря усилиям общественности, прежде всего, жителей юго-востока Архангельской области, а именно Ленского района, отложено строительство на станции Шиес крупного полигона, на территории которого предполагалось ежедневно перевозить по Северной железной дороге, и складировать огромное количество твердых бытовых отходов из Москвы.

О проведении расчетов, подтверждающих безопасность данного проекта, ничего не известно. Рядом с предполагаемым полигоном находится крупная река России Вычегда, которая впадает в Северную Двину, несущую свои воды в Белое море. Очевидно, что строительству полигона ТБО в Шиесе должна предшествовать тщательная экспертиза и расчет объема фильтрата при будущей эксплуатации полигона.

Все существующие модели, принятые для расчета нагрузки от полигонов бытовых отходов на экосистему, можно разделить на два класса: динамические модели распространения примесей в воздухе и воде и модели, учитывающие динамику основных биохимических показателей. Известно, что одним из основных таких показателей является содержание кислорода в воде. Именно биохимическое потребление кислорода (далее БПК) является одним из наиболее основных показателей, которые относятся к индикаторам неблагополучия, так как присутствующие в воде микробы используют растворенный в воде кислород для поддержания собственной жизни.

В одной из важных работ по рассматриваемой тематике приведены данные по динамике БПК реки М. Кокшага. Эти данные представлены в табл. 1 [1].

Для анализа этих данных используем модель авторегрессии – скользящего среднего (ARMA). Данная модель совмещает в себе две более простых модели – модель авторегрессии и модель скользящего среднего. Эта модель и модели авторегрессии, учитывающие сезонную компоненту, не дали хорошего согласования с данными. При аппроксимации линейной функцией, степенной функцией или полиномом получаются низкие коэффициенты детерминации ( $R^2 < 0,1$ ). Экспоненциальное сглаживание и линейная фильтрация показывают удовлетворительное совпадение с рассматриваемыми данными (рис. 1).

Можно сделать вывод, что только одного параметра для анализа загрязненности рек недостаточно. Надо, прежде всего, еще измерять динамику концентрации нитратов, нитритов, азота аммонийного, фенола и ряда других.

*Таблица 1*

**Данные по динамике БПК реки М. Кокшага**

|            |      |      |      |      |      |      |      |
|------------|------|------|------|------|------|------|------|
| Время, дни | 1    | 33   | 63   | 94   | 124  | 154  | 186  |
| БПК        | 6,25 | 2,32 | 3,40 | 2,94 | 2,03 | 2,90 | 8,48 |
| Время, дни | 216  | 244  | 274  | 288  | 311  | 334  | 365  |
| БПК        | 5,89 | 4,11 | 3,86 | 2,01 | 2,99 | 2,80 | 3,94 |
| Время, дни | 396  | 422  | 428  | 458  | 544  | 571  | 602  |
| БПК        | 2,34 | 2,30 | 4,40 | 4,56 | 4,90 | 4,97 | 3,80 |
| Время, дни | 641  | 659  | 690  | 720  | 749  | 780  | 810  |
| БПК        | 4,0  | 2,6  | 4,2  | 3,5  | 5,5  | 7,9  | 6,1  |

