

УДК 631.43

ФЕРМЕНТАТИВНАЯ АКТИВНОСТЬ И ПИТАТЕЛЬНЫЙ РЕЖИМ ПОЧВ НА ЛЕСНЫХ ВЫРУБКАХ

©2016 А.И. Фахрутдинов, Т.Д. Ямпольская

Сургутский государственный университет

Статья поступила в редакцию 23.05.2016

Проведены исследования по оценке изменений баланса элементов питания и биохимических показателей лесных почв разного срока самовосстановления лесных вырубок. Изменение питательного режима в сочетании с изменением физико-химических параметров в различных временных промежутках сформировало условия для пластичности ферментативной активности почв. Показано, что функционирование почвенной системы направлено на восстановление плодородия до уровня, характерного для данной почвенно-климатической зоны в условиях высоких корреляционных зависимостей элементов питания и биохимической активности.

Ключевые слова: лесная вырубка, углерод, азот, фосфор, почвенные ферменты

Одним из ведущих свойств биологического мира является способность формировать баланс элементов живой и неживой природы [6]. В основе этого процесса лежит функционирование разнообразных ферментов, которые формируют ведущее звено взаимоотношений в поиске баланса активной жизнедеятельности живых систем [5, 20, 21]. Наиболее насыщенной различными ферментами и, как следствие, биохимическими процессами, является почвенная система. Именно здесь происходит наибольшее взаимодействие активного ферментного пула с пулом живых организмов, представленным в основной биомассе микроорганизмами [1, 2]. Результат подобного взаимодействия – формирование активного плодородия как функции педосферы по отношению к высшим растениям с формированием оптимальных режимов жизнедеятельности [10, 12, 19]. Естественные и антропогенные изменения состояния окружающей среды на почвенные системы определяют направление и уровень ответных реакций биологического и биохимического характера [7-9, 13]. Глубина и направленность ответных реакций обеспечивают стремление почвенной системы к поиску сбалансированного восстановления всех режимов плодородия, в особенности, питательного [4, 11, 14, 17]. В подобной ситуации важным является способность ферментов активизировать доступность элементов питания.

Цель работы: определение уровня доступности ряда элементов питания на фоне изменения активности отдельных ферментов.

Для достижения поставленной цели были выдвинуты следующие **задачи:** оценить изменение углеродного баланса и связанного с ним ряда ферментов на почвах лесных вырубок; произвести оценку изменения содержания различных форм азота и связанных с ним ферментов на территории лесной вырубки; оценить изменение содержания подвижного фосфора и связанной с ним фосфатазы на территориях участков самовосстановления леса.

Для исследований процессов самовосстановления были выбраны участки лесозаготовки ОАО ХМАО-Югры «Лесосервисная компания» и «Югралесхоз», казенное учреждение ХМАО-Югры «Самаровский лесхоз»

Фахрутдинов Айвар Инталович, кандидат биологических наук, доцент кафедры микробиологии. E-mail: fachrutdinov_a_i@mail.ru

Ямпольская Татьяна Даниловна, кандидат биологических наук, доцент. E-mail: yampolska0105@mail.ru

расположенного в зоне центральной тайги. Опираясь на архивные данные, были определены участки: один год после лесозаготовки, двадцать, сорок и шестьдесят лет. Определение общего углерода, аммонийного и нитратного азота и подвижного фосфора проводилось общепринятыми методами [3, 15]. Определялась активность следующих ферментов: карбогидраз - целлюлазы и β -глюкозидазы, азотного обмена: - протеазы и нитратредуктазы, фосфогидролаз: - фосфатазы по следующим методикам [18]. Результаты исследований обрабатывались с помощью компьютерного пакета данных Microsoft Excel: рассчитывали средние значения, квадратическое отклонение от среднего ($x \pm s$), коэффициент корреляции Пирсона [16].

В ненарушенной почве контрольного участка количество общего углерода не превышает не превышает 3% и плавно изменяется по профилю, достигая минимальных значений в материнской породе. Наибольшие значения отмечены в горизонте В, где сконцентрированы живые и отмершие корневые системы растений (рис. 1).

