



DOI 10.21178/2079-6080.2016.4.28
УДК 630*221.01:630*114.261

Влияние несплошной рубки на условия азотного питания подроста сосны в Красноярской лесостепи

© Г.И. Антонов¹, И.Н. Безкоровайна², В.В. Иванов¹

Effects of partial cutting on nitrogen feeding of pine understory in Krasnoyarsk forest-steppe

G.I. Antonov, I.N. Bezkorovainaya, V.V. Ivanov (Forest Institute, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences; Siberian Federal University)

Influence of the changed environmental parameters on stocks of various fractions of soil nitrogen under pine forests in five years after cuttings is shown. In green-mosses and woodreed-herbs-mosses closed stands high mineralization potential of sod-podzolic ground on a background of oppression viable understory (up to 75%), that is caused by a microclimate of territory of the plots (temperature, humidity). A plenty of nitrogen light fraction was in ground under cowberry pine forests, but the mineralization of nitrogen was thus low and reached 10% on skidding trail. On sites of cowberry pine forests there is no competition for components of a nitric feed with field layer and is observed immobilization nitric connections. It is the positively reflects on understory occurrence. The quantity of viable understory specimens amounts under a woodreed-herbs-mosses pine forest – 16250 sp./hectares, under a cowberry pine forest – 30595 sp./hectares, under a woodreed-cowberry-herbs pine forest – 24107 sp./hectares, that in 6-7 times above, than in green-mosses pine forests. A lot of unviavle understory specimens on the control plots corresponding a woodreed-herbs-mosses pine forest, approximately in 10 times exceeds viable quantity, that, probably, is caused by decrease in light exposure under closed forest stand (up to 74% from the open place). Positive relationship of understory quantity from the light nitrogen maintenance in the top layer of cutting area it is not revealed. The interrelation high mineralization potential with viability understory under closed (0,7-0,9) green-mosses pine forests is established, but under thin (0,5-0,7) forest stands we observed the nitrogen immobilization. Therefore partial cutting with intensity of 35-53% in woodreed-herbs-mosses pine forests, cowberry pine forests and woodreed-cowberry-herbs pine forest in five years promoted creation of specific soil hydrothermal and microclimatic conditions in corresponding territories that has led to accumulation accessible soil nitrogen for understory .

Key words: pine forest, partial cutting, reforestation, understory, nitrogen fractional composition, ammonization

Влияние несплошной рубки на условия азотного питания подроста сосны в Красноярской лесостепи

Г.И. Антонов, И.Н. Безкоровайная, В.В. Иванов

Показано влияние параметров среды, изменившихся через пять лет после проведения несплошной рубки, на запасы различных фракций азота в почвах. В разнотравно-зеленомошных и вейниково-разнотравно-зеленомошных высокополнотных древостоях отмечен высокий минерализационный потенциал дерново-подзолистой почвы на фоне угнетения жизнеспособного подроста (до 75%), что обусловлено микроклиматом территории пробных площадей (температурой, влажностью). Большое количество фракции легкогидролизуемого азота наблюдалось в почве под сосняками бруснично-разнотравной формации, но минерализация азота при этом низкая и достигала 10% на волокне. На участках сосняков бруснично-разнотравных отсутствует конкуренция за составляющие азотного питания с живым напочвенным покровом и наблюдается иммобилизация азотных соединений. Это положительным образом сказывается на естественном возобновлении. Количество здоровых экземпляров в сосняках составило: в разнотравно-вейниково-зеленомошном – 16250, бруснично-разнотравном – 30595, бруснично-разнотравно-вейниковом – 24107 экз./га, что в 6-7 раз выше, чем в сосняках зеленомошной группы типов леса. На контрольной пробной площади (сосняк вейниково-разнотравно-зеленомошный) нежизнеспособных экземпляров подроста сосны примерно в 10 раз больше, чем здоровых, что, возможно, обусловлено значительным снижением освещенности под высокополнотным древостоем (до 74% от открытого места). Зависимости подроста сосны от содержания легкогидролизуемого азота в верхнем слое почвы лесосек не выявлено. Установлена положительная связь между высоким минерализационным потенциалом и жизнеспособностью подроста в высокополнотных (0,7-0,9) сосняках разнотравно-зеленомошных, однако в среднесомкнутых (0,5-0,7) древостоях мы наблюдали иммобилизацию азота. Проведение несплошных рубок интенсивностью 35-53% по запасу в сосняках разнотравно-вейниково-зеленомошном, бруснично-разнотравном и бруснично-разнотравно-вейниковом через пять лет способствовало созданию специфических почвенных гидротермических и микроклиматических условий на соответствующих территориях, что привело к накоплению доступного для подроста почвенного азота.

