

ФЕРМЕНТАТИВНАЯ АКТИВНОСТЬ ВЕРХНИХ ДИАГНОСТИЧЕСКИХ ГОРИЗОНТОВ ГОРОДСКИХ АНТРОПОГЕННЫХ ПОЧВ БИРОБИДЖАНА

Влияние процессов урбанизации на ферментативную активность антропогенно преобразованных почв до настоящего времени является малоизученной проблемой. Цель работы: исследовать ферментативную активность верхних диагностических горизонтов U урбик, AYur, RAT городских антропогенных почв Биробиджана.

В статье показано, что ферментативная активность верхних диагностических горизонтов городских антропогенных почв Биробиджана, по таким ферментам как: каталаза, инвертаза, уреазы, фосфатаза снижается в следующем ряду почв: культуроземы – рекреаземы – реплантоземы – конструктороземы – урбаноземы. К установленным особенностям городских антропогенных почв Биробиджана отнесены: повышенная щелочность, почвы нейтральные и слабощелочные pH от 6,6 до 7,4, по сравнению с природными, относительно не измененными, бурыми лесными слабокислыми pH 5,5–6,5 и дерново-аллювиальными кислыми pH 4,0–5,5 почвами города, низкая емкость катионного обмена менее 15 ммоль/100 г почвы, низкое содержание гумуса менее 4%, малая и умеренная мощность диагностических горизонтов. Наименьшая установленная ферментативная активность в верхнем диагностическом горизонте урбик U урбаноземов: каталазы $1,0 \pm 0,1$ мл O_2 /мин/1 г почвы, инвертазы $1,8 \pm 0,2$ мг глюкозы/1 г почвы за 24 часа, уреазы $2,0 \pm 0,2$ мг NH_3 /10 г почвы за 24 часа, фосфатазы $0,5 \pm 0,1$ мг P_2O_5 /100 г почвы за 1 час. Наибольшая в верхнем диагностическом горизонте AYur культуроземов: каталазы $2,8 \pm 0,3$ мл O_2 /мин/1 г почвы, инвертазы $8,2 \pm 0,7$ мг глюкозы/1 г почвы за 24 часа, уреазы $4,2 \pm 0,4$ мг NH_3 /10 г почвы за 24 часа, фосфатазы $1,3 \pm 0,2$ мг P_2O_5 /100 г почвы за 1 час.

Основной вывод: ферментативную активность верхних диагностических горизонтов U урбик, AYur, RAT городских антропогенных почв Биробиджана по каталазе, инвертазе, уреазе, фосфатазе можно охарактеризовать как низкую, а степень обогащенности ферментами почв бедной.

Ключевые слова: активность ферментов, почвы города, типы почв.

Введение

Ферментативная активность является одним из важных контролируемых показателей для многих природных образований и продуктов [1]–[6], [12]–[13], [16]. Например, почвенные ферменты, которые определяют направление и степень выраженности почвообразования, контролируют эволюцию почвы, уровень ее плодородия, характеризуют степень нарушения экосистем под влиянием естественных и антропогенных факторов. Поэтому, для характеристики биохимической трансформации органического вещества в почве, принято определять в ней активность ферментов [2]–[6].

Влияние процессов урбанизации на ферменты антропогенно преобразованных почв до настоящего времени является малоизученной проблемой. В то же время, активность энзимов почв – это ранний диагностический показатель, позволяющий проследить негативные изменения почвенных биосистем города. В связи с этим, изучение ферментативной активности почв городских территорий представляет весьма важную задачу.

В урбанизированной среде почвы города испытывают влияние сложного комплекса при-

родных и антропогенных факторов – урботехногенеза, который сопровождается нарушением состояния исходных природных почв, развитием в них деградиационных процессов, химическим и биогенным загрязнением, замусориванием, изменением физико-химических, агрохимических и других показателей. Увеличение доли антропогенно трансформированных почв и техногенных отложений становится характерным для многих городов с развитой промышленностью и транспортной сетью. В них, собственно почв, как естественных природных образований, остается все меньше. Под обобщающим названием «городские почвы» подразумевается большое разнообразие природных и антропогенно преобразованных почв, непочвенных поверхностных образований, состоящих из различных грунтов техногенного происхождения.