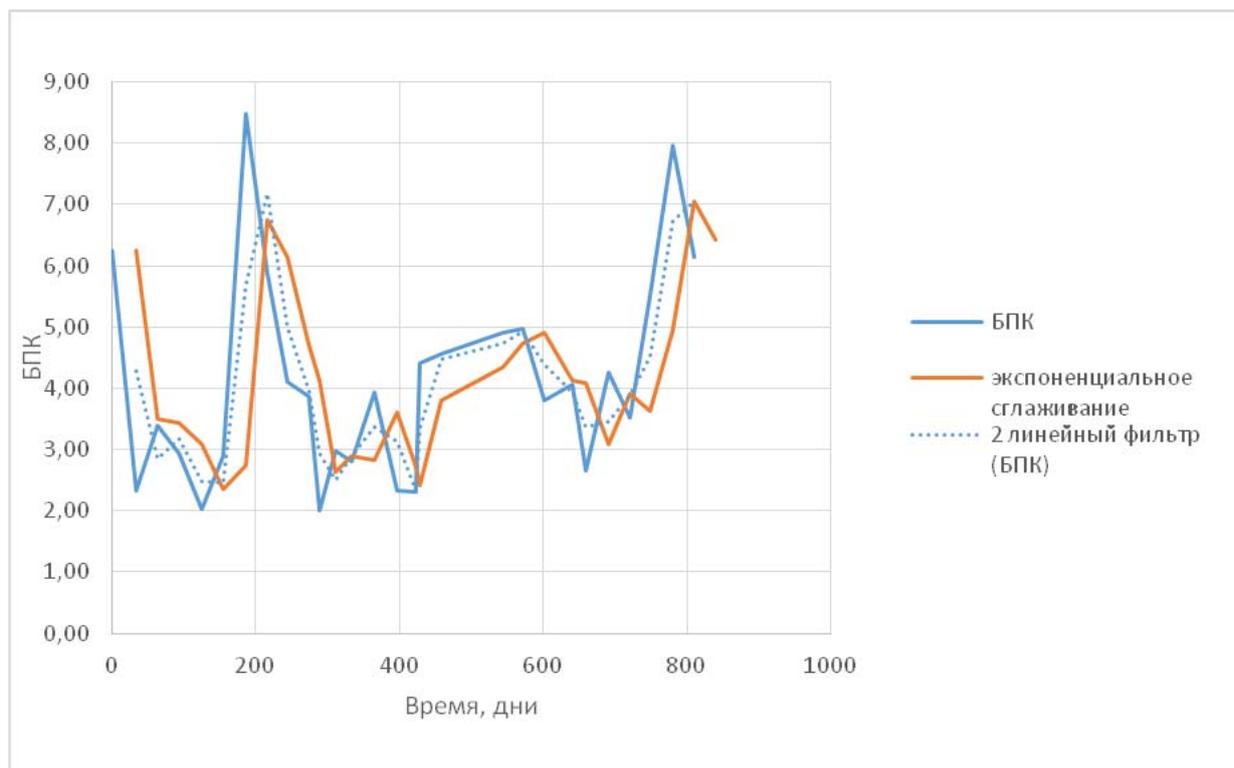


Рис. 1 Результаты экспоненциального сглаживания и линейной фильтрации данных динамики БПК реки М. Кокшага, где – линейный фильтр (пунктирная линия) и экспоненциальное сглаживание данных (параметры  $\alpha=0,76$ ,  $\beta=0,6$ ) [1]

Помимо изучения динамики основных показателей, характеризующих жизненный цикл отходов, можно построить динамическую модель распространения отходов при переносе их речными водами. Построим такую модель, рассматривая не только перенос веществ по воде, но и возможность их оседания на речное дно в процессе переноса.

Обозначим  $y(x, t)$  – концентрацию загрязняющих веществ как функцию двух переменных: времени и координаты (ось  $x$  направим по течению реки, по которой отходы с течением переносятся). Не ставим в данной статье задачу детального моделирования, так как не обладаем конкретными экспериментальными данными для построения математической модели, которую можно было бы верифицировать.

Сначала рассмотрим простую модель переноса вещества по одной координате с учетом изменения концентрации и во времени. Будем считать, что количество вещества не меняется согласно закону сохранения массы, то есть  $y(x, t)=C$ , где  $C$  – постоянная величина (*const*). Запишем полную производную переменной  $y(x, t)$  и приравняем ее к нулю.

$$\frac{\partial y(x,t)}{\partial x} \frac{dx}{dt} + \frac{\partial y(x,t)}{\partial t} = 0.$$

Данное уравнение является основой любой математической модели переноса отходов (по воздуху или по воде, не важно). В нем рассматривается однородная задача, исключая наличие источника примеси. Для реальной задачи моделирования загрязнения речной воды отходами ТБО будем рассматривать неоднородное дифференциальное уравнение первого порядка в частных производных. Пусть при значении координаты  $x_0$  в реку поступают отходы, концентрацию которых обозначим как функцию времени  $p(t)$ .

Также будем учитывать возможность осаждения отходов на дно реки со скоростью осаждения  $\sigma$ . Скорость переноса примеси по воде обозначим  $v(x)$ . Поставим граничное условие при  $x=x_0$  как функцию от поступающих в реку отходов от источника отходов и получим следующую задачу, которую исследуем численно при трех вариантах расчета.

$$\begin{cases} \frac{\partial y(x,t)}{\partial x} v + \frac{\partial y(x,t)}{\partial t} = -(\sigma + \frac{\partial y(x,t)}{\partial x})y, \\ y(x_0, t) = \frac{p(t)}{v(x_0)} \end{cases} \quad (1)$$

Результаты численного исследования представлены на рис.2.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что проблема распространения загрязняющих веществ по рекам является актуальной крупной научно – прикладной проблемой, требующей, учитывая большое скопление мусора на свалках по всей нашей стране, своего достаточно оперативного решения, в том числе и путем строительства новых полигонов с ТБО.