Ключевые слова: сосна, несплошные рубки, лесовозобновление, подрост, фракционный состав азота, аммонификация

Антонов Георгий Иванович – мл. науч. сотр., канд. биол. наук
E-mail: egoan@yandex.ru

Безкоровайная Ирина Николаевна – доцент Института экологии и географии
Сибирского Федерального университета, д-р биол. наук
E-mail: birinik-2011@yandex.ru

Иванов Виктор Васильевич – ст. науч. сотр., канд. с-х. наук

¹ФГБУН Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН
660036, Красноярск, Академгородок, 50/28
Телефон: +7(391)211-14-75

²ФГАОУ Сибирский Федеральный университет
660041, Красноярск, пр. Свободный, д. 79
Телефон: +7(391)291-27-33

Введение

Азот в лесных почвах Сибири и Красноярского края является основным компонентом органического вещества, определяющим плодородие [1, 2, 8, 20]. Необходимость оценки состояния азотного фонда почв лесных биогеоценозов, а также динамики азотсодержащих соединений под влиянием экзогенных факторов связана с решением проблем охраны почв и повышения их лесорастительной способности на фоне возрастающего антропогенного воздействия [1, 2, 4, 6, 8, 13, 18, 19].

Почвенный азот является незаменимым элементом питания для всходов сосны на ранних стадиях лесовозобновления, в том числе и после рубок разного типа. Несплошную рубку считают мероприятием, стимулирующим трансформацию соединений азотного цикла. Изменив условия аккумуляции и круговорота азота в лесных биогеоценозах, можно вызвать устойчивое накопление его в почве и тем самым повысить продуктивность древостоев [2, 6, 8, 9, 11, 13, 14, 20].

Цель исследований – выявить особенности азотного питания подроста сосны после несплошных рубок сосновых древостоев в условиях Красноярской лесостепи.

Методика исследования

Комплексные экологические исследования проводятся в чистых по составу сосняках (*Pinus sylvestris* L.) экспериментального хозяйства Института леса СО РАН «Погорельский Бор», представляющего собой интразональный участок островной Красноярской лесостепи (N 56°22', E 92°57').

В экспериментальную рубку поступали спелые сосняки бруснично-разнотравные – пробные площади (ПП) 3 и 4 и разнотравно-зеленомошные – ПП 1, ПП 2 и ПП 5 возрастом 100-120 лет, II бонитета, с полнотой 1,1-1,3, количеством стволов 311-462 шт./га и запасом древесины 372-570 м³/га. Разработка лесосек осуществлялась в 2008 году по технологии «методом узких лент» с использованием бензомоторных пил и трелевочного трактора

ЛХТ-55. Лесоводственная оценка выполненных работ при таксации древостоев проводилась по общепринятым методикам [16, 21]. В результате разреживания полнота древостоев уменьшилась до 0,5-0,9, густота – до 219-304 шт./га, запас древесины – до 177-408 м³/га; интенсивность рубки при этом составила от 29 до 53%. Контролем служил сосняк разнотравно-зеленомошный с полнотой 1,2, количеством стволов 863 шт./га и запасом древесины 576 м³/га.

На каждой пробной площади осуществлялся учет естественного возобновления способом закладки учетных лент (по 3 ленты на волоках и 4 – на пасаках) с разделением их на площадки размером 2×2 м [8, 10, 16]. Самосев и подрост учитывались по породам, высотным группам и категориям жизненного состояния.

Для характеристики микроклимата на технологических элементах рубки измерялась температура воздуха, подстилки, порубочных остатков и почвы при помощи влагомера TESTO 605, игольчатого термометра Hanna Checktemp – 10-кратно в течение вегетационного периода.

Анализ физико-химических свойств почвы (определение содержания гумуса, валового азота, подвижных форм азота, фосфора и калия, гидролитической кислотности и суммы обменных оснований) проводился с использованием компьютеризированной аналитической системы PSCO/ISI IBM-PC 4250 методом ближней инфракрасной спектроскопии [3].

