

ДИНАМИКА БАЛАНСА УГЛЕРОДА И АЗОТА ЕСТЕСТВЕННЫХ И НАРУШЕННЫХ ПОЧВ ХМАО-ЮГРЫ

© 2010 А.И. Фахрутдинов

Сургутский государственный университет ХМАО-Югры

Поступила в редакцию 10.05.2010

Проведена оценка процессов баланса углерода и минерализации азота естественных и нарушенных почв в различных географических зонах округа. Глубина возможных изменений в процессах почвенных систем выявлена методом углеводородной провокации. Определены изменения в почвенной системе в зависимости от уровня и характера техногенного воздействия

Ключевые слова: коэффициент минерализации почв, баланс углерода, баланс азота

Естественное плодородие почв и их экологическое состояние в различных техногенных условиях определяется совокупностью факторов и условий, предопределяющих основные почвенные режимы. Определяющими показателями сбалансированности почвенной системы является соотношение углерода и азота (C:N) и коэффициент минерализации (K_m). Почвы представляют собой гетерогенную среду благодаря структурированности и микроразнообразности. Микроразнообразие основывается на локальном поступлении органических остатков и корневых выделений, а также на микроразнообразии распределения физико-химических условий (окислительно-восстановительного потенциала, pH, концентрации элементов питания и т.д.), минералогических факторов [1]. С круговоротом углерода связана судьба почвенного органического вещества, и микроорганизмы являются главным звеном в его преобразовании. Попадающие в почву полимеры (целлюлоза, ксиланы, гемицеллюлозы, пектины, крахмал, лигнин, фруктаны, маннаны) деструктурируются микроорганизмами-гидролитами. В аэробной зоне ими являются грибы, актиномицеты и многие бактерии. В анаэробной зоне гидролитики представлены бактериями и анаэробными грибами [2]. Гидролитические ферменты, накапливаются в почве, адсорбируются на почвенных частицах и создают пул иммобилизованных ферментов. Он может продолжать свою работу, когда микробная деятельность подавлена. Гидролиз полимеров происходит без затраты энергии [3].

Крахмал, как и целлюлоза, относится к группе гомополисахаридов, и разлагается внеклеточными микробными ферментами – амилазами. Продукты расщепления крахмала в аэробных условиях используются самими гидролитами и сопутствующими микроорганизмами и

процесс заканчивается выделением CO_2 . В анаэробных условиях мальтоза и глюкоза сбраживаются с образованием органических кислот, спиртов и газов [4].

Липиды (жиры) в почве разлагаются микроорганизмами, обладающими ферментами липазами с образованием глицерина и жирных кислот. В аэробных условиях глицерин используется в метаболизме бактерий и грибов. Жирные кислоты более стойкие, и накапливаясь в почве, обуславливают ее токсичность. В анаэробных условиях жирные кислоты восстанавливаются до углеводов. Липазы имеются у всех почвенных организмов (аэробов и анаэробов): грибов, бактерий и актиномицетов [5].

Углеводороды в почве представлены газообразными (метан, этан, пропан, этилен и др.), жидкими и твердыми веществами; они могут быть алифатическими и циклическими соединениями. В таких почвах наблюдается высокая численность углеводородокисляющих микроорганизмов. Большинство углеводородов окисляется микроорганизмами. Этот процесс важен в аспекте самоочищения почвы от загрязнений нефтью и продуктами ее переработки [6].

Азот – один из главных биофильных элементов. Он входит в состав белков-ферментов и структурных белков, нуклеиновых и аденозинфосфорных кислот. Проблема азотного баланса почв и азотного питания – одна из центральных в почвоведении и агрохимии. От ее правильного решения зависит продуктивность и сохранение почвенного плодородия при многолетней эксплуатации земель и сохранение биосферы [7]. Особо актуальны вопросы сохранения плодородия почв округа стоят в условиях систематического техногенного воздействия. Выяснение направленности и глубины углеродного и азотного балансов позволит создать информационное поле состояния и прогноза экологического состояния.

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

Цель работы: исследовать динамику изменений почвенных показателей естественных и нарушенных почв округа.