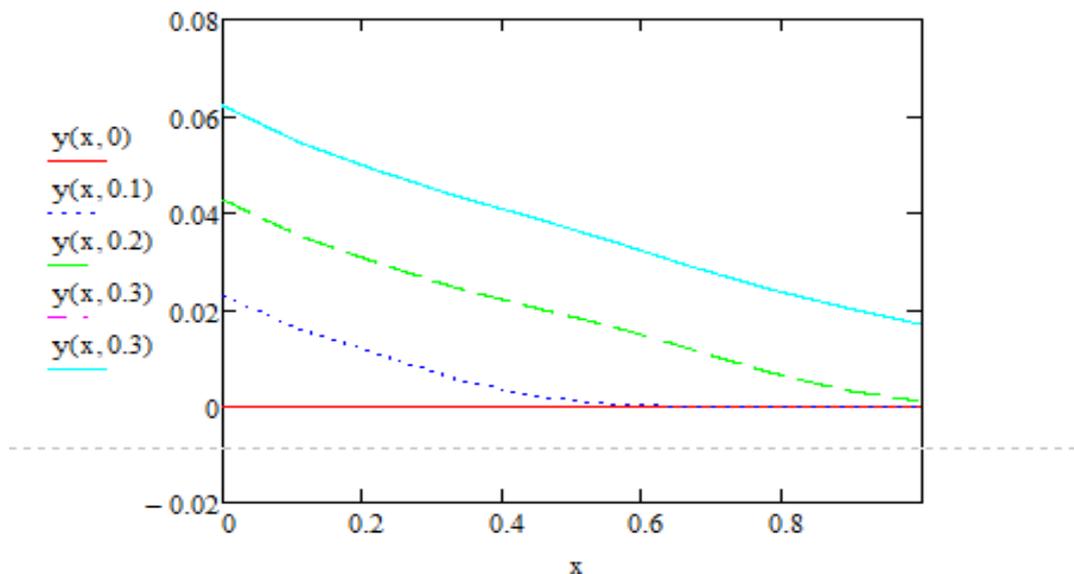


Рис. 2 Результаты расчетов по модели (1) при параметрах модели:  $v=5, \sigma=1$  при трех значениях времени и трех различных значениях начальной концентрации отходов, представленных в условных единицах

### Литература

1. Сибатуллина А.М., Мазуркин П.М. Измерение загрязненности речной воды (на примере малой реки Малая Кокшага). - М.: Акад. Естествознания. - 2009.
2. Подрезов Ю.В. Анализ особенностей загрязнения атмосферы городов. Журнал «Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций», №2 за 2013 год.
3. Агеев С.В., Подрезов Ю.В., Романов А.С., Юдин С.С. Особенности обеспечения экологической безопасности автомобильного транспорта. Журнал «Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций», №4 за 2013 год.

4. Подрезов Ю.В. Основные особенности формирования погодных процессов в атмосфере Земли. Журнал «Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций», № 5 за 2015 год.

5. Подрезов Ю.В., Борисова Л.Р. Регрессионные модели биолого-социальных чрезвычайных ситуаций в Российской Федерации за 2005-2016 годы. Журнал «Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций», № 6 за 2018.

### **Сведения об авторах**

**Борисова Людмила Робертовна**, доцент департамента анализа данных, принятия решений и финансовых технологий Финансового университета при Правительстве РФ; доцент кафедры «Высоких технологий в обеспечении безопасности жизнедеятельности» МФТИ (ГУ). Тел. 8-916-245-71-27 E-mail: borisovalr@mail.ru.

**Подрезов Юрий Викторович**, доцент, главный научный сотрудник научно-исследовательского центра ФГБУ ВНИИ ГЧС (ФЦ); заместитель заведующего кафедрой Московского физико-технического института (государственного университета). Тел.: 8-903-573-44-84; e-mail: uvp4@mail.ru;

УДК 614.824(082)

DOI: 10.36535/0869-4176-2020-02-9

## **К ОБЕСПЕЧЕНИЮ КОМПЛЕКСНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЙ, ИМЕЮЩИХ ОПАСНЫЕ ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ОБЪЕКТЫ**

**Кандидат техн. наук *Е.В. Гвоздев*  
Национальный исследовательский Московский государственный  
строительный Университет (НИУ МГСУ)**

**Доктор техн. наук *Ю.Г. Матвиенко*  
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт машиноведения им. А.А.Благонравова РАН**

*Рассматривается система комплексной техносферной безопасности, которую предложено создавать на предприятиях, имеющих опасные производственные объекты. Представлены концептуальные направления (задачи) для проведения исследований, в содержании которых вектор приоритета направлен в сторону минимизации (исключения) условий возникновения опасностей, что позволяет перевести рассматриваемую комплексную систему безопасности на новый качественный уровень управления.*

**Ключевые слова:** техносферная безопасность, система комплексной техносферной безопасности, связанность отраслевых подсистем безопасности, координационный орган управления.