Фракционный состав азота определялся титриметрическим методом с помощью ступенчатого щелочного гидролиза. Потенциальную минерализационную активность оценивали по накоплению аммонийного азота (N-NH₄) после 2-недельного компостирования образцов почвы в оптимальных условиях температуры (28 °С) и влажности (60%) с последующим колориметрированием с реактивом Несслера. Минерализацию выражали в процентах от гидролизуемой фракции азота [12, 14, 25].

Результаты и их обсуждение

Сосновые древостой сформированы на дерново-подзолистых почвах [2, 5]. Содержание гумуса под ненарушенными сосняками (до проведения рубки) в слое почвы 0-10 см, соответствующее гумусо-аккумулятивному горизонту АУ, составляло 8,7-10,8%, содержание валового азота – 138-227 мг/100 г почвы, сумма обменных оснований – 25-30 моль-экв/100 г. Почвы характеризуются кислой реакцией среды (рН=5,6). Содержание подвижных форм азота ($N-NO_3 + N-NH_4$) в слое 0-10 см варьирует в сосняках как разнотравных, так и зеленомошных групп типов леса от 3,8 до 4,3 мг/100 г почвы, фосфора (P_2O_5) – от 6 до 17 мг/100 г. В первый год после проведения рубок физико-химические свойства почв претерпели незначительные изменения. Наибольшим содержанием валового азота отличались волокна на участках с разреживанием до 31% по запасу – 235 мг/100 г почвы. Также волокна отличаются большей концентрацией подвижных форм азота (7,4 мг/100 г), фосфора (15,4 мг/100 г) и калия (18,7 мг/100 г почвы), в 1,5-2 раза превышающей эти характеристики на пасаках. Сумма обменных оснований составила 25,3-34,9 моль-экв/100 г на пасаках и 23,6-25,6 моль-экв/100 г на волокнах. Реакция почв после проведения рубок изменилась также незначительно: рН увеличивается с глубиной с 5,0 до 5,9 на пасаках и с 4,9 до 6,2 – на волокнах. В слое почвы 0-10 см в контрольном сосняке, не подверженном воздействию рубки, содержание валового азота равнялось 138,4 мг/100 г. Причём 97% (134,2 мг/100 г) этого запаса составляла фракция негидролизованного азота (табл.).

В результате проведения выборочной рубки во всех исследованных сосняках наблюдаются изменения во фракционном составе азота. На долю негидролизуемых соединений в почвах участков ПП 2 и ПП 3 в слое до 20 см приходится от 55,6 до 91,8%. Содержание трудногидролизуемых соединений азота во всех случаях выше, чем легкогидролизуемых. На легкогидролизуемую фракцию в

слое 0-10 см волокна ПП 1 (сосняк разнотравно-вейниковый, рубка 31%, полнота 0,6) приходится 7 мг/100 г, что составляет 5,8% от запаса валового азота. Аналогичные данные – на пасеке пробной площади ПП 5 (сосняк разнотравно-зеленомошный, рубка 28%, полнота 0,7), где показатели валового азота в слое 0-10 см составляют 119,4 мг/100 г, а на легкогидролизуемый азот приходится 5,2% (6,2 мг/100 г). В вышеприведенных условиях местообитания содержание легкогидролизованного азота немного превышает содержание трудногидролизованного азота, чего нельзя сказать об участках сосняков бруснично-разнотравно-вейниковых и разнотравно-вейново-зеленомошных (ПП 2, ПП 3 и ПП 4).

На указанных пробных площадях запасы легкогидролизованного азота с глубиной снижаются до 5,7-12% от общего азота в почве. При этом наибольшее накопление легкогидролизованного азота в слое 10-20 см отмечается на пасеке ПП 2 (11,5%) и волокне ПП 3 (12,0%). На ПП 4 доля легкогидролизованной фракции увеличивается и составляет 7,8% на пасеке и 8,8% – на волокне, что несколько выше содержания трудногидролизованной фракции (4,4-7,4%).

Высокий показатель минерализации гидролизованного азота отмечен на контрольном участке (ПП 9). После двухнедельного компостирования почвы в термостате при температуре 38 °С и влажности 60% его минерализация в слое 0-10 см достигла 75%, на глубине 10-20 см – 25%. На пасеке ПП 1 также зафиксирован положительный показатель: в слое 0-10 см он составлял 24%, в слое 10-20 см – 14%.