Ранее проведенные почвенно-экологические исследования [8], позволили выделить на территории Биробиджана четыре большие экологические группы почв и непочвенных субстратов:

1) природные относительно не измененные почвы;

- 2) природные поверхностно нарушенные почвы;
- 3) антропогенные почвы;
- 4) техногенные поверхностные образования.

Антропогенные почвы характерны для застроенной территории Биробиджана. Они диагностируются по отсутствию типичных генетических горизонтов, обычно присутствующих в природных почвах. Эта группа включает несколько типов почв. В их номенклатуре использовали систематику почв и почвообразующих пород Москвы [15]. Так, в 2007 году Правительством Москвы был принят «Закон о городских почвах». В процессе разработки Подзаконных актов, обеспечивающих его реализацию, и была разработана новая систематика почв мегаполиса.

Представляет интерес возможность использования новой систематики городских почв и на территориях других городов России, особенно, во взаимосвязи с различными показателями их экологического состояния. Например, в работе [16], была проанализирована каталазная активность почв Владивостока и Уссурийска. В работе [3] исследована активность ферментов почв Ростова-Дону, в работе [2] активность ферментов почв Пензенского ботанического сада г. Пенза.

Цель работы: исследовать ферментативную активность верхних диагностических горизонтов U урбик, AУг, RAT городских антропогенных почв Биробиджана.

Объекты и методы исследования

Объектами исследования явились почвы Биробиджана, административного центра Еврейской автономной области. Биробиджан относят к категории средних городов юга Дальнего Востока России, население 74777 человек (2015). Город расположен преимущественно на низких аккумулятивных поверхностях в пределах высокой поймы и первой надпойменной террасы реки Бира и ее притока реки Икура. В аллювиальных отложениях преобладают пески, супеси, гравийно-галечниковый материал, реже глины опесчаненные и ожелезненные [8].

Так как ферментативная активность почв наиболее характерна для ее верхних слоев [3]–[6], наиболее богатых гумусом, то установление свойств и ферментативной активности прово-

дилось только для верхних диагностических горизонтов городских антропогенных почв, описанных в работе [15]:

– U урбик (urbanus – город лат.) – горизонт гумусово-аккумулятивной природы, формирующийся преимущественно из накапливающегося и преобразуемого в результате урбопедогенеза материала;

– AУг гумусовый горизонт с признаками урбопедогенеза – гумусовый горизонт, формирующийся на поверхности городской почвы в результате преобразования материнского субстрата или при аккумуляции урботехногенного материала в поверхностных горизонтах природных почв;

– RAT техногенный рекультивационный горизонт – слой органо-минеральной смеси, являющийся поверхностным рекультивантом городских почв и грунтов.

Для установления типов почв согласно систематики [15], и отбора проб по месту нахождения почвенно-экологической группы антропогенных почв, обозначенных на карте почв Биробиджана [8], заложили почвенные разрезы. Выделили по пять разрезов каждого из типов городских антропогенных почв. Произвели отбор почв верхних диагностических горизонтов. При отборе, для определения ферментативной активности, проба была усреднена на всю мощность горизонта. Закладка разрезов, отбор проб, определение свойств горизонтов и ферментативной активности производились в период с 01.05.2015 по 01.08.2015. В результатах приведены средние значения для пяти проб с верхних диагностических горизонтов каждого из основных типов городских антропогенных почв Биробиджана.

Ферментативную активность и другие показатели определяли по [6]. Активность каталазы ($H_2O_2 : H_2O_2$ – оксидоредуктаза, КФ 1.11.1.6.) по реакции разложения пероксида водорода. Каталаза играет важную роль в окислительно-восстановительных реакциях в почве, которые, в свою очередь, являются основным звеном в процессе синтеза гумусовых веществ в почве и важным показателем их биологической активности.

Активность инвертазы (β – фруктофуранозидаса, сахараза, КФ 3.2.1.26) определяли на основе количественного учета восстанавли-

вающих сахаров и по изменению оптических свойств раствора сахарозы до и после воздействия фермента. Инвертаза широко распространена в природе и встречается почти во всех типах почв.

Активность уреазы (карбамид – амидо-гидролаза, КФ 3.5.1.5.) определяли на основе учета количества аммиака, образующегося при гидролизе мочевины. Уреазы гидролизует мочевины (карбамид) до аммиака и углекислого газа. В почве мочевина образуется в процессе превращения азотистых органических соединений белков и нуклеиновых кислот. Образовавшийся в результате уреазной реакции аммиак служит непосредственным источником азотного питания растений. Поэтому активность уреазы является одним из важнейших показателей биологической активности почв.