Исследования проводились на протяжении 2008-2009 гг. на мониторинговых площадках с дерново-подзолистыми почвами, охватывающих всю территорию округа (рис. 1). Площадки представлены контрольными (незагрязненными)

участками и участками с углеводородным загрязнением с уровнем загрязнения 0,5-6,0 г/кг почвы. В работе представлен материал по западной точке (№1), северной (№5), южной (№10), восточной (№12) и центральной (№9). Нарушенные (загрязненные) почвы имеют разный уровень, сроки и характер загрязнения (таб. 1).

Таблица 1. Характеристика загрязнения почв представленных мониторинговых площадок

№ точки	Географическое положение	Уровень загрязнения, г/кг почвы	Характер загрязнения	Время загрязнения, год
1	западная точка	1,73	нефть	1993
5	северная точка	2,75	нефтепродукты	1991
9	центральная точка	6,67	нефть	1984-1998
10	южная точка	0,57	газоконденсат	1999
12	восточная точка	1,5	масло+дизтопливо+мазут	1987-1993



Рис. 1. Расположение мониторинговых площадок исследования

Для выяснения глубины изменений почвенных систем в 2009 г. на мониторинговых площадках в весенний период проведена «провокация» углеводородной смесью (УВС): 4% крахмала + 4% глицерин + 36% этиловый спирт +60% воды полосой 2×10 м, дозой 100 мл/м² на контрольных и загрязненных участках. Для оценки морфо-функциональной структуры микробного сообщества и направленности процессов трансформации органического вещества и техногенных углеводородов рассчитывали показатели процессов минерализации – коэффициенты минерализации K_m и соотношение углерод-азот (C:N). Исследования проводились общепринятыми методами [8, 9].

Обсуждение результатов исследований целесообразно вести с учетом пространственно-географического расположения точек мониторинга. Это позволит выявить наличие или отсутствие прямых зависимостей от почвенных процессов, от погодно-климатического фактора и взвешенно оценить значимость характера антропогенного воздействия. При оценке процессов, происходящих в почвенных системах, необходимо выделить почвы центральной точки как «эталонные». Это связано с равноудаленным географическим расположением от границ округа с классически сформированной дерново-подзолистой почвой. В этой точке наблюдается средние по округу загрязнение нефтяными

углеводородами (6,67 г/кг) и значительный период техногенного воздействия.

На контрольных участках почв показатели углерод-азотного баланса (C:N) и коэффициента минерализации K_M стабильны на протяжении сезонов исследования. Незначительное снижение K_M выявлено в период август-сентябрь 2009 г., что связано с обильными осадками (рис. 2а).

Углеводороды внесенной смеси повысили значения C:N с последующим снижением к осени. K_M понизился вследствие угнетения микрофлоры и ухудшения питательного и водно-воздушного режимов. С августа и до окончания сезона 2009 г. произошло повышение данного показателя благодаря увеличению промывания почвенной толщи.