В исследуемом регионе рост побегов у сосны начинается после того, как температура почвы и воздуха повышается до 6-8 °С [7, 15], оптимальные же значения – 10-12 и 15-20 °С соответственно [14, 15, 17, 18, 26]. От температурных условий (а также от влагообеспеченности) зависит длина побегов (годового прироста) и хвои [6, 7, 10, 15, 18]. Синтез доступных азотных соединений и рост корней сосны начинаются при температуре 5-6 °С [7, 15, 20, 23, 24].

Таблица

Азотный фонд почв участков несплошных рубок									
Технологический участок; глубина слоя	N валовый	Гидролизуемый N / легко-гидролизуемый N, мг/100 г	N-NH ₄ ⁺ , мг/100 г	До компо-стирования	После компо-стирования	Прибыль (+) / Убыль (-)	Минерализация относительно гидролизуемого N, %		
								Интенсивность рубки 35%. Полнота 0,8	Интенсивность рубки 36%. Полнота 0,7
ПП 1. Сосняк разнотравно-вейниково-зеленомошный. Интенсивность рубки 35%. Полнота 0,8									
Пасаека; 0-10 см	70,0	10,7/6,4	2,56	5,12	2,56	+2,56	23,9		
Пасаека; 10-20 см	46,2	7,5/2,5	1,42	2,47	1,05	+1,06	14,1		
Волок; 0-10 см	120,1	11,4/7,0	1,71	1,78	0,07	+0,06	0,5		
Волок; 10-20 см	37,7	5,6/3,3	1,54	0,46	-1,08	-1,08	0		
ПП 2. Сосняк разнотравно-вейниково-зеленомошный. Интенсивность рубки 36%. Полнота 0,7									
Пасаека; 0-10 см	86,8	9,4/4,4	1,59	1,69	0,10	+0,10	1,1		
Пасаека; 10-20 см	53,1	14,6/6,1	1,20	1,04	-0,17	-0,17	0		
Волок; 0-10 см	76,7	6,2/3,6	1,23	1,84	0,61	+0,61	9,8		
Волок; 10-20 см	26,4	5,0/1,5	1,12	0,49	-0,63	-0,63	0		
ПП 3. Сосняк бруснично-разнотравный. Интенсивность рубки 53%. Полнота 0,5									
Пасаека; 0-10 см	66,0	5,6/4,0	1,59	1,92	0,34	+0,34	6,1		
Пасаека; 10-20 см	42,8	6,7/2,3	1,48	0,76	-0,72	-0,72	0		
Волок; 0-10 см	47,8	6,1/2,1	1,42	1,29	-0,13	-0,13	0		
Волок; 10-20 см	16,3	7,2/1,9	1,40	0,55	-0,85	-0,85	0		
ПП 4. Сосняк бруснично-разнотравно-вейниковый. Интенсивность рубки 35%. Полнота 0,7									
Пасаека; 0-10 см	67,5	11,1/2,5	2,11	2,47	0,36	+0,36	3,2		
Пасаека; 10-20 см	36,7	5,6/2,8	1,95	1,46	-0,49	-0,49	0		
Волок; 0-10 см	66,2	7,4/3,6	1,65	2,40	0,74	+0,74	10,0		
Волок; 10-20 см	33,8	4,4/2,9	1,56	1,10	-0,46	-0,46	0		
ПП 5. Сосняк вейниково-разнотравно-зеленомошный. Интенсивность рубки 29%. Полнота 0,9									
Пасаека; 0-10 см	119,4	11,4/6,2	3,43	2,35	-1,08	-1,08	0		
Пасаека; 10-20 см	53,7	7,4/4,3	1,59	1,14	-0,44	-0,44	0		
Волок; 0-10 см	78,9	9,4/6,5	1,80	1,88	0,08	+0,08	0,8		
Волок; 10-20 см	45,2	6,8/3,9	1,67	1,10	-0,57	-0,57	0		
ПП 9. Сосняк разнотравно-зеленомошный. Полнота 1,2									
Контроль; 0-10 см	138,4	4,2/3,6	0,63	3,79	+3,15	+3,15	75,0		
Контроль; 10-20 см	31,4	3,3/0,8	0,25	1,08	+0,82	+0,82	24,8		

Самая высокая температура на поверхности почвы — на пасеке сосняка разнотравно-вейникового (ПП 1) — 27,1 °С. На ПП 1 в слое 0-10 см в течение дня она значительно ниже, чем на других пробных площадях, и колеблется в пределах 11,6-12,4 °С. Порубочные остатки волоков лучше прогреваются на ПП 2 и ПП 4 (21,8-22,2 °С), что может способствовать развитию азотомобилизующей микрофлоры. На участке ПП 2 (сосняк разнотравно-вейниково-зеленомошный) после проведения несплошной рубки почвенный слой 0-10 см к середине вегетационного периода прогрелся до 16 °С.