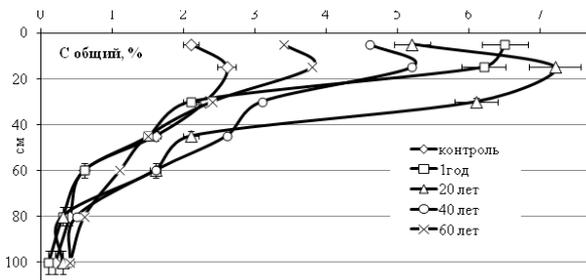


Рис. 1. Изменение содержания общего углерода

Глубокое разрушение и физическое перемешивание с внесением углеродсодержащего материала в верхние горизонты, обеспечивает значительный рост общего углерода на глубине до тридцати сантиметров в первый год после вырубки; при этом значения общего углерода достигали более шести процентов. Последующее восстановление вырубленного участка происходит на фоне увеличения количества общего углерода, который через двадцать лет достигает значений больше семи процентов на глубине до сорока сантиметров. Это свидетельствует о значимой гидролитичности целлюлозы на фоне высокой водопоглощающей способности данного природного полимера. Последующие годы (60 лет) происходит стабилизация

процентного соотношения общего углерода, который, в конечном итоге, стремится к контролю (рис. 1). Фермент целлюлаза обеспечивает расщепление целлюлозы до целлобиаз, и его количество напрямую зависит от объема доступной целлюлозы в почве. Из представленного рис. 2 видно, что количество данного фермента по мере восстановления лесного участка уменьшается с обеспечением высокой корреляционной зависимости от значений общего углерода (табл. 1).

Фермент целлюлаза обеспечивает расщепление целлюлозы до целлобиаз, и его количество напрямую зависит от объема доступной целлюлозы в почве. Из представленного рис. 2 видно, что количество данного фермента по мере восстановления лесного участка уменьшается с обеспечением высокой корреляционной зависимости от значений общего углерода (табл. 1).

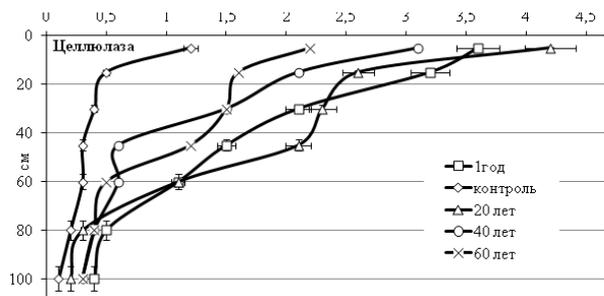


Рис. 2. Изменение содержания фермента целлюлазы, мг глюкозы за 24 часа

Таблица 1. Корреляционные зависимости общего углерода и целлюлаз

Промежуток восстановления	Контроль	1 год	20 лет	30 лет	60 лет
Целлюлаза, мг глюкозы/г почвы за 24 часа	0,60	0,97	0,79	0,89	0,92

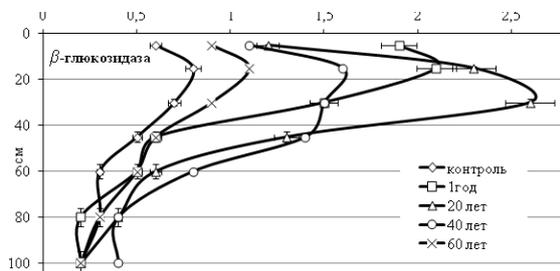


Рис. 3. Изменение содержания фермента β-глюкозидазы, мг глюкозы/г почвы за 24 часа

Таблица 2. Корреляционные зависимости общего углерода и β-глюкозидаз

Промежуток восстановления	Контроль	1 год	20 лет	30 лет	60 лет
β-глюкозидаза, мг глюкозы/г почвы за 24 часа	0,99	0,94	0,91	0,84	0,97

Трансформацию целлобиаз до доступной глюкозы обеспечивает фермент β-глюкозидаза. Динамика изменения содержания данного фермента по профилю восстанавливается до контрольных значений в течение шестидесяти лет и говорит о высоких концентрациях в

первые сорок лет зарастания участка с наибольшими значениями на глубине двадцать-сорок сантиметров (рис. 3). Значимая привязка к показателям общего углерода подтверждается высокими корреляционными значениями (табл. 2). Вышесказанное говорит о стремлении биологической почвенной системы максимально быстро и полно задействовать поступивший в неё углерод, активизируя при этом целую цепочку гидролитических ферментов.

