ЦЕЛЛЮЛАЗНАЯ АКТИВНОСТЬ ПОЧВ ТАТАРСТАНА ПРИ ЗАГРЯЗНЕНИИ ИХ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ

Д.И. Тазетдинова, Р.И. Тухбатова, Э.А. Рафаилова, Ф.К. Алимова, д.б.н., Казанский ГУ

Наибольший вклад в загрязнение почв Альметьевского района вносят мышьяк и медь. Целлюлазная активность исследованных почв проявила слабую чувствительность к загрязнению марганцем. Выявлена обратная зависимость между содержанием мышьяка и величиной метаболического коэффициента qCO_2, отражающего степень антропогенной нагрузки.

Ключевые слова: *целлюлазная активность, тяжелые металлы, выщелоченный чернозем.*

В структуре земельного фонда Республики Татарстан (РТ) основная доля приходится на земли сельскохозяйственного назначения. При этом большая часть плодородных черноземов сосредоточена в юго-восточной части и восточном Закамье республики. На их территориях действуют предприятия нефтегазодобывающей отрасли, машиностроения и сельского хозяйства. Важнейший фактор, влияющий на состояние микробных сообществ в этих почвах – загрязнение углеводородами и тяжелыми металлами (ТМ) [3,8,9].

Целлюлолитическая активность широко используется при биологической индикации загрязнения почв ТМ и диагностике происходящих в них при этом изменений [5,1].

Целью работы явилось исследование влияния загрязнения ТМ на целлюлазную активность выщелоченного чернозема Альметьевского района РТ.

Методика. Объектами исследования были черноземы выщелоченные тяжелосуглинистого и глинистого гранулометрического состава (гумус 8%; Nобщ. 6140 мг/кг; P_2O_5 подв. 121 мг/кг; K_2O обм. 137 мг/кг). Почвенный покров Альметьевского р-на типичен для Юго-Восточного региона и Восточного Закамья РТ. Это позволяет использовать названный район в качестве прототипа при прогнозировании результатов загрязнения вышеуказанных регионов, а также других черноземных регионов России при интенсивном и бесконтрольном развитии в них индустрии [10].

Пробы отобраны в трех микрорайонах. Общим контролем служила целина. Изучали целлюлазную активность почв после загрязнения – разлива нефтепродуктов (НП) (катастрофическое – масштабное, однократное), хроническое – возле скважины и эффект последействия в ходе рекультивации сроком: 2 месяца, 2 года, 6 лет. Выборку почв для исследований выровняли по минералогическому составу. Многие желтобурые глины и суглинки, считавшиеся делювиальными, никогда не переносились и не откладывались, а выветривались на месте [6]. По результатам фазового рентгеновского анализа (выполнен в ЦНИИГеолнеруд) составлена выборка из 10 образцов с однотипной минеральной матрицей.

Содержание подвижных форм ТМ подвержено значительным колебаниям, что связано с изменяющейся биологической активностью почв и влиянием растений. Поэтому в данной статье представлены данные по валовым формам. Их концентрацию определяли ИТР-спектрометрией на атомно-эмиссионном спектрометре Optima-2000DIV. Для характеристики загрязнения металлами использовали следующие показатели:

а) коэффициент концентрации химического вещества: Кс = С/Сф, где С – реальное содержание химического вещества в почве, Сф – фоновое; б) суммарный показатель загрязнения (Zc), который равен сумме коэффициентов концентраций химических элементов и выражен следующей формулой: $Zc = \sum_{j=1}^{n} Kc$, где n – число суммируемых элементов; в) коэффициент опасности (Ко): Ко = С/ПДК. Метаболический коэффициент почвы (qCO_2) определяли по формуле [2]: qCO_2 = Vbasal/Vsir, где Vbasal – дыхание необогащенной почвы, Vsir – субстрат индуцированное (глюкоза) дыхание.

При оценке экологической опасности почвенного загрязнения принимается во внимание не только его интенсивность, но и состав загрязнителей, и, в первую очередь, присутствие элементов, относимых к 1 и 2 классам гигиенической опасности в соответствии с ГОСТ № 17.4.1.01-83. Нами исследовано загрязнение следующими металлами: 1 класс – мышьяк (As), ртуть (Hg), свинец (Pb), цинк (Zn), кадмий (Cd) и 2 класс – медь (Cu), хром (Cr) и кобальт (Co).