Наибольшая разница между температурами воздуха и почвы наблюдалась на пасеках сосняка разнотравно-вейникового (ПП 1) с полнотой 0,6 после рубки интенсивностью 31% и сосняка вейниково-разнотравно-зеленомошного (ПП 5) с полнотой 0,7 после рубки интенсивностью 28%: в первом случае она достигает на пасеке 5,2 °С, на волоке — 13,8 °С, во втором — 13,5 и 10,5 °С. Разница соответствующих температур на технологических участках ПП 2, ПП 3 и ПП 4 значительно ниже: на пасеках она не превышает 6,8-8,1, на волоках — 7,6-9,2 °С, что свидетельствует о лучшем прогревании почвы под более разреженными пологими этими сосняками. В результате изменения условий увлажнения и освещенности происходит интенсивное разрастание вейника (*Calamagrostis arundinaceae* (L.) Roth.) по волокам, под зарослями которого во время весеннего повышения температуры имелись случаи выпревания здорового подростка. Влажность слоя почвы 0-10 см под сосняками составила в среднем за вегетационный период на пасеках от 10,7 до 18,2% и на волоках — от 14,2 до 25,3%. Различия во влажности почвы, подстилки и приземного слоя воздуха в разных типах леса несущественны.

Сосна способна длительное время поддерживать свое существование при крайне

ограниченном поступлении азота из почвы. Исследователи отмечали, что прирост в высоту молодых сосен на 31% обусловлен запасными питательными веществами стволов [3, 5, 6, 9, 19]. Большинство лесоводов [6, 9, 18, 19, 22] придерживается мнения, что в сосновых древостоях разнотравной группы типов леса возобновление идет намного успешнее, чем в сосняках зеленомошной группы из-за условий увлажнения. Интенсивная и умеренно-интенсивная рубка на ПП 2, ПП 3 и ПП 4 (от 35 до 53%), спровоцировав создание определенных гидротермических условий для разложения порубочных остатков и опада, не обеспечила почву элементами азотного питания. Однако благоприятный световой режим в совокупном действии с сезонным повышением температуры плодородного слоя почвы способствует закреплению азота в органической форме. А.Я. Орлов [15] считал, что высокий уровень снабжения азотом устанавливается в таких местообитаниях, где наряду с благоприятным режимом влажности, аэрации и температуры почвообразующие породы содержат достаточное количество зольных элементов питания — причем в устойчивых формах, способных длительное время удовлетворять необходимую потребность растительности и микроорганизмов в этих элементах.

При высокой способности специфической микрофлоры к азотному метаболизму на ПП 1, ПП 5 и ПП 9 наблюдаются неудовлетворительные лесорастительные условия, связанные с микропонижением рельефа местности в совокупности с недостаточной инсоляцией территории и конкуренцией за элементы питания с живым напочвенным покровом.

Наличие большого количества усыхающих экземпляров подростка сосны на контрольной площади (примерно в десять раз превышающего число здоровых), возможно, обусловлено низкой освещенностью под пологом густого сосняка.

Подрост на участках ПП 1 и ПП 5 испытывает не меньший дефицит света, чем на контроле, и данные зеленомошные сосняки более влажные из-за разрастания мхов (*Hylocomium splendens* (Hedw.) B.S.G. и *Ptilium crista-castrensis* (Hedw.) De Not.), бло-

кирующих появление всходов и самосева. Количество здорового подраста на участках ПП 1 и ПП 5 составило 2500 и 5357 шт./га (рис. 1). Количество усыхающих экземпляров под данными сосняками – 1131 и 595 шт./га.