Активность фосфатазы (фосфогидролаза моноэфиров ортофосфорной кислоты. КФ 3.1.3.1-2) определяли на основе количественного учета неорганического фосфора. Фосфатазы входят в группу фосфогидролаз, катализирующих гидролиз фосфорорганических веществ, которые не могут быть использованы растениями без предварительного расщепления и минерализации. Активность этих ферментов является показателем интенсивности биохимических процессов мобилизации почвенных органофосфатов.

Результаты и обсуждение

Первоначально были установлены некоторые показатели верхних диагностических горизонтов городских антропогенных почв Биробиджана и произведена их систематика по [15], таблица 1.

К установленным особенностям свойств верхних диагностических горизонтов городских антропогенных почв Биробиджана можно отнести: повышенную щелочность, почвы нейтральные и слабощелочные рН от 6,5 до 7,4,

по сравнению с природными, относительно не измененными, бурными лесными слабокислыми рН 5,5–6,5 и дерново-аллювиальными кислыми рН 4,0–5,5 почвами города [7]–[8], низкую емкость катионного обмена (ЕКО) менее 15 ммоль/100 г почвы, и низкое содержание гумуса менее 4% [14], малую 9,8±0,3 см и умеренную от 21,2±1,1 см до 24,8±1,3 см мощность диагностических горизонтов [11].

Урбаноземы Биробиджана представляют собой почвы селитебных территорий, образовавшихся одновременно с накоплением городских отложений в результате строительной и хозяйственно-бытовой деятельности человека. Урбаноземы Биробиджана маломощные, залегают на естественных или насыпных грунтах техногенного происхождения

Культуроземы Биробиджана – почвы городского парка и рекреационных зон города, старых заброшенных огородов частного сектора, отдельные участки прибрежной зоны реки Бира, используемые в рекреационных целях. Их характерной чертой является несколько повышенная емкость катионного обмена в верхнем диагностическом горизонте, что, вероятно, обусловлено значительным содержанием слабо разложившихся растительных остатков.

Рекреоземы Биробиджана представляют собой природно-антропогенные почвы с подсыпками органо-минеральных субстратов. Формировались путем окультуривания и рекультивации нарушенных почв или поверхностных образований. Выделяются по наличию одного или серии органо-минеральных (RAT, RT) горизонтов разной степени гомогенизации и минерализации. Распространены на озелененных рекультивированных участках.

Реплантоземы Биробиджана – это техноземы (почвоводобные тела), состоящие из реплантированного маломощного поверхностного горизонта около 10 см, нанесенного на оставшиеся после строительства породы

Таблица 1. Некоторые показатели верхних диагностических горизонтов городских антропогенных почв Биробиджана

Тип городской почвы	Горизонт	Мощность, см	Гумус, %	рН	ЕКО, ммоль/ 100 г почвы
Урбаноземы	U	21,2±1,1	2,6±0,3	7,4±0,2	7,4±0,4
Культуроземы	AУг	24,8±1,3	2,7±0,4	6,8±0,2	12,2±0,5
Рекреоземы	RAT	18,2±0,9	3,7±0,5	6,7±0,2	7,2±0,4
Реплантоземы	RAT	9,8±0,3	3,5±0,5	6,6±0,2	8,3±0,4
Конструктоземы	RAT	22,4±1,1	3,8±0,5	6,6±0,2	8,8±0,4

(грунт) или другие поверхности техногенного происхождения.

Конструктоземы Биробиджана представлены техноземами сложных конструкций. Это специально созданные, зачастую многослойные, конструкции для перекрытия грунтов с неблагоприятными для зеленых насаждений, трав и цветковых растений свойствами. Например, газоны, клумбы, специальные грунты для курстарниковых.

Урбохемоземы – почвы, характеризующиеся необратимым химическим загрязнением веществами, степень которых оценивается как чрезвычайно опасная по принятым нормативам (5 ПДК). Такие почвы в Биробиджане не распространены [9], в силу отсутствия крупных промышленных источников поступления в почвы чрезвычайно опасных веществ.

