

N/ga) не создает нарушений в аэробно-анаэробном статусе почвы; 2.Дополнительным фактором ограничения применения ЖН и СВ в качестве удобрений почв агроценоза является увеличение численности таких анаэробных видов бактерий как железоредукторы, повышающих концентрацию токсичного для растений Fe(II) при нейтральных pH; 3.Показано положительное влияние ЖН на азотфиксирующую (максимальный эффект на варианте с дозой 300 кг N) и денитрифицирующую активность в почве, особенно заметное под посевом горчицы белой. Влияние СВ – отрицательно, но под посевом горчицы нитрогеназная активность достоверно выше, чем в парующей почве; 4.Высокие дозы ЖН и СВ вызывают значительную эмиссию CO<sub>2</sub> и CH<sub>4</sub> из почв в атмосферу. C/N соотношение в почве агроэкосистемы при этом существенно не расширяется .

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ №05-04-49-252.

### ВЛИЯНИЕ ОТДЕЛЬНЫХ ДЕРЕВЬЕВ НА ПРОСТРАНСТВЕННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ПОЛЛЮТАНТОВ И ТРОФИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ ПОЧВЕННОЙ БИОТЫ В УСЛОВИЯХ ХИМИЧЕСКОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ

Воробейчик Е.Л., Кузнецов А.В., Пищулин П.Г.

Институт экологии растений и животных УрО РАН, г. Екатеринбург, ev@iraе.uran.ru

**Введение.** Отдельные деревья рассматривают в качестве одного из ведущих факторов, определяющих пространственную вариабельность свойств почвы в лесных экосистемах. Данную проблему традиционно рассматривают в рамках концепции фитогенного поля, парцеллярной структуры лесного биогеоценоза, гар–динамики леса (Дылис и др., 1964; Карпачевский, 1981). Вместе с тем, анализу изменения средообразующей роли деревьев в условиях сильного химического загрязнения уделено мало внимания (Zvereva, Kozlov, 2004; Лукина, Никонов, 1996). Можно предположить, что отмечаемая на загрязненных территориях деградация растений–эдикаторов, в частности, уменьшение сомкнутости крон, полноты и густоты древостоя, будет существенно сказываться на их средообразующей роли и, как следствие, на пространственном распределении поллютантов и параметров биологической активности почвы. Цель настоящей работы состояла в проверке этой гипотезы.

**Район исследований.** Исследования проведены в районе действия Среднеуральского медеплавильного завода (г. Ревда Свердловской области). Важнейшие поллютанты – Cu, Pb, Cd, Zn, Hg, As и SO<sub>2</sub>. По степени поражения экосистем выделены три зоны: фоновая – 30 км к западу от завода, буферная (4–7 км) и импактная (1–2 км) (Воробейчик и др., 1994), в которых выбраны однотипные ельники–пихтарники и березняки.

**Материал и методика.** Работы выполнены возле модельных деревьев ели и березы, выбранных по следующим критериям: высота не менее 20 м (размах от 20 до 25), хорошо развитая крона, возраст более 50 лет, наличие соседствующего окна. Для каждого дерева выделены четыре элемента его фитогенного поля – пристволовое повышение, середина проекции кроны, край проекции кроны, окно древостоя. Определение содержания тяжелых металлов в подстилке проведено для 60 деревьев (по 10 в каждой зоне и варианте биотопа, по 3 пробы на элемент поля; всего 720 проб). Концентрации подвижных форм Cu, Cd, Pb и Zn (экстрагирование 5% раствором HNO<sub>3</sub>, соотношение подстилки и экстрагента равно 1:10) измерили на атомно–абсорбционном спектрометре AAS 6 Vario («Analytic Jena», Германия).

Трофическую активность (ТА) почвенной биоты оценили методом приманочных пластин (Törne, 1990), который позволяет интегрально характеризовать ТА всех сапрофагов почвенной фауны. Основными потребителями приманки считаются дождевые черви, энхитреиды, коллемболы и почвенные клещи, вклад почвенной микрофлоры незначителен (Helling *et al.*, 1998). Приманка – это смесь порошка карбоксиметилцеллюлозы и листьев крапивы (соотношение 7:3). Заполненные приманкой пластины (полоски из пластика с 16 отверстиями диаметром 1,5 мм, расстояние между центрами отверстий равно 5 мм) погружали в подстилку и гумусово–аккумулятивный горизонт строго вертикально; время экспозиции – 15 суток. ТА оценивали по степени перфорирования отверстий по шестибальной шкале – от 1 (перфорировано полностью) до 0 (совершенно не тронут).