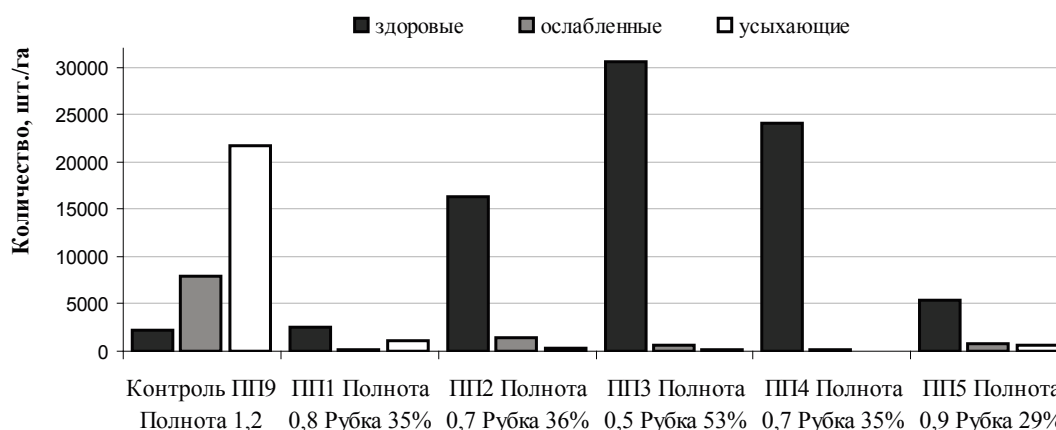


Рис. 1. Влияние интенсивности рубок на количество и качество подраста сосны

Количественная характеристика подраста в контроле свидетельствует о том, что процесс естественного возобновления под пологом данного высокополнотного древостоя протекает слабо. Появление всходов и самосева блокируется покровом из мхов *Ptilium crista-castrensis* (Hedw.) De Not., *Pleurozium schreberi* (Brid.) Mitt., *Hylocomium splendens* (Hedw.) B.S.G., мощность которого достигает 15 см, а по западинам и микропонижениям рельефа – 25 см. Сопутствующая этому высокая сомкнутость материнского полога древостоя приводит к тому, что количество здорового подраста сосны на ПП 9 составляет всего 2262 шт./га. При этом число ослабленных и усыхающих экземпляров сосны варьирует здесь в пределах 7976-21667 шт./га. Количество здорового подраста сосны составило на ПП 2 16250 экз./га, на ПП 3 – 30595 экз./га, на ПП 4 – 24107 экз./га, при небольшой доле ослабленных растений (179-1369 экз./га) и практически полном отсутствии усыхающих.

Оценка зависимости общего количества подраста (рис. 2, А) и числа здоровых экземпляров сосны (рис. 2, Б) от содержания легкогидролизуемого азота в почве как ближайшего источника аммонийного азота, наиболее усваиваемого почвенными микроорганизмами, показала обратную связь между этими параметрами. Возможно, это отражение конкуренции между подрастом и травянистым ярусом за элементы питания, когда легкоусвояемые формы азота быстро перехватываются живым напочвенным покровом, в особенности кипреем (*Epilobium angustifolium* (L.) Scop.) и вейником (*Calamagrostis arundinaceae* (L.) Roth.), густо разросшимися на волоках. Небольшая положительная зависимость имеется только в случае с ослабленным и усыхающим подрастом ($R^2=0,40$). Это также связано с выпреванием здорового подраста под слоем прошлогоднего травяного покрова и моховой подушки во время наступления теплого летнего сезона.