Исследование сообщества аэробных целлюлозоразлагающих микроорганизмов проводили методом почвенных комочков [4], целлюлозолитической активности почвы – аппликационным методом [11]. Статистическую обработку данных – с помощью программы электронных таблиц Microsoft Excel. Для сравнения применяли интервальные оценки. Уровень значимости $p < 0,05$. Данные на рисунках представлены как среднее ± стандартное отклонение.

Результаты и их обсуждение. Поглощение ТМ почвами существенно зависит от кислотности почв. В кислых почвах большинство микроэлементов будет находиться в слабоподвижной форме, тогда как при заметном подщелачивании почв часть из них будет осаждаться или же переходить в слабоподвижную форму. Исследованные образцы почв обладали нейтральными значениями pH (7,14±0,22), при которых медь (Cu) слабо подвижна, а мышьяк (As) становится подвижным.

Наибольшее превышение фонового содержания отмечено для мышьяка и меди. Считается, что самыми сильными источниками загрязнения мышьяком являются гербициды, фунгициды и инсектициды. Это согласуется с полученными нами данными – высокие значения Кс мышьяка отмечены в образцах, отобранных на пашнях, где могли использоваться эти химикаты (табл.1). Образцы почв характеризуются минимальным уровнем загрязнения (Zc<8) по исследованным ТМ.

1. Коэффициент концентрации металлов (Кс) в исследованных почвах

№вар.	№ участка	Образцы почв	As	Pb	Hg	Zn	Cu
1	К	Целина	2,98	0,48	0,35	0,85	1,37
2	1	Пашня	1,98	0,55	0,16	0,63	0,88
3		Рекуль-я 2 г	2,27	0,60	0,23	0,72	1,52
4		У скважины	2,73	0,55	0,80	0,92	1,61
5	2	Пашня	1,91	0,63	0,19	0,82	1,56
6		У скважины	1,25	0,49	0,28	0,72	1,44
7		Рекуль-я 6 лет	3,62	0,46	0,30	1,09	1,50
8	3	Рекуль-я 2 мес.	1,21	0,37	0,67	0,81	1,60
9		Пашня	2,00	0,53	0,20	0,90	2,04
10		Разлив нефти	3,00	0,46	0,30	0,81	1,42
		Кс±0,08-0,8	2,30	0,51	0,35	0,83	1,49
		max	3,62	0,63	0,80	1,08	2,04
		min	1,21	0,37	0,16	0,63	0,88
		медиана	2,13	0,50	0,29	0,82	1,50
		Zc	22,96	5,12	3,49	8,27	14,93

Для оценки степени химического загрязнения почв использовали коэффициент опасности (Ко), который показывает во сколько раз содержание элемента-загрязнителя в пробе выше его ПДК. Опасность загрязнения почвы тем выше, чем больше значение Ко превышает 1. Как видно из рисунка 1, наибольшие превышения ПДК отмечены для As (10,15) и Cu (2,04). Содержание свинца, ртути и цинка не превышало ПДК и кроме того было близко к фоновому. При изучении целлюлазной активности пашен наибольшая убыль субстрата отмечена в контроле микрорайона 1 (табл. 2). В этой почве интенсивнее разлагается целлюлоза, быстрее осуществляется био-

логический круговорот элементов и тем полнее культурные растения обеспечиваются питательными веществами [7].

В почвах микрорайона 1 наименьшая убыль субстрата отмечена в почве возле скважины. В почвах микрорайона 2 целлюлазная активность контроля достоверно не отличалась от значения целины. В почвах микрорайона 3 наименьшая целлюлазная активность отмечена в почве с рекультивацией в течение 2 месяцев, достоверно не отличалась от уровня целлюлазной активности почвы вблизи скважины.

При изучении влияния загрязнения почвы ТМ выявлена обратная зависимость между содержанием марганца и убылью субстрата. При изучении влияния других металлов и pH почвы на убыль субстрата достоверной корреляции не выявлено.

Нами была рассмотрена структура целлюлозолитического сообщества при хроническом загрязнении (почва вблизи скважин) и эффект последействия рекультивации в течение 2 и 6 лет. Выбрана группа аэробных целлюлозолитических микроорганизмов как наиболее чувствительных к загрязнению. Отмечено доминирование бактерий в структуре сообщества целлюлолитиков в пашне 1, почвах с хроническим загрязнением и в результате рекультивации в течение 6 лет (рис. 2). Их частота встречаемости достоверно не отличалась. Доминирование бактерий может указывать на их ведущую роль в разложении целлюлозы в этих почвах. В почвах пашни 2 и после 2-летней рекультивации бактерии отнесены к группе типично редких. При этом в почве после рекультивации в течение 2 лет грибы отнесены в группу типично частых. Их частота встречаемости достоверно отличалась от бактерий.

