

марганца, нефтепродуктов, фенолов, превышающие ПДК, а также были зафиксированы высокие показатели органического загрязнения.

Выводы: Таким образом, грунтовые воды на участке полигона практически не защищены от попадания загрязнения с поверхности, т.е. имеют низкую категорию защищенности. Пита-

ние подземных вод происходит за счет инфильтрации атмосферных осадков и производственных вод, вместе с которыми в подземные воды и попадают загрязняющие вещества. При этом часть вредных веществ, проходя через зоны аэрации может сорбироваться и накапливаться в них.

**«Рациональное использование природных биологических ресурсов»,  
Италия (Рим), 11-18 апреля 2014 г.**

**Биологические науки**

**ДИНАМИКА МИКРОБИОЦЕНОЗА  
НА ДЕГРАДИРОВАННЫХ ПОЧВАХ  
КАРАСАЙСКОГО ПОЛИГОНА ТВЕРДЫХ  
БЫТОВЫХ ОТХОДОВ АЛМАТЫ**

<sup>1</sup>Еликбаев Б.К., <sup>2</sup>Джамалова Г.А., <sup>3</sup>Свирко Е.А.

<sup>1</sup>Казахский национальный аграрный университет,  
Алматы, e-mail: bek29@bk.ru;

<sup>2</sup>Казахский национальный технический университет  
им. К.И. Сатпаева, Алматы

Известно [1], что в техногенных условиях ксенобиотии оказывают многогранное воздействие на химические и биологические свойства почв (повышают кислотность; снижают содержание обменных катионов и емкость обмена; уменьшают количество и запасы гумуса, общего азота и подвижных форм азота, фосфора; изменяют микробиоценоз), что отражается на взаимодействии биологического и геологического круговоротов, поскольку почва является узлом экологических связей биосферы. Взаимоотношения в системе «ксенобиотии – почвенные микроорганизмы» приводят в одних случаях к ингибированию метаболизма, в других – к повышению устойчивости.

Целью исследования было изучение структуры микробиоценоза на деградированных почвах Карасайского полигона ТБО г. Алматы.

Материал и методы исследования. Для изучения структуры микробиоценоза были отобраны пробы деградированных почв на Карасайском полигоне ТБО г. Алматы. Отобранные

почвы исследовались микробиологическим методом [2].

Работа выполнена по программе «Грантовое финансирование научных исследований» по теме «Разработка инновационной технологии восстановления и повышения плодородия деградированных земель для обеспечения продовольственной безопасности на юге и юго-востоке Казахстана». МРНТИ 68.05.31; 68.31.26. № госрегистрации 0112РК00426.

Результаты исследований. Карасайский полигон ТБО г.Алматы действующий, поэтому с одной стороны, нестабильное положение для почвогрунта в местах с разными сроками захоронения также сопровождается нестабильным распространением микросообществ, с другой – территория полигона ТБО г.Алматы на 30-40% охвачена пожарами разной глубины и степени интенсивности, с третьей – летом влажность почвогрунта из-за сухой погоды и жары не превышает 16-20%. Поэтому было интересно проследить обсемененность почв, покрывающих свалочный грунт разного срока захоронения. Для изучения условно было выделено пять категорий почвогрунта полигона: почвогрунт на свежих захоронениях (П), почвогрунт с мест пожара (Пп), почвогрунт на захоронениях более 5 лет (П5), почвогрунт на захоронениях более 10 лет (П10). Также на обсемененность проверен лёсс (Л), который сосредоточен на территории полигона и используется для покрытия свалочной массы (табл. 1).

**Таблица 1**

Обсемененность почвогрунта полигона ТБО

Проба почв	Гумус %	КОЕ/г			
		ОМЧ	Гетеротрофные бактерии	Актиномицеты	Микримицеты
П	1,57	$3,5 \times 10^9$	$4,0 \times 10^3$	$1,0 \times 10^4$	$7,5 \times 10^4$
П <sub>п</sub>	0,55	$1,5 \times 10^5$	$1,0 \times 10^2$	$5,5 \times 10^2$	$1,0 \times 10^2$
П <sub>5</sub>	1,14	$6,5 \times 10^8$	$2,0 \times 10^3$	$1,5 \times 10^3$	$2,5 \times 10^3$
П <sub>10</sub>	0,41	$2,5 \times 10^8$	$1,5 \times 10^3$	$1,5 \times 10^3$	$2,0 \times 10^3$
Л	0,20	$3,0 \times 10^8$	$2,0 \times 10^3$	$2,5 \times 10^3$	$1,0 \times 10^4$

Как видим из табл. 1, наиболее высокая обсемененность почвогрунта по ОМЧ отмечено на свежезахороненных участках (9 уровень разведения), наиболее низкая – в почвах, отобранных с мест пожара разной степени интен-

сивности (5 уровень разведения). Следует также отметить, что активность исследуемых таксонов варьирует на уровнях 2-4 разведения, при этом минимальный показатель также отмечен для почв, отобранных с мест пожаров.