Далее, в работе была установлена ферментативная активность верхних диагностических горизонтов исследованных почв, таблица 2.

Ферментативная активность верхних диагностических горизонтов городских антропогенных почв Биробиджана, по всем анализируемым ферментам, снижается в ряду: культуроземы – рекреаземы – реплантоземы – конструктоземы – урбаноземы.

К установленным особенностям можно отнести: общую низкую активность всех анализируемых ферментов во всех типах исследованных почв. По шкале оценки степени обогащенности почв ферментами Д.Г. Звягинцева [4], исследованные типы почв можно отнести к бедным. Это заключение подтверждается результатами полученными в работах [2]–[3], [16]. Это

связано, на наш взгляд, с низким содержанием гумуса в исследованных типах почв, недостаточным поступлением свежего органического вещества, заторможенностью окислительно-восстановительных процессов связанных со спецификой природно-климатических явлений юга Дальневосточного региона России, вследствие чего, происходит снижение общего уровня биологической активности почв.

Низкую активность ферментов также можно связать с антропогенными процессами загрязнения почв Биробиджана тяжелыми металлами, такими как: свинец, кадмий, никель и цинк [9]. Так, в работе [7], показано, что концентрация свинца в почвах города, в период с 2003 по 2009 годы, выросла на 20%, несмотря на то, что выбросы данного элемента от промышленных источников снизились на 30%.

Таким образом, вследствие низкой ферментативной активности, у городских антропогенных почв Биробиджана замедлены биохимические процессы урботехногенеза, снижены возможности почв к самоочищению при их химическом загрязнении, а депонирование токсичных элементов повышено, что, вероятно, может являться одним из факторов окружающей среды, влияющим на состояние здоровья населения города [10].

Заключение

В целом, верхние диагностические горизонты городских антропогенных почв Биробиджана обладают повышенной щелочностью по сравнению с природными, относительно не измененными, бурыми лесными слабокислыми

Таблица 2. Ферментативная активность верхних диагностических горизонтов городских антропогенных почв Биробиджана

Тип городской почвы, верхний диагностический горизонт	Активность каталазы, мл O ₂ /мин/ 1 г почвы	Активность инвертазы мг глюкозы/ 1 г почвы за 24 часа	Активность уреазы мг NH ₃ / 10 г почвы за 24 часа	Активность фосфатазы мг P ₂ O ₅ / 100 г почвы за 1 час
Урбаноземы, горизонт U	1,0±0,1	1,8±0,2	2,0±0,2	0,5±0,1
Культуроземы, горизонт AYur	2,8±0,3	8,2±0,7	4,2±0,4	1,3±0,2
Рекреаземы, горизонт RAT	2,6±0,3	7,8±0,6	3,6±0,3	1,2±0,2
Реплантоземы, горизонт RAT	2,4±0,3	7,2±0,6	3,0±0,3	1,1±0,2
Конструктоземы, горизонт RAT	2,1±0,2	6,0±0,5	2,7±0,2	0,9±0,1

и дерново-аллювиальными кислыми почвами города. Обладают низкой емкостью катионного обмена, наибольшее значение $12,2 \pm 0,5$ ммоль/100 г почвы для культуроземов, наименьшее $7,4 \pm 0,4$ ммоль/100 г почвы для урбаноземов, малой и умеренной мощностью верхних диагностических горизонтов от $9,8 \pm 0,3$ до $24,8 \pm 1,3$ см, и низким содержанием гумуса от $2,6 \pm 0,4\%$ до $3,8 \pm 0,5\%$. Ферментативную активность верхних диагностических горизонтов U урбик, A_Yu_g,

РАТ по каталазе, инвертазе, уреазе, фосфатазе можно охарактеризовать как низкую, а степень обогащенности ферментами почв бедной.

Наименьшая ферментативная активность в верхнем диагностическом горизонте урбик U урбаноземов Биробиджана, наибольшая в горизонте A_Yu_g культуроземов. Ферментативная активность в горизонте РАТ для рекреоземов, реплантоземов, конструктороземов Биробиджана отличается незначительно.