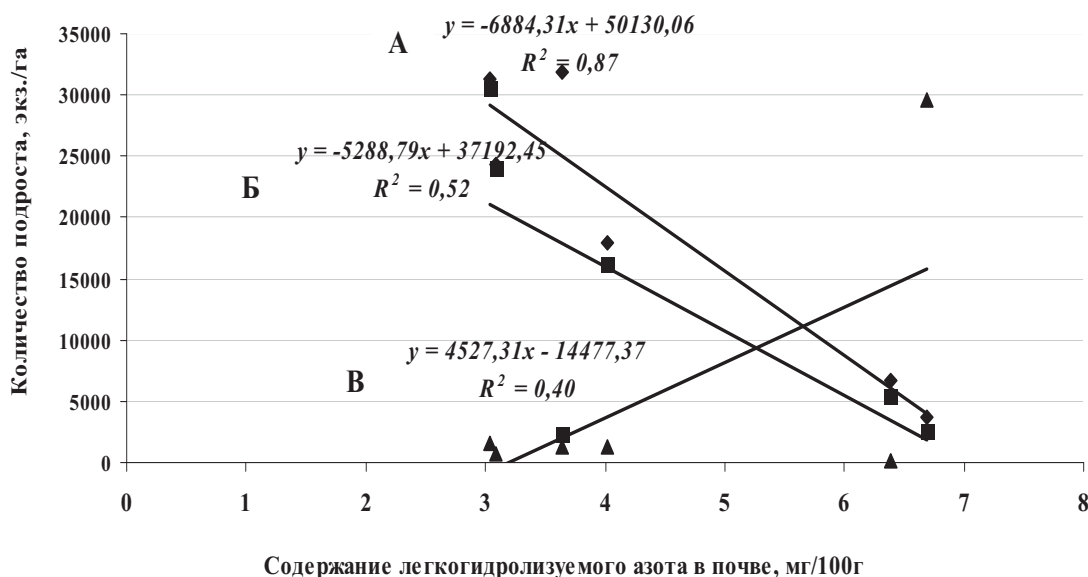


Рис. 2. Зависимость количества подростка сосны (А – всего, Б – здоровых, В – ослабленных и усыхающих экземпляров) от содержания легкогидролизуемого азота в дерново-подзолистой почве через пять лет после несплошных рубок

Заключение

Несплошные рубки в сосняках изменили режим накопления валового азота и привели к трансформации его фракционного состава. В результате разреживания древостоя изменения коснулись в первую очередь гидротермических условий, под контролем которых находятся биохимические процессы превращения азотных соединений. Через пять лет после рубок в сосняках зеленомошных (ПП 1, ПП 2 и ПП 5) происходит более интенсивное накопление легкогидролизуемого азота, чем в сосняках брусничных (ПП 3 и ПП 4). Наибольшая минерализация гидролизуемого азота наблюдается под сосняками разнотравно-вейниково-зеленомошным (ПП 1) и разнотравно-зеленомошным, не затронутым рубкой (ПП 9), на других участках происходит иммобилизация азотных соединений. При этом в разреженных древостоях здоровые экземпляры подростка сосны преобладают над ослабленными, в то время как на контроле (ПП 9) доля