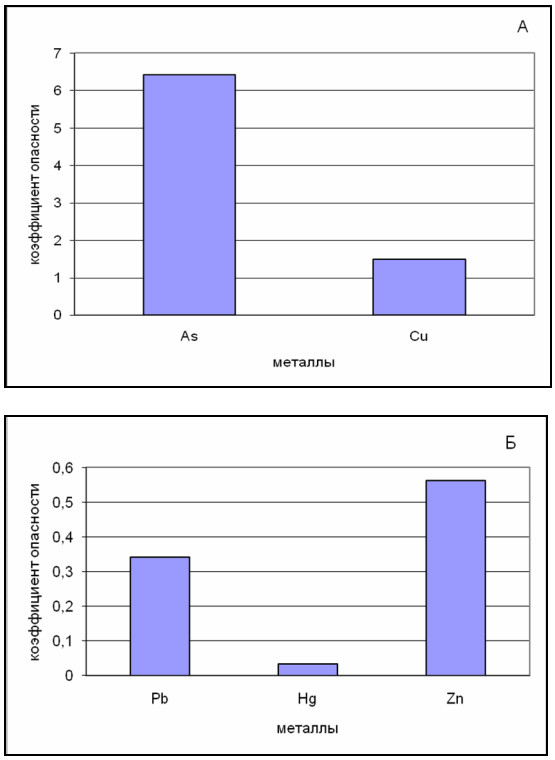

Рис. 1. Коэффициент опасности тяжелых металлов в почве Альметьевского района:
А – мышьяк (As) и медь (Cu), Б – свинец (Pb), ртуть (Hg) и цинк (Zn)

2. Структура сообщества целлюлолитиков и их влияние на содержание субстрата (целлюлоза) в почве

№вар.	Целлюлоза (убыль веса за 1 месяц, %)	Частота встречаемости целлюлолитиков, %	Метаболический коэффициент (qCO_2)
1	27,53±0,9	45,00±6,0	0,72±0,09
2	45,32±12,6	60,00±2,6	0,53±0,08
3	16,75±6,0	68,84±6,0	0,17±0,01
4	4,17±4,7	84,00±7,0	0,16±0,02
5	20,2±6,7	46,07±6,7	1,00±0,00
6	8,00±4,2	95,40±8,0	0,19±0,10
7	12,09±0,4	67,82±2,2	0,69±0,04
8	4,15±1,4	63,00±6,0	0,36±0,07
9	37,98±0,6	60,00±8,0	0,74±0,43
10	23,29±1,5	94,75±6,0	0,72±0,09

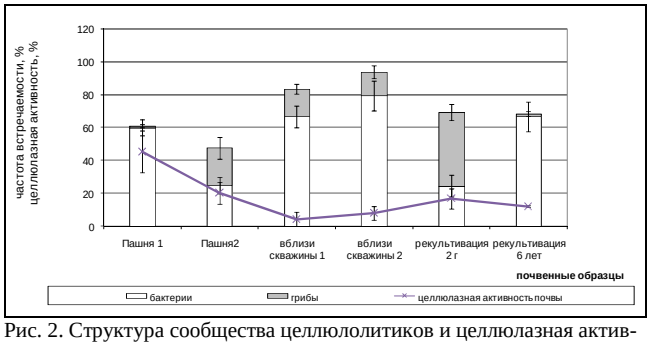

Рис. 2. Структура сообщества целлюлолитиков и целлюлазная активность почвы

Наибольшая частота встречаемости целлюлозоразлагающих микроорганизмов отмечена при катастрофическом загрязнении и в ходе рекультивации достоверно не менялась (рис. 3). В результате загрязнения почвы НП произошло замедление процесса разрушения целлюлозы. При этом целлюлазная активность почвы вблизи скважины и в ходе рекультивации в течение 2 месяцев достоверно не различалась. Не выявлено значимой корреляции между содержанием НП в почве и уровнем целлюлазной активности.