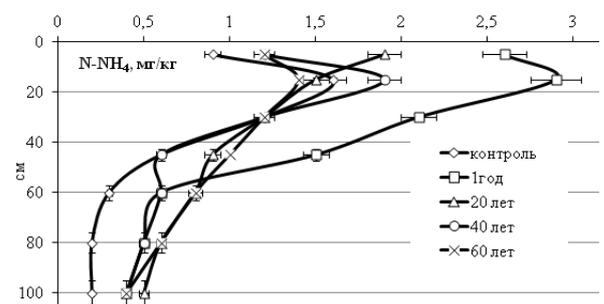


Рис. 4. Изменение содержания аммонийного азота, мг/кг

Таблица 3. Корреляционные зависимости аммонийного азота и протеаз

Промежуток восстановления	Контроль	1 год	20 лет	30 лет	60 лет
Аммонийный азот, мг/кг	0,82	0,89	0,99	0,96	0,98

Накопление в почве аммонийного азота определяется таким процессом почвенной системы, как рост биологической активности, который в свою очередь невозможен без изменения структуры почвенного горизонта, а также, изменения воздушного режима, что наиболее наглядно проявляется в первый год после вырубki лесного участка. При этом достигаются значения до трех миллиграммов на килограмм почвы. В дальнейшем, данный показатель стабилизируется и, на протяжении последующих шестидесяти лет, изменяется от одного до двух миллиграммов на килограмм на глубине до двадцати сантиметров, где наиболее активно протекают микробиологические и биохимические процессы (рис. 4).

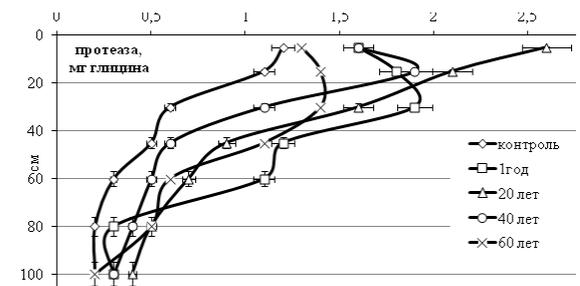


Рис. 5. Изменение содержания фермента протеазы, мг глицина

Наибольший уровень содержания протеазы отмечен на двадцатом году восстановления участка, где достигаются значения от двух до двух с половиной миллиграмм глицина. Отличительной особенностью фермента являются его высокие значения практически по всему биологически-активному профилю почвы на глубине до шестидесяти сантиметров (рис. 5). Активность фермента по отношению к белковым соединениям подтверждается выявлением высокого уровня корреляции на всем периоде восстановления лесного участка (табл. 3).

Изменения по профилю и годам восстановления нитратного азота и связанного с ним фермента нитратредуктазы практически совпадают в своих линейных функциях по всему профилю почвы (рис. 6, 7), что подтверждается выявленными высокими корреляционными значениями (табл. 4).

Характер и направленность питания в изученных почвах формируется на максимально высоком уровне с формированием больших значений соответствующих ферментов. Это свидетельство того, что биологическая система стремится максимально быстро и полно восстановить питательный режим в почве данного биоценоза.

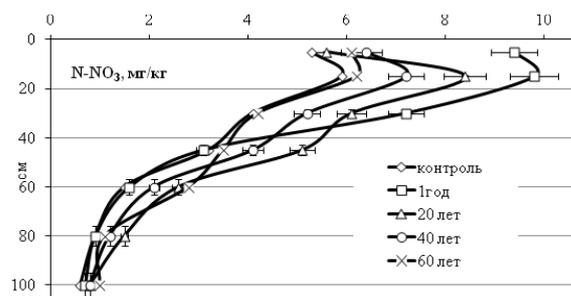


Рис. 6. Изменение содержания нитратного азота, мг/кг

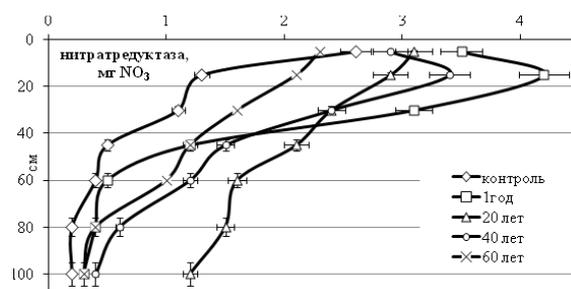


Рис. 7. Изменение содержания фермента нитратредуктазы, мг NO₃

Таблица 4. Корреляционные зависимости нитратного азота и фермента нитратредуктазы