Определение ТА проведено для 90 деревьев (по 15 в каждой зоне и варианте биотопа) в каждом элементе фитогенного поля (кроме края проекции кроны). На каждый элемент поля приходилось по 15 пластин (5 групп через 50 см, в группе по 3 пластины); общий объем – 4050 пластин и 64800 индивидуальных измерений.

Для оценки вклада деревьев в пространственное распределение параметров использовали двухфакторный дисперсионный анализ. Рассмотрены два фактора – положение точки относительно ствола (фиксированный) и положение дерева на площадке (случайный). Расчет силы влияния факторов выполнен по Снедекору. Учетная единица при анализе распределения металлов – образец; ТА – среднее значение по 3 пластинам группы.

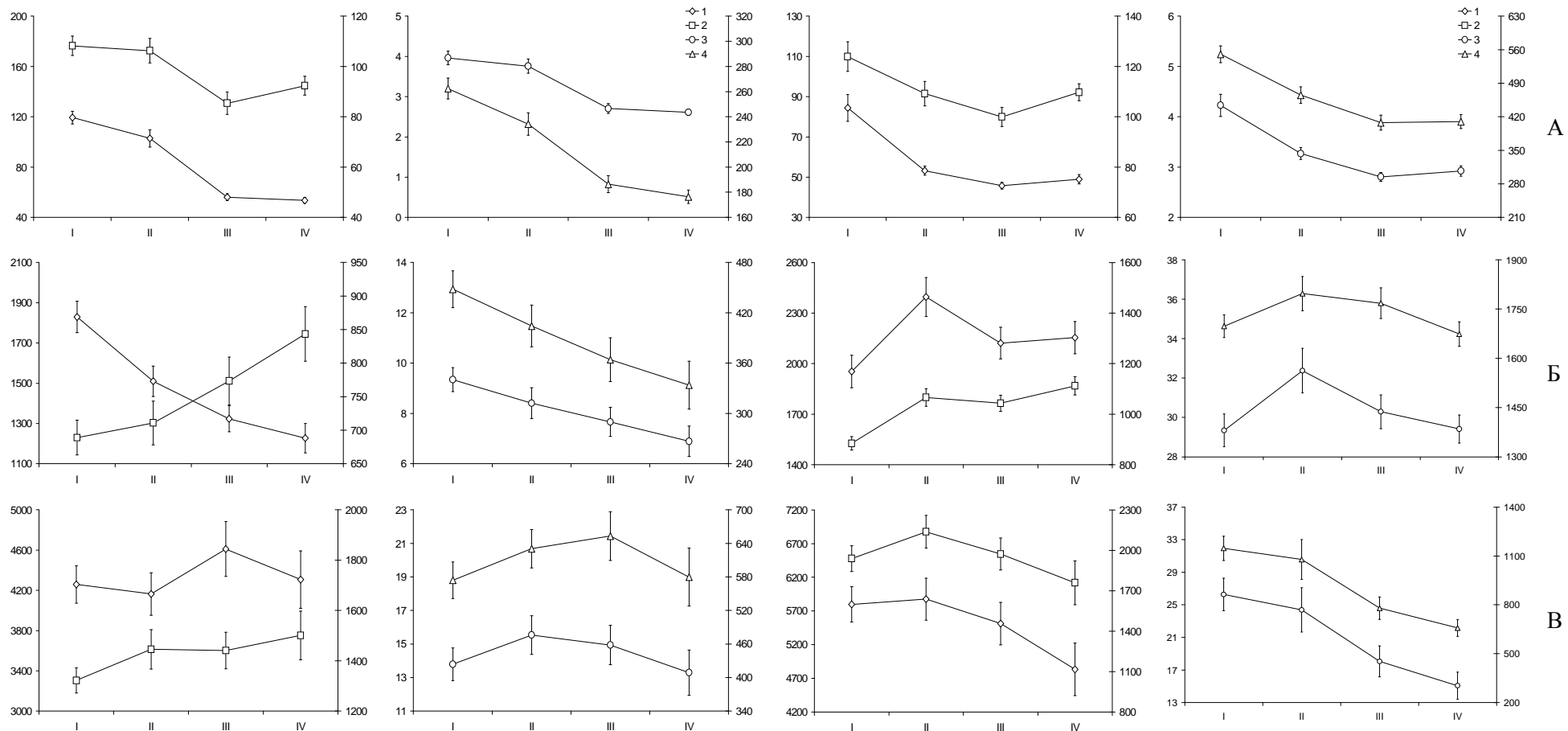
**Результаты и их обсуждение.** В ельниках фоновой зоны концентрации всех элементов закономерно убывают от пристволового повышения к окну древостоя (рис. 1). Отношение концентраций металлов пристволового участка к оконному для Cu составило 2.2, Cd – 1.5, Pb – 1.2 и Zn – 1.5 раза. Фитогенное поле дерева в этих условиях – это ведущий фактор, детерминирующий пространственное распределение Cu, Cd и Zn. Положение точки относительно ствола дерева объясняет большую часть общей дисперсии (для Cu – 69%, Cd – 47%, Zn – 46,62%); для Pb положение дерева на площадке играет большую роль (24,92%), чем фитогенное поле (18,19%).