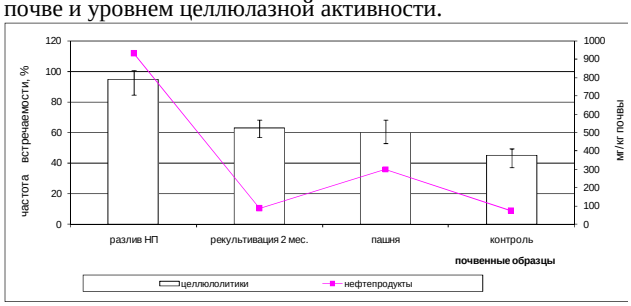

Рис. 3. Влияние загрязнения нефтепродуктами (НП) на частоту встречаемости целлюлолитиков в микрорайоне 3

При изучении влияния загрязнения почвы ТМ на величину метаболического коэффициента (qCO_2) выявлена средняя отрицательная корреляция между содержанием мышьяка ($y = 0{,}013x^{1.329}$; r=-0,69). Наибольшее значение метаболического коэффициента наблюдалось в почве с высоким содержанием As. Возрастание величины метаболического коэффициента почвы в результате природных и антропогенных воздействий может свидетельствовать об изменении экофизиологического статуса микроорганизмов и, тем самым, быть показателем нарушения или стресса в микробном сообществе. С увеличением концентрации мышьяка метаболический коэффициент возрастал, следовательно, возрастала и степень стресса в микробном сообществе.

Таким образом, несмотря на исходное высокое плодородие и значительную буферность почвенного покрова, агроэкосистемы уже не в состоянии справиться с нарастающим валом техногенных воздействий, из-за чего обнаруживаются загрязнения сельхозугодий ТМ, создается угроза экологической безопасности продуктов питания, и, следовательно, здоровью населения.

Литература

1. Галиулин Р.В. Индикация загрязнения почв тяжелыми металлами путем определения активности почвенных ферментов // Агрохимия.– 1989. – № 11. – С. 133-142. 2. Гарусов А.В., Алимова Ф.К., Селивановская С.Ю., Захарова Н.Г., Егоров С.Ю. Газовая хроматография в биологическом мониторинге почвы. Учебное пособие. – Казань: Изд-во КГУ, 2006. – 90 с. 3. Государственный доклад о состоянии природных ресурсов и об охране окружающей среды республики Татарстан в 2004 году. – Казань, ООО «Печатный двор», 2006. – 478 с. 4. Заха-

рова Н.Г., Алимова Ф.К., Егоров С.Ю. Микробиологический мониторинг почв: Учебное пособие. – КГУ, 2005. – 82с. 5. Киреева Н.А., В.В.Водопьянов, Мифтахова А.М. Влияние нефтяного загрязнения на целлюлазную активность почв // Почвоведение. – 2000. – №6. – С. 748-753. 6. Кринари Г.А., Шинкарев А.А., Гиниятуллин К.Г. Минеральный состав илистой фракции водопрочных агрегатов темно-серой лесной почвы // Почвоведение. – 2006. – № 1. – С. 81-95. 7. Лазарев А.П. Абрашин Ю.И., Гордеюк Л.Л. Целлюлозолитическая активность обрабатываемого чернозема обыкновенного лесотепной зоны Ишимской равнины // Почвоведение. – 1997. – №10. – С. 1230-1234. 8. Свискене А. Микробиологические и биохимические показатели при оценке антропогенного воздействия на почвы // Почвоведение. – 2003. – № 2. – С. 202-210. 9. Семенова Н.В. Содержание тяжелых металлов в почвах Закамья РТ / Труды Международной конференции «Роль почвы в формировании естественных и антропогенно-нарушенных ландшафтов», г.Казань. – 2003. – С. 431-434. 10. Судницын И.И., Сашина И.И. Закономерности распределения меди, цинка, свинца и никеля в почвах Московской области // Агрохимия. – 2006. – №2. – С. 30-37. 11. Хазиев Ф.Х. Методы почвенной энзимологии. – Ин-т биологии. Уфим. НЦ.- М.: Наука. – 2005. – 252 с. 12. Хамова О.Ф., Юшкевич Л.В., Леонова В.В. Биологическая активность выщелоченного чернозема при минимизации основной обработки почвы в Южной лесостепи Западной Сибири // Агрохимия. – 2002. – №4. – С. 11-16.

Cellulase activity of soil contaminated with heavy metals in Tatarstan

D.I. Tazetdinova, R.I. Tukhbatova, E.A. Rafailova, F.K. Alimova

Kazan State University, ul. Kremlevskaya 18, Kazan, 420008 Tatarstan, Russia E-mail: tazetdinova_d@rambler.ru

Summary. Arsenic and copper make the largest contribution to the contamination of soils in the Almet'evsk region. The cellulase activity of soils under study was little sensitive to the contamination with manganese. An inverse correlation was revealed between the content of arsenic and the metabolic coefficient qCO_2, which reflects the degree of anthropogenic load.

Key words: cellulase activity, heavy metals, leached chernozem.