Период восстановления	Контроль	1 год	20 лет	30 лет	60 лет
Нитратный азот мг/кг	0,82	0,99	0,90	0,99	0,99

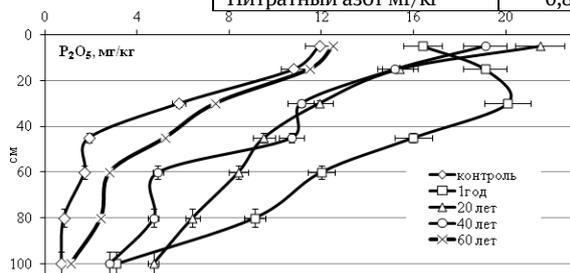


Рис. 8. Изменение содержания подвижного фосфора, мг/кг

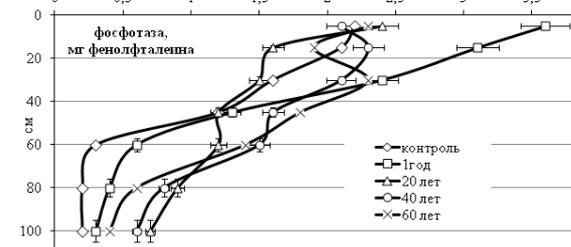


Рис. 9. Изменение содержания фермента фосфатазы, мг фенолфталеина

Таблица 5. Корреляционные зависимости подвижного фосфора и фермента фосфатазы

Период восстановления	Контроль	1 год	20 лет	30 лет	60 лет
Подвижный фосфор, мг/кг	0,93	0,79	0,99	0,86	0,83

Доступность фосфора, как одного из важнейших элементов питания, обеспечивается подвижностью его соединений в почвенной системе и поступлением извне в виде минеральных и органических компонентов. Наибольшая концентрация подвижного фосфора в почвах изученного биоценоза отмечалась на глубине двадцать сантиметров и была представлена значениями от 10 до 12 миллиграмм на килограмм. С продвижением к материнской породе значения подвижного фосфора стабилизировались. Такое распределение подвижного фосфора является классическим или наиболее характерным для дерново-подзолистых почв нашего региона. Поступление большого количества органического вещества в виде опада привело к увеличению содержания подвижного фосфора до 16-20 миллиграмм на килограмм в первый год после вырубki с высокой активностью фосфатазы ($r=0,79$). Последующие периоды (20-60 лет) значения подвижного фосфора остаются высокими с видимой стабилизацией по всему профилю. В конечном итоге значения подвижного фосфора стремятся к контролю (рис. 8).

Аналогичную динамику изменений по профилю и годам восстановления проявляет фермент фосфатаза (рис. 9), что подтверждается высокой корреляцией (табл. 5).