В буферной зоне концентрации Cu, Cd и Zn также закономерно уменьшаются от ствола к окну, но разница менее выражена (отношение концентраций для Cu равно 1.5, Cd – 1.4 и Zn – 1.3 раза). Pb распределен иначе: концентрации увеличиваются от пристволового участка к оконному. Оценка силы влияния факторов показывает, что в буферной зоне происходит ослабление фитогенного поля дерева и оба фактора играют примерно одинаковую роль. В импактной зоне положение точки относительно ствола дерева не влияет на пространственное распределение тяжелых металлов, а на первое место выходит положение дерева на площадке (доля этого фактора в общей дисперсии для Cu равна 76,88%, Cd – 47,44%, Zn – 45,15%).

В березняках фоновой зоны концентрации металлов также закономерно понижаются от пристволового участка к оконному. Отношение концентраций пристволового участка к оконному для Cu составило 1.7, Cd – 1.4, Pb – 1.1 и Zn – 1.3 раза. Фитогенное поле дерева объясняет большую часть общей дисперсии (для Cu – 45,55 %, Cd – 39,97 % и Zn – 29,66%); на распределение Pb учитываемые факторы влияют слабо. В буферной зоне нет закономерной картины изменения концентраций металлов в градиенте фитогенного поля. Ведущим фактором, определяющим пространственное распределение Cu, Cd и Zn здесь становится положение дерева на площадке (объясняет 30,83%, 23,03% и 22,14% их общей дисперсии соответственно); для распределения Pb оба фактора имеют примерно одинаковое значение. В импактной зоне распределение металлов сходно с распределением в фоновой зоне, с той только разницей, что наибольшие концентрации приходятся не только на пристволовое повышение, но и на проекцию и периферию кроны (отношение концентраций для Cu равно 1.1, Cd – 1.7, Pb – 1.1, Zn – 1.7 раза). Ведущую роль в распределении Cu играет положение дерева на площадке (доля фактора равна 54,21%), на распределение Cd и Zn оба фактора оказывают примерно одинаковое влияние.

В фоновой зоне ТА в березняках в среднем выше, чем в ельниках-пихтарниках, в буферной и импактной зонах разница между биотопами нивелирована (рис. 2). Как и следовало ожидать, ТА закономерно уменьшается по мере увеличения токсической нагрузки. Эта закономерность наблюдается в обоих вариантах биотопов и во всех элементах фитогенного поля, но наиболее ярко выражена в верхних 4 см исследуемого слоя почвы. Скорее всего, уменьшение ТА – следствие снижения численности почвенных сапрофагов вплоть до их практически полной элиминации в импактной зоне (Воробейчик и др., 1994). Аналогичное снижение ТА регистрировали возле других металлургических предприятий (Filzek *et al.*, 2004).

Влияние отдельных деревьев на пространственное распределение ТА существенно различается в ельниках и березняках. В ельниках во всех зонах нагрузки наблюдается закономерное повышение ТА в направлении от пристволового повышения к окну. В березняках во всех зонах нагрузки различия между элементами фитогенного поля отсутствуют в верхнем 2-см слое почвы, но в более глубоких слоях (2,5 – 8 см) ТА уменьшается от пристволового участка к оконному.