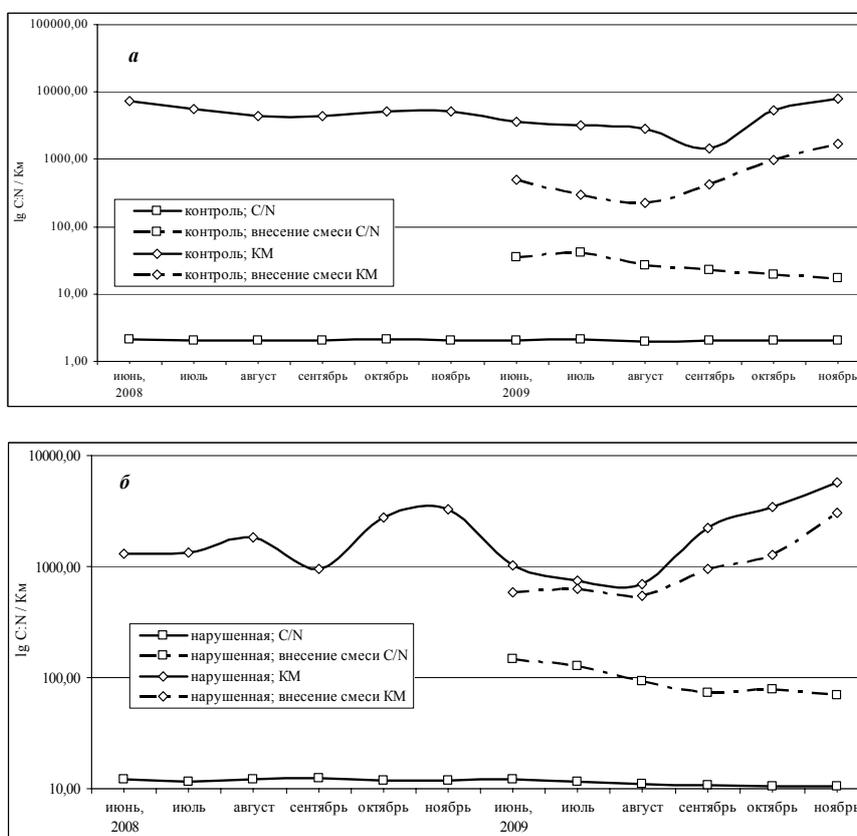


Рис. 2. Динамика C:N и K_M в естественных и нарушенных почвах центральной точки округа

Баланс C:N нарушенной (загрязненной) почвы стабилен, что отображает сформированность биоценоза (рис. 2б). Провокация вызвала изменения в углерод-азотном балансе, без фиксации углерода в почвенной системе. K_M отображает динамику микрофлоры активно изменяясь по сезонам исследования, а углеводороды внесенной смеси практически его не изменили. Сезонная динамика C:N в контрольной почве западной точки ровная, а внесение УВС повысило этот показатель (рис. 3а). Причиной этому служит низкая активность ППК, слабая оструктуренность, что вызвало стрессовое состояние почвенной системы. Наблюдается «просаживание» показателей K_M по отношению к контрольной динамике, чему способствовала низкая активность микрофлоры и изменение воздушного режима. Нарушенные почвы в целом имеют схожую динамику углерод-азотного баланса и процессов минерализации, но с более значительными абсолютными значениями (рис. 3б). Имея в составе микробценоза высокую численность углеводородоксилирующих микроорганизмов,

ответная реакция на углеводородную провокацию менее значима, чем в контрольных почвах.

Климатические условия восточной зоны исследования более континентальные, что накладывает определенный отпечаток на течение процессов в почвенных системах. Углерод-азотный баланс в контрольной почве самый низкий из всех обсуждаемых объектов, но устойчив на протяжении сезонов исследования (рис. 4а). Углеводородная провокация повышает C:N соотношение по схожей причине с почвами западной зоны. Низкая общая микробная активность и преобладание мицелиальных представителей микрофлоры вызвало значительное снижение K_M с последующим повышением практически до контрольных значений, из-за активизации бактериальной составляющей микробценоза. На нарушенных техногенным загрязнением почвах не выявлено значимых отличий от контрольных (рис. 4б). Необходимо отметить «зеркальность» изменений C:N и K_M при проведении провокации, что позволяет говорить об активизации микробценоза и значительных изменениях в ППК почвы.