Выводы: наибольшая динамика изменения углеродного баланса и связанного с ним ряда ферментов на почвах исследуемых участков наблюдалась на начальном этапе самовосстановления с последующим снижением и приближением к природно-естественным значениям. Высокие показатели ферментов азотного обмена на протяжении всего периода самовосстановления обеспечили достаточный уровень азотного питания. Стабильные показатели фосфатазы сформировали благоприятные условия для значимого насыщения почв нарушенного участка подвижным фосфором. Высокие корреляционные значения позволяют с уверенностью говорить об ориентации почвенной системы нарушенных участков на самовосстановление с формированием новой почвенной экосистемы вне зависимости от изменяемой экологической обстановки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Антонов, А.Г. Ферментативная активность почв после первого приема выборочной рубки в сосняках красноярской лесостепи / А.Г. Антонов, И.Н. Бескоровайная // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. 2011. № 7. С. 61-66.
2. Антонов, Г.И. Биологическая активность почв после сплошных рубок в сосняках красноярской лесостепи / Г.И. Антонов, В.В. Иванов // Хвойные бореальные зоны. 2010. № 3. С. 238-242.
3. Аринушкина, Е.В. Руководство по химическому анализу почв. – М.: МГУ, 1970. 487 с.
4. Варвейко, И.В. Оценка влияния сплошных рубок на вынос биогенных элементов с малых лесных водосборов: На примере Карельского перешейка: автореф. дис. ... к.с/х.н. – СПб., 2003. 17 с.
5. Владыченский, А.С. Пространственно-временная динамика содержания органического углерода в дерново-подзолистых почвах постагрогенных БГЦ / А.С. Владыченский, И.М. Рыжова // Вестник Московского университета. Серия 17: Почвоведение. 2009. №3. С. 3-9.
6. Говорушко, С.М. Экологические последствия лесозаготовок // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. 2014. № 1. С. 45-53.
7. Доклад об экологической ситуации в Ханты-Мансийском автономном округе – Югре в 2010 году / Департамент экологии ХМАО – Югры, «НПЦ Мониторинг», ООО «Принт-Класс», 2011. 128 с.
8. Доклад об экологической ситуации в Ханты-Мансийском автономном округе – Югре в 2011 году / Департамент экологии ХМАО– Югры, ООО «Печатное дело», 2012. 138 с.
9. Доклад об экологической ситуации в Ханты-Мансийском автономном округе – Югре в 2012 году / Департамент экологии ХМАО– Югры, ООО «Печатное дело», 2013. 177 с.
10. Забелина, О.Н. Ферментативная активность почвы природно-рекреационных ландшафтов урбанизированных территорий // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 2. С. 493.
11. Кидин, В.В. Трансформация аммонийного и нитратного азота в разных горизонтах дерново-подзолистой почвы / В.В. Кидин, А.Б. Ахметова // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. 2011. № 3. С. 7-16.
12. Макаров, М.И. Фосфор органического вещества почвы: Дис. ... канд. биол. наук. – М., 2004. 386 с.
13. Петров-Спиридонов, А.А. Динамика органического вещества и азота в дерново-подзолистых почвах в березняке и на сплошной вырубке в подзоне южной Тайги: автореф. дис. ... канд. биол. наук. – М., 1987. 22 с.
14. Пилецкая, О.А. Фосфатный режим и фосфатазная активность черноземовидной почвы / О.А. Пилецкая, В.Ф. Прокапчук // Вестник Красноярского аграрного университета. 2014. № 8. С. 47-50.
15. Практикум по агрохимии / под ред. В.Г. Минеева. – М.: Изд-во МГУ, 1989. 304 с.
16. Салин, В.М. Практикум по курсу «Статистика» (в системе STATISTICS 7.) / В.М. Салин, Э.Ю. Чурилова. – М.: Изд-во «Социальные отношения», 2002. 188 с..
17. Серёгина, Д.С. Анализ трансформации азотсодержащих соединений в компонентах биосферы / Д.С. Серёгина, Л.А. Коваленко // Технические науки от теории к практике. 2015. № 44. 151-160.
18. Хазиев, Ф.Х. Методы почвенной энзимологии. – М.: Наука, 2005. 252 с.
19. Хмара, К.А. Влияние антропогенного воздействия (вырубка древесной растительности) на формирование таёжных экосистем // Вестник Северного (Арктического) федерального университета. 2008. № 4. С. 18-29.
20. Шебалова, Н.М. Активность ферментов как показатель состояния лесорастительных свойств // Аграрный вестник Урала. 2009. № 3. С. 92-94.
21. Юлбашаев, Ю.А. Лесное хозяйство Дальнего востока [Электронный ресурс / Ю.А. Юлбашаев – режим доступа: <http://www.activestudy.info/lesnoe-hozyajstvo-dalnego-vostoka/> – Загл. с экрана.

ENZYMATIC ACTIVITY AND NUTRITIOUS MODE OF SOILS AT FOREST CUTTINGS

©2016 A.I. Fakhрутdinov, T.D. Yampolskaya

Surgut State University

Researches on the assessment of changes in balance of nutritious elements and biochemical indicators of forest soils of different term of forest cuttings self-restoration are conducted. Change of the nutritious mode in combination with change of physical and chemical parameters in various temporary intervals has created the conditions for plasticity of soils enzymatic activity. It is shown that functioning of soil system is directed to restoration of fertility to the level characteristic of this soil and climatic zone in the conditions of high correlation dependences of nutritious elements and biochemical activity.

Key words: forest cuttings, carbon, nitrogen, phosphorus, soil enzymes