Елово-пихтовый лес

Березовый лес

Рис. 1. Содержание Cu (1, левая шкала), Pb (2, правая шкала), Cd (3, левая шкала) и Zn (4, правая шкала) в подстилке в фоновой (А) буферной (Б) и импактной (В) зонах нагрузки. Ось абсцисс – положение точки относительно ствола дерева (I – пристволовое повышение, II – проекция кроны, III – периферия кроны, IV – окно), ось ординат – концентрация мкг/г. Указано среднее ± ошибка.

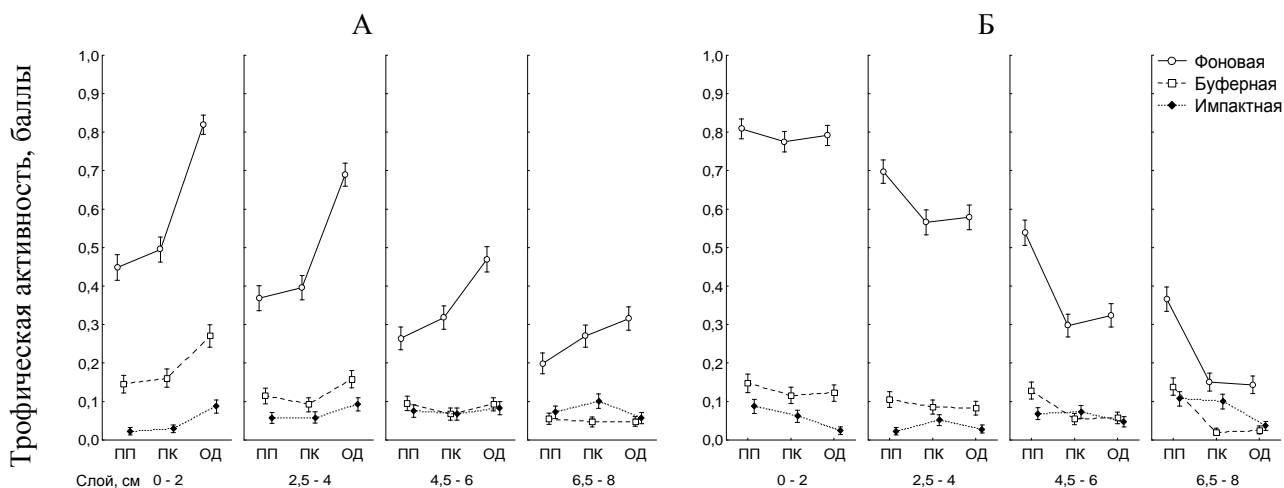


Рис. 2. Трофическая активность почвенной биоты в разных элементах фитогенного поля дерева (ПП – пристоволовое повышение, ПК – проекция кроны, ОД – окно древостоя) в ельнике–пихтарнике (А) и березняке (Б) в разных зонах нагрузки.