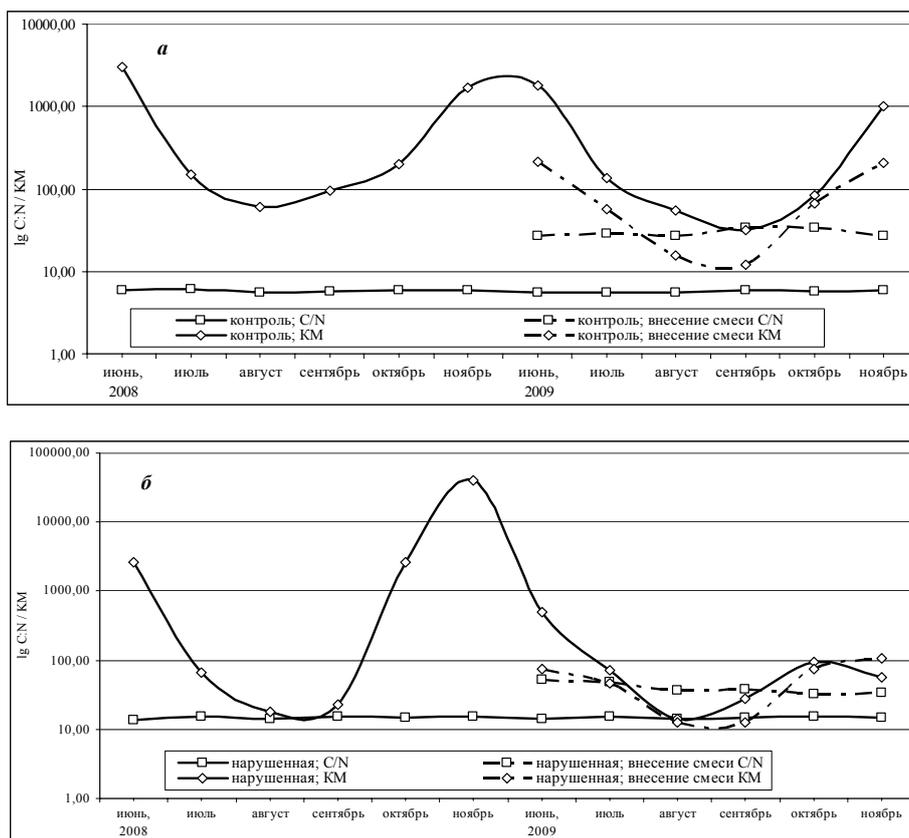


Рис. 3. Динамика C:N и Km в естественных и нарушенных почвах западной точки округа

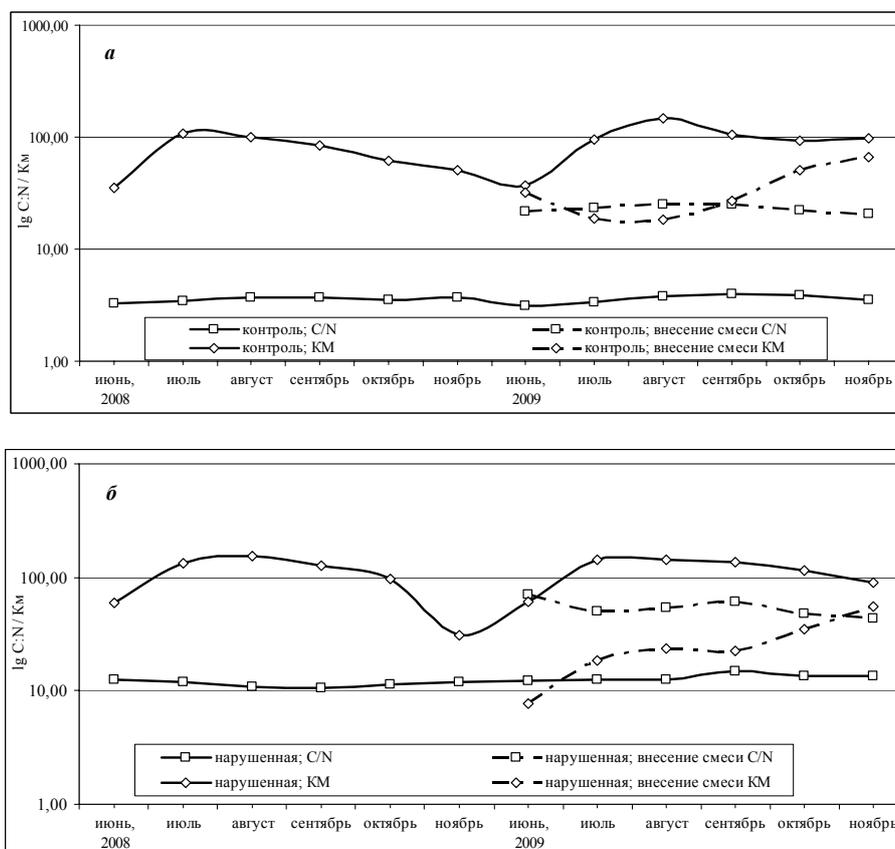


Рис. 4. Динамика C:N и Km в естественных и нарушенных почвах восточной точки округа

Почвы северной точки исследований имеют короткий профиль, до 40 см, и часто подпираются участками вечной мерзлоты с глубины 60 см. Это приводит к концентрации всего разнообразия процессов в ограниченном почвенном пространстве. Поэтому любое по характеру вторжение вызывает значительное изменение в химическом и биологическом процессах. В контрольной почве выявлено равное по сезонам соотношение C:N, но низкое по значению общего азота привело к повышению углерод-азотного баланса при осуществлении провокации (рис. 5а). Коэффициент минерализации проявляется как более динамичный показатель состояния почвенной системы с глубоким снижением в результате августовских обильных осадков. Внесение углеводов провокации проявилось общим токсическим действием на микро-

боценоз и резко изменило водный и воздушный режимы, вследствие чего произошло резкое снижение K_m в летний период. В последующие месяцы до конца сезона идет активный рост жизнедеятельности микрофлоры за счет активизации мицелиальной группы микроорганизмов. Исследуемые показатели состояния почвенной системы нарушенной почвы северной зоны имеют различную сезонную динамику. Углерод-азотное соотношение увеличивается в результате внесения компонентов провокации, и разница остается значимой на протяжении всего сезона 2009 г. (рис. 5б). УВС, поступившая в загрязненную почву, окончательно подавила микробную активность в июле 2009 г. В последующем на протяжении сезона происходит рост численности микроорганизмов и обеспечивается он бактериальной частью микробоценоза.