9.12.2015

Работа выполнена при поддержке субсидии на выполнение государственного задания Минобрнауки России №2014/422 ФГБОУ ВПО «ПГУ им. Шолом-Алейхема» по проекту №485 «Влияние природных и неприродных факторов на состояние здоровья населения Еврейской автономной области»

Список литературы:

1. Аблаева А.Р., Сафиуллина Р.Р. Целлюлозолитическая активность чернозема обыкновенного под разными видами трав в условиях зауралья республики Башкортостан // Вестник Оренбургского государственного университета. 2011. №12(131). С. 13-15.
2. Вяль Ю.А., Шиленков А.В. Ферментативная активность и агрохимические свойства почв Пензенского ботанического сада // Известия Пензенского государственного университета имени В.Г. Белинского. Естественные науки. 2008. №10(14). С. 26-32.
3. Горбов С.Н., Безуглова О.С. Биологическая активность почв городских территорий (на примере г. Ростов-на-Дону) // Научный журнал КубГАУ. 2013. №85(01). URL: <http://ej.kubagro.ru/archive.asp?n=85> (дата обращения 1.12.2015).
4. Звягинцев Д.Г. Биологическая активность почв и шкалы для оценки некоторых ее показателей // Почвоведение. 1978. №6. С. 48-54.
5. Инишева Л.И., Ивлева С.Н., Щербакова Т.А. Руководство по определению ферментативной активности торфяных почв и торфов. Томск: Изд-во Томского ун-та, 2002. 119 с.
6. Казеев К.Ш., Колесников С.И., Вальков В.Ф. Биологическая диагностика и индикация почв: методология и методы исследований. Ростов н/Д: Изд-во РГУ. 2003. 216 с.
7. Калманова В.Б. Анализ распределения свинца в системе почва-растительность г. Биробиджан // Фундаментальные исследования. 2014. №8. С. 1605-1611.
8. Калманова В.Б., Матюшкина Л.А. Систематика, диагностика и картографирование городских почв юга Дальнего Востока (на примере г. Биробиджан, Еврейская автономная область) // Вестник ДВО РАН. 2013. №5. С. 97-104.
9. Клинская Е.О. Содержание свинца, цинка, никеля и кадмия в почвах города Биробиджана и оценка их влияния на здоровье населения // Известия Самарского научного центра РАН. Самара: Изд-во Самарского научного центра РАН. 2010. Том 12, №1(4). С. 1027-1031.
10. Клинская Е.О. Среда обитания и риск заболеваемости населения Еврейской автономной области // Известия Самарского научного центра РАН. 2009. Том 11 (27), №1(6). С. 1149-1153.
11. Полевой определитель почв. М.: Почвенный ин-т им. В.В. Докучаева, 2008. 182 с.
12. Поляков В.Ю. Выявление температурной обработки натурального меда при его модификации и фальсификации // Глобальный научный потенциал. 2014. №3 (36). С. 63-67.
13. Поляков В.Ю. Установление термической обработки натурального пчелиного меда при его фальсификации // Вестник Приамурского государственного университета имени Шолом-Алейхема. 2014. №3. С. 70-74.
14. Попова Л.Ф., Наквасина Е.Н. Нормирование качества городских почв и организация почвенно-экологического мониторинга. Архангельск: Изд-во Северного (Арктического) федерального университета имени М.В. Ломоносова. 2014. 108 с.
15. Прокофьева Т.В., Мартыненко И.А., Иванников Ф.И. Систематика почв и почвообразующих пород Москвы и возможность их включения в общую классификацию // Почвоведение. 2011. №5. С. 611-623.
16. Пуртова Л.Н., Жарикова Е.А. Каталазная активность в почвах урбанизированных территорий юга Дальнего Востока // Известия Самарского научного центра РАН. Самара: Изд-во Самарского научного центра РАН. 2013. Том 15, №3(3). С. 1009-1011.

Сведения об авторах:

Поляков Владимир Юрьевич, доцент кафедры географии и экологии факультета таможенного дела и геосреды Приамурского государственного университета имени Шолом-Алейхема, кандидат химических наук, доцент

679000, г. Биробиджан, ул. Широкая, д. 70 А., тел.: (42622) 2-10-56, e-mail: polyakvy@mail.ru

Ревуцкая Ирина Леонидовна, доцент кафедры географии и экологии факультета таможенного дела и геосреды Приамурского государственного университета имени Шолом-Алейхема, кандидат биологических наук, доцент

679000, г. Биробиджан, ул. Широкая, д. 70 А., тел.: (42622) 2-10-56, e-mail: irina.etx@mail.ru