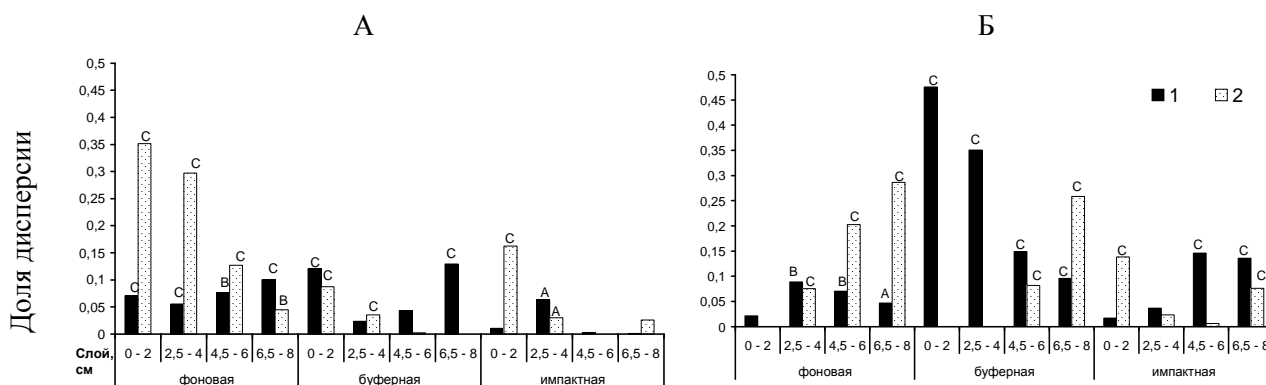


Рис. 3. Доли дисперсии ТА, объясняемые положением точки относительно ствола дерева (2) и положением дерева на площадке (1) в ельнике–пихтарнике (А) и березняке (Б) в разных зонах нагрузки. Достигнутый уровень значимости фактора: А –  $p < 0.05$ , В –  $p < 0.01$ , С –  $p < 0.001$ .

Различия между двумя вариантами биотопов, вероятно, связаны с тем, что в ельниках–пихтарниках в окнах складываются более оптимальные условия для почвенной фауны (меньшая кислотность, лучшая влаго- и теплообеспеченность), тогда как в березняках большая увлажненность обычно наблюдается в пристоволовых повышениях.

По мере увеличения техногенной нагрузки напряженность фитогенного поля ели ослабевает (рис.3). Так, если в фоновой зоне повышение ТА от пристоволового повышения к окну проявляется по всему слою почвы, то в буферной – эта закономерность сохраняется только в верхнем 4-х см слое, а в импактной – в 2-х см слое. Влияние фитогенного поля березы более устойчиво к техногенной нагрузке (наибольшие значения ТА в пристоволовом повышении в березняках отмечены во всех слоях), но также уменьшается при загрязнении (особенно в слое 2.5 – 6 см).

**Заключение.** Таким образом, наше исходное предположение, в целом, подтверждается – на территориях, подверженных сильному химическому загрязнению, роль отдельных деревьев в детерминации пространственного распределения поллютантов и параметров трофической активности почвенной биоты ослабевает.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (05–05–64703), программы развития ведущих научных школ (НШ–5286.2006.4) и Фонда содействия отечественной науке (Е.Л. Воробейчик).

#### Литература

1. Воробейчик Е. Л., Садыков О. Ф., Фарафонов М. Г. Экологическое нормирование техногенных загрязнений наземных экосистем (локальный уровень). Екатеринбург: Наука,

1994. 280с.
2. Дылис Н.В., Уткин А.И., Успенская И.М. О горизонтальной структуре лесных биогеоценозов // Бюллетень МОИП. Отд. биол. 1964. т. 69. №4. С. 65–72.
  3. Карпачевский Л.О. Лес и лесные почвы. М.: Лесная промышленность, 1981. 264 с.
  4. Лукина Н.В., Никонов В.В. Биогеохимические циклы в лесах Севера в условиях аэротехногенного загрязнения. В 2-х ч. Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 1996. Ч. 1. 213 с.; Ч. 2. 192 с.
  5. Filzek P.D.B., Spurgeon D. J., Broll G., Svendsen C. Harnkard P.K., Parekh N., Stubberud E. H., Weeks J.M. Metal effect on soil invertebrate feeding: measurements using the bait lamina method // *Ecotoxicology*. 2004. Vol. 13. P. 807-816.
  6. Helling B., Pfeiff G., Larink O. A comparison of feeding activity of collembolan and enchytraeid in laboratory studies using the bait-lamina test // *Applied Soil Ecology*. 1998. Vol. 7. P. 207–212.
  7. Törne E., von. Assessing feeding activities of soil-living animals. I. Bait-lamina-tests // *Pedobiologia*. 1990. Bd. 34. P. 89–101.
  8. Zvereva E.L., Kozlov M.V. Facilitative effects of top-canopy plants on four dwarf shrub species in habitats severely disturbed by pollution // *J. Ecology*. 2004. Vol. 92. P. 288–296.

#### ИЗМЕНЕНИЕ НЕКОТОРЫХ ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ И АКТИВНОСТИ ФЕРМЕНТОВ ЦИКЛОВ АЗОТА И ФОСФОРА ЧЕРНОЗЕМА ОБЫКНОВЕННОГО ПРИ ДЕЙСТВИИ ФТОРА

Гришко В.Н.