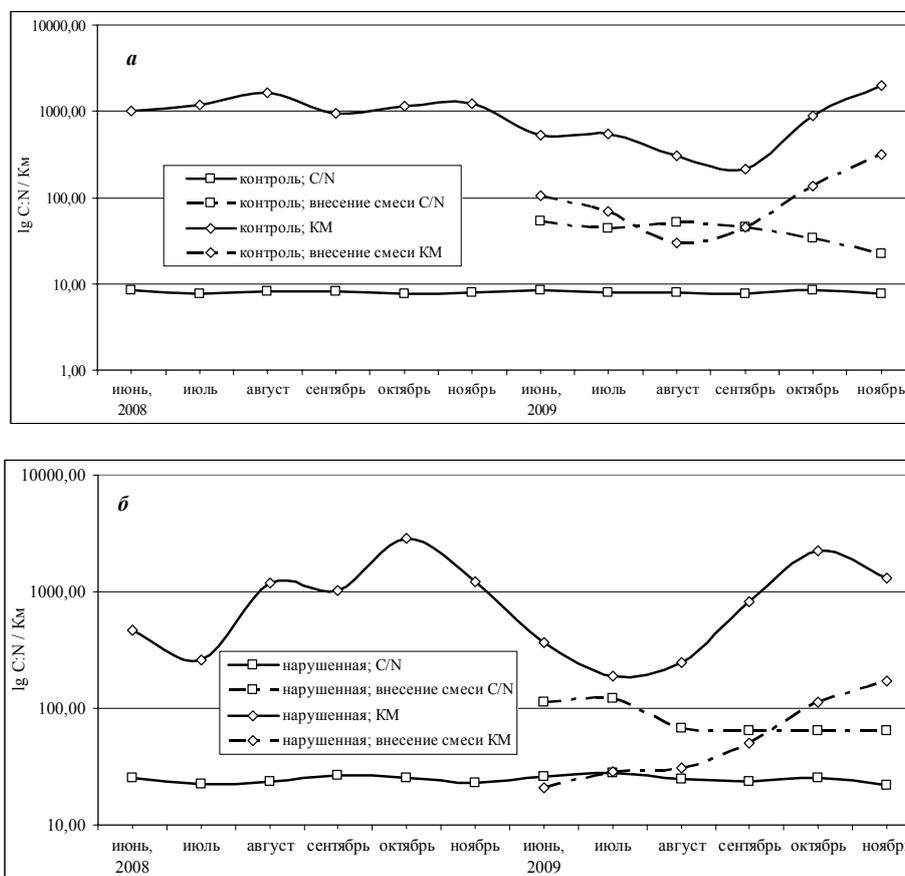


Рис. 5. Динамика C:N и K_m в естественных и нарушенных почвах северной точки округа

В южной зоне округа профили почв значительно мощнее, характеризуются высокой активностью химических, биохимических и биологических процессов. Контрольные почвы проявляют высокую сбалансированность углеродного и азотного круговорота (рис. 6а). Поступление углеводов провокации лишь повысило C:N соотношение, но практически не вызвало изменения в K_m . Наблюдается отсутствие прямого токсического действия на микро-

флору на фоне устойчивости питательного режима к изменению химического состава почвы. Нарушенные почвы имеют невысокое и характерное загрязнение (газовый конденсат 0,57 г/кг почвы), что предопределило несущественные изменения сезонной динамики почвенной системы (рис. 6б). Внесение углеводов провокации так же сформировало схожую с контрольной ответную реакцию по обоим описываемым показателям.