Чтобы отразить интегрированное и суммарное действие всех раздельно и совместно действующих факторов важно вычлнить долю влияния отдельных (рассматриваемых в эксперименте) факторов. Обработывая дисперсионным методом опытный материал от исследуемого полигона ТБО [3] нами ставились задачи, направленные на определение величины изменчивости обсемененности, обусловленных воздействием учтенных в опыте факторов, и остаточной изменчивости, возникшие под влиянием всех других, не учтенных в опыте факторов, и статистической достоверности доли влияния рассматриваемых факторов на количественный состав микросообществ.

Для выполнения поставленных задач был применён метод двухфакторного дисперсионного анализа, который позволил выявить не только

долю влияния каждого фактора (фактор А – сезон года; фактор В – глубина отбора проб почвы), но и долю их совместного влияния, вызывающего дополнительную дисперсию ( $C_{AB}$ ).

В табл. 2 приведены результаты опытов по изучению процесса количественного распределения изучаемых микросообществ во времени. Расчеты осуществлены в три этапа. На первом этапе была составлена таблица статистического комплекса и осуществлена его первичная обработка, на втором – получены необходимые величины для вычисления дисперсий, на третьем – полученные расчеты были оформлены в сводную таблицу дисперсионного анализа и дан полный анализ по изучению количественного распределения микросообществ в зависимости от учитываемых в опыте факторов.

**Таблица 2**

Сводные данные дисперсионного анализа по обсемененности почвогрунта полигонов ТКО

Показатель		x	z	y	A	B	AB
ОМЧ	$\eta^2$	0,77	0,23	1,0	0,30	0,38	0,09
	F	9,2	-	-	12	25	1,9
Гетеротрофные бактерии	$\eta^2$	0,35	0,65	1,0	0,23	0	0,12
	F	1,45	-	-	3,6	0	0,9
Микромицеты	$\eta^2$	0,44	0,56	1,0	0,32	0,07	0,05
	F	2,1	-	-	0,18	0,06	0,02
Актиномицеты	$\eta^2$	0,31	0,69	1,0	0,19	0,07	0,05
	F	4,1	-	-	2,6	1,5	0,4

Данные табл. 2 свидетельствуют, что дисперсия по обсемененности микросообществ в почвогрунте Карасайского полигона ТБО, обусловленная влиянием сезона года (фактор А) и глубины отбора проб почвы (фактор В), составляет от общей дисперсии для гетеротрофных бактерий 35%, актиномицетов 31% и микромицетов 44%. Как видим, обсемененность покрывающей почвы в меньшей степени (31-45%) зависит от учтенных в эксперименте факторов, т.к. для них влияние неучтенных и случайных факторов относительно выше и равна, соответственно, 65%, 69% и 56%. Вычисленные величины  $F_f$  дают право считать, что нулевая гипотеза, утверждающая отсутствие влияния сезона года и глубины отбора проб почвы на её обсемененность опровергается для ОМЧ при уровне вероятности  $P = 0,999$  ( $F_f > F_{st}$ ), что в свою очередь свидетельствует, что полученная доля изменчивости обусловлена именно учтенными в опыте факторами. Для актиномицетов и микромицетов нулевая гипотеза опровергается при уровне вероятности 0,99 и 0,95 соответственно. О недостоверности полученных результатов свидетельствует F для бактерий, для них нулевая гипотеза не опровергается и, следовательно, обсемененность покрывающей почвы бактериями напрямую зависит от компонентного состава ТБО.

Для доказательства доли влияния фактора А, В и АВ во всех комбинациях на показатель обсемененности почвы и определения достоверности действия каждого из факторов мы продолжили дисперсионный анализ по факторам. Обработку данных производили последовательно для каждой градации фактора А и фактора В. Далее были вычислены частные дисперсии, после чего были определены доли влияния А, В и АВ на результативный признак. Из таблицы 2 видно, что если совместное действие факторов А и В слабое для всех рассматриваемых сообществ, то доля влияния фактора А больше, чем доля влияния фактора В для бактерий (23 % против 0%), актиномицетов (19% против 7%), микромицетов (32 % против 7%), а на ОМЧ большее влияние оказывает фактор В (38 против 30%). Сопоставляя вычисленные величины  $F_f$  с табличными  $F_{st}$  мы видим, что нулевая гипотеза для всех сообществ остается в силе и составляет небольшую долю в общей изменчивости признака.

Последствия загрязнения почв отходами потребления ТБО отчетливо проявилось в изменении структуры биомассы микробиоты. Общие запасы микробиологической массы в почвогрунтах при разных видах воздействия, также как и численность, могут варьировать (возрастать или уменьшаться). Известно, что для каждого

типа почв характерен свой специфический микробиоценоз. И как мы убедились, под влиянием отходов потребления происходит изменение видового состава и численности микроорганизмов, т.к. твердые отходы приводят к снижению уровня устойчивости почв.