Криворожский ботанический сад НАН Украины, Кривой Рог, Украина, vgrishko@alba.dp.ua

Почва является открытой подсистемой в более сложной природной системе – геохимическом ландшафте. Она связана потоками вещества и энергии с приземной атмосферой, совокупностью обитающих в ней и на ее поверхности микроорганизмов, животных и растений [3, 5]. Поэтому при рассмотрении эффектов, которые оказывают соединения фтора на почвы промышленных предприятий и прилегающих к ним сельскохозяйственных угодий необходимо учитывать не только почвенно-геохимические факторы, но и изменения в биологических блоках, в частности интенсивности биохимических процессов трансформации основных биогенных элементов. Особую актуальность в этой связи приобретают работы, показывающие изменение не только физико-химических свойств почв при действии газообразных соединений фтора, но и интенсивность мобилизации соединений азота и фосфора в почвах [2, 4, 6]. Поэтому целью работы было изучение изменения некоторых химических и биологических свойств чернозема обыкновенного, загрязненного фторидами кислого характера.

В модельном эксперименте использовался чернозем обыкновенный слабовыщелоченный малогумусный среднесуглинистый на лессовидных суглинках со следующими агрохимическими характеристиками: содержание общего азота – 209,5 мг,  $P_2O_5$  – 12,8 мг,  $K_2O$  – 31,5 мг/100 г почвы, гумуса – 4,5%, рН водной вытяжки – 7,25. Почву отбирали в слое 0–20 см, просеивали через сито с ячейками диаметром 2 мм для очистки от растительных остатков и подвергали фумигации HF в камере (предварительно насытив ее фтороводородом) в следующих концентрациях 0,02 (слабая); 0,2 (средняя) и 2,0 мг HF/м<sup>3</sup> (высокая) в течение 10, 20 и 30 суток. Определение степени минерализации водной вытяжки, содержания  $Ca^{2+}$  и  $Mg^{2+}$ , а также рН проводили согласно общепринятым методам [1]. Активность амидазы (КФ 3.5.1.4), аргиназы (КФ 3.5.3.1), аспарагиназы (КФ 3.5.1.1), глутаминазы (КФ 3.5.1.2), кислой и щелочной фосфатаз (КФ 3.1.3.1–2), АТФ-азы (КФ 3.6.1.3) и АМФ-азы (КФ 3.1.3.5) определяли общепринятым в почвенной энзимологии методами [8].

Особенности поглощения почвой фтористого водорода были показаны в опубликованных ранее работах [9, 10]. Однако, остались не выясненными некоторые последствия? к которым приводит поступление в чернозем фторидов кислого характера. Полученные данные свидетельствуют, что аккумуляция почвой токсиканта приводит к значительному подкислению почвенного раствора. Значение рН стандартной водной вытяжки уменьшается от 7,25 до 5,87 при действии токсиканта в слабой концентрации в течении 30 суток, до 5,56 – средней и 5,37 – высокой при том же времени экспозиции (табл.1). Поступление кислых фторидов способствует статистически



## **СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВ**

### **II МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ**

**Сборник материалов**

**том 1**

Посвящается  
135-и летию со дня рождения  
К. К. Гедройца  
и 85-и летию книги  
«Учение о поглотительной способности  
почв»

Москва, 28 мая – 1 июня 2007 года

# СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВ

## II МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ.

Москва, МГУ им. М. В. Ломоносова, 28 мая – 1 июня 2007 года.

### **Сборник материалов**

Том 1.

Председатель организационного комитета конференции:

*С.А. Шоба* - член-корреспондент РАН, президент ДОП, декан факультета почвоведения МГУ им. Ломоносова

Заместители председателя:

*С.Я. Трофимов* - профессор, заведующий кафедрой химии почв факультета почвоведения МГУ

*Г.В. Мотузова* - профессор, председатель II Комиссии «Химия почв» ДОП

Оргкомитет конференции:

*Д.В. Ладонин, Н.Ю. Барсова, Ю.А. Завгородняя, Е.И. Караванова, М.С. Малинина, О.В. Пляскина, М.С. Розанова, И.А. Салтагарова*

Редколлегия сборника:

*О.В. Пляскина, Д.В. Ладонин, Г.В. Мотузова*

© Московский государственный  
университет им. М. В. Ломоносова