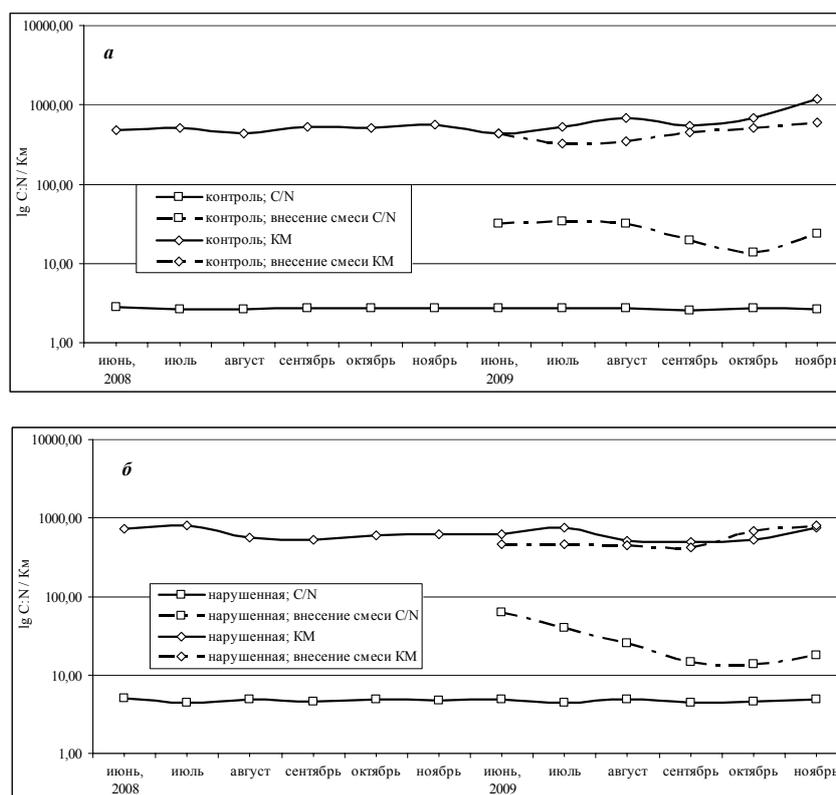


Рис. 6. Динамика C:N и K_M в естественных и нарушенных почвах южной точки округа

Выводы: представленные результаты исследований характеризуют высокий уровень географической привязки показателей динамики углеродного и азотного балансов и коэффициента минерализации. Показана схожесть изменений процессов в почвенной системе с запада на восток. Изменения ответной реакции на углеводородную провокацию при оценке по направленной север-юг определена факторная зависимость условий формирования биоценозов в результате загрязнения. Выявлена зависимость изменений нарушенной почвенной системы от уровня и характера углеводородного загрязнения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Аристовская, Т.В. Микробиология процессов почвообразования. – Л.: Наука, 1980. – 187 с.

2. Виноградский, С.Н. Микробиология почвы. – М.: Изд-во АН СССР, 1952. – 370 с.
3. Громов, Б.В. Экология бактерий / Б.В. Громов, Г.В. Павленко. – Л.: Изд-во ЛГУ, 1989. – 246 с.
4. Добровольская, Т.Г. Структура бактериальных сообществ почв. – М.: Академкнига, 2002. – 281 с.
5. Добровольский, Г.В. Функции почв в биосфере и экосистемах / Г.В. Добровольский, Е.Д. Никитин. – М.: Наука, 1990. – 258 с.
6. Заварзин, Г.А. Лекции по природоведческой микробиологии. – М.: Наука, 2003. – 347 с.
7. Заварзин, Г.А. Введение в природоведческую микробиологию / Г.А. Заварзин, Н.Н. Колотилова. – М.: Книжный дом «Университет», 2001. – 255 с.
8. Аринушкина, Е.В. Руководство по химическому анализу почв. – М., Изд-во МГУ, 1970. – 487 с.
9. Звягинцев, Д.Г. Методы почвенной микробиологии и биохимии: Учебное пособие. – М., 1991. – 304 с.

DYNAMICS OF CARBON AND NITROGEN BALANCE IN NATURAL AND DISTURBED SOILS AT HMAO-YUGRA

© 2010 A.I. Fahrutdinov
Surgut State University HMAO-Yugra

The estimation of processes of carbon balance and mineralization of nitrogen in natural and disturbed soils in various geographical zones of district is lead. Depth of possible changes in processes of edaphic systems is revealed by a method of hydrocarbonic provocation. Changes in edaphic system depending on level and character of technogenic influence are certain.

Key words: *factor of soils mineralization, balance of carbon, balance of nitrogen*