#### Список литературы

1. Добровольский Г.В., Никитин Е.Д., Сохранение почв как незаменимого компонента биосферы. – М., 2000. – 185 с.
2. Практикум по микробиологии / под ред. В.К. Шильниковой. – М.: Дрофа, 2005. – 256 с.
3. Лакин Г.Ф. Биометрия. Москва, «Высшая школа», 1990. – 352 с.

#### Технические науки

##### МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЫХОДА МОНОСАХАРИДОВ В ПРОЦЕССЕ ПРЕДОБРАБОТКИ ПШЕНИЧНОЙ СОЛОМЫ

Аблаев А.Р., Клещевников Л.И., Логинова И.В.,  
Харина М.В., Емельянов В.М.

ФГБОУ ВПО «Казанский национальный  
исследовательский технологический университет»,  
Казань, e-mail: somariya@mail.ru

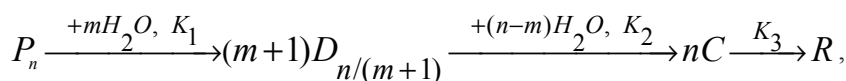
Крупнотоннажным и доступным вторичным ресурсом сельскохозяйственного производства и перерабатывающей промышленности в России является солома злаковых культур. Растущий интерес к использованию растительной биомассы, богатой полисахаридами, обуславливает поиск оптимальных методов её переработки. Практический интерес представляет исследование кинетики химического гидролиза соломы с целью получения моносахаридов и других ценных продуктов гидролиза, необходимых для химической промышленности и биотехнологических производств.

В опубликованных ранее работах [1-3] существует большой разброс в значениях констант скоростей гидролиза, что обусловлено различиями в применяемом виде сырья, гидролизующего агента, условиях предварительной обработки, используемых реакторах и математических моделях. Для разработки кинетической модели, учитывающей состав и содержание моносахаридов в получаемых гидролизатах, использованы данные, полученные при предобработке пшеничной соломы разбавленной сернистой кисло-

той на лабораторной установке оригинальной конструкции в диапазоне температур 150-200°C [4]. Моносахаридный анализ гидролизатов проводили с помощью метода высокоэффективной ионнообменной жидкостной хроматографии на колонке «CarboPacPA-1» (4x250 мм, «Dionex», США), используя импульсный амперометрический детектор PAD («Dionex»). Скорость элюирования 1 мл/мин. Температура колонки 30 °C. Буферы: А – 100 мМ NaOH в 1 М AcNa, В – 15 мМ NaOH.

Исследование фракции легкогидролизуемых полисахаридов пшеничной соломы показало, что в составе моносахаридов преобладали ксилоза, глюкоза и арабиноза, содержание которых достигает 60,2% от массы абсолютно сухого вещества [4]. В моносахаридном составе гидролизатов пшеничной соломы данные углеводы также преобладали. Поэтому для моделирования кинетики процесса предобработки использовались экспериментальные данные по выходу ксилозы, арабинозы и глюкозы.

Поскольку в процессе предобработки растительного сырья разбавленными кислотами деполимеризация целлюлозы незначительна, были рассмотрены особенности математического моделирования кинетики гидролиза связующих гликанов. В связи с трудностями в поиске четкого механизма реакции гидролиза полисахаридов обычно используют упрощенные модели. В общем виде последовательность превращений углеводов при кислотном-каталитическом воздействии можно представить в следующем виде:



где  $P_n$ ,  $D_n$ ,  $C$ ,  $R$  – соответственно полисахариды, промежуточные продукты (олигосахариды, декстрины), моносахариды и продукты деструкции моносахаридов;  $n$ ,  $n/(m+1)$  – степень полимеризации полисахаридов и олигосахаридов;  $m$ ,  $n-m$  – число молекул воды, вступивших в реакцию;  $k_1$  – константа скорости гидролиза соответствующего полисахарида;  $k_2$  – константа скорости гидролиза промежуточного продукта  $D_n$ ;  $k_3$  – константа скорости деструкции соответствующего моносахарида.

Математическая модель описывает многоступенчатый гидролиз большого количества полисахаридов, входящих в состав соломы

$$\begin{cases} \frac{d[P_n]}{dt} = -k_1 \cdot [P_n] \\ \frac{d[D_n]}{dt} = k_1 \cdot [P_n] - k_2 \cdot [D_n] \\ \frac{d[C]}{dt} = k_2 \cdot [D_n] - k_3 \cdot [C] \end{cases}$$

Константа скорости гидролиза рассчитывалась в соответствии с температурной зависимостью Аррениуса по уравнению:

$$K_1 = K_{ol} \cdot \exp(-E_a / (R \cdot T)) \cdot C_{kt}^s$$