ослабленных и усыхающих экземпляров составляет 93%. Сложившиеся изначально почвенные гидротермические условия под сосняками разнотравно-вейниково-зеленомошными и бруснично-разнотравно-вейниковыми (ПП 2, ПП 3 и ПП 4) с полнотой 1,0 способствовали накоплению доступных для подростка сосны составляющих азотного питания через пять лет после рубки интенсивностью 35-53%. Также большее количество подростка на данных участках обусловлено отсутствием конкуренции с живым напочвенным покровом в отличие от высокополнотных сосняков разнотравно-вейникового и разнотравно-вейниково-зеленомошного (ПП 1 и ПП 5), где, несмотря на большое количество легкогидролизуемой фракции почвенного азота, встречаются случаи выпревания самосева из-за высокой влажности. Корреляционно-регрессионный анализ выявил обратную зависимость количества здоровых экземпляров подростка от содержания легкогидролизуемого азота в почве.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бабинцева, Р.М. Формирование лесных экосистем в условиях интенсивной лесозексплуатации / Р.М. Бабинцева, А.И. Бузыкин, В.В. Иванов, П.Г. Масленков, Л.С. Пшеничникова. – Новосибирск: Наука. Сиб. предприятие РАН, 1998. – 184 с.
2. Безкоровайная, И.Н. Воздействие выборочных рубок на содержание азота в дерново-подзолистых почвах сосняков Красноярской лесостепи / И.Н. Безкоровайная, Г.И. Антонов, Т.В. Пономарева, А.В. Климченко // Лесоведение. – 2013. – № 6. – С. 10-16.
3. Борцов, В.С. Использование автоматизированной аналитической системы на основе отражательной спектроскопии в исследовании агроценозов: автореф. дис. ... канд. биол. наук / В.С. Борцов. – Красноярск, 2009. – 26 с.
4. Бузыкин, А.И. Реакция сосновых древостоев на рубки ухода // Стационарные лесоводственные исследования в Сибири / А.И. Бузыкин. – Красноярск: ИЛиД СО АН СССР, 1978. – С. 105-121.
5. Бугаков, П.С. Агрономическая характеристика почв земледельческой зоны Красноярского края / П.С. Бугаков. – Краснояр. гос. аграр. ун-т. Красноярск, 1995. – 176 с.
6. Дымов, А.А. Изменение напочвенного покрова и морфологических свойств почв вырубок в процессе естественного лесовосстановления / А.А. Дымов // Экологические функции лесных почв в естественных и антропогенно нарушенных ландшафтах: Мат-лы междунар. науч. конф. Петрозаводск: Институт Леса КарНЦ РАН, 2005. – С. 243-246.
7. Елагин, И.Н. Сезонное развитие сосновых лесов / И.Н. Елагин. – Новосибирск: Наука, 1976. – 232 с.
8. Иванов, В.В. Экологические последствия механизированных лесозаготовок в южной тайге Красноярского края / В.В. Иванов // Лесоведение. – 2005. – № 2. – С. 3-8.
9. Ильчуков, С.В. Динамика структуры лесного покрова на сплошных рубках (подзона средней тайги, Республика Коми) / С.В. Ильчуков. – Екатеринбург: УрО РАН, 2003. – 119 с.
10. Ключников, М.В. Рубки обновления и переформирования в особо ценных сосняках / М.В. Ключников, Е.Г. Парамонов. – Барнаул: Изд-во Алт. ун-та, 2003. – 120 с.
11. Медведева, М.В. Биологическая активность подзолистых почв сосняков-черничников Среднетаежной Карелии после рубок / М.В. Медведева, Н.И. Германова // Лесное хозяйство. – 2008. – № 6. – С. 16-17.
12. Методы оценки структуры, функционирования и разнообразия детритных пищевых сетей. Методическое руководство / Под ред. А.Д. Покаржевского, К.Б. Гонгальского и А.С. Зайцева, М.: Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН, 2003. – 100 с.
13. Мельчанов, В.А. Влияние рубок на водоохранную и почвозащитную роль сосновых лесов Кубы / В.А. Мельчанов, Х. Эрреро, Т. Плансессия // Лесоведение. – 2008. – № 6. – С. 59-70.
14. Мошкина, Е.В. Азотные соединения в почвах северо-запада России и динамика их под влиянием антропогенного воздействия: автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.00.27 почвоведение / Е.В. Мошкина. – Санкт-Петербург, 2009. – 20 с.
15. Орлов, А.Я. Почвенная экология сосны / А.Я. Орлов, С.П. Кошельков. – М.: Наука, 1971. – 324 с.
16. Петров, Н.Ф. Учёт сохранившегося подроста и лесоводственная оценка технологии лесосечных работ / Н.Ф. Петров // Возобновление и формирование лесов Сибири. – Красноярск: СО АА СССР, 1969. – С. 169-172.

17. Петров, Н.Ф. Термический режим приземного воздуха и почвы после механизированных рубок главного пользования / Н.Ф. Петров // Стационарные лесоводственные исследования в Сибири. – Красноярск: ИЛИД СО АН СССР, 1978. – С. 121-136.
18. Поляков, А.И. Влияние вырубki леса на биологические свойства горных почв Западного Кавказа: автореф. дис. ... канд. биол. наук, 03.02.08 / Поляков Артем Игоревич. – Ростов-на-Дону, 2011. – 24 с.
19. Соколов, В.А. Проблемы устойчивого лесопользования / В.А. Соколов, И.М. Данилин, С.К. Фарбер и др. – Красноярск: Изд-во СО РАН, 1998. – 225 с.
20. Сорокин, Н.Д. Микробиологическая диагностика лесорастительного состояния почв Средней Сибири / Н.Д. Сорокин; отв. ред. С.Г. Прокушкин. Рос. акад. наук, Ин-т леса им. В.Н. Сукачева СО РАН. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2009. – 222 с.
21. Справочное пособие по таксации лесов Сибири. Отв. ред. Мотовилов Г.П. Красноярск, 1966. – 375 с.
22. Burger, M. Plant and microbial nitrogen use and turnover: Rapid conversion of nitrate to ammonium in soil with roots / Burger, M. and Jackson, L. E. // Plant Soil. – 2004. – 266. – pp. 289-301.
23. De Ruiter, P.C. Calculation of nitrogen mineralization in soil food webs / P.C. De Ruiter, J.A. van Veen, J.C. Moore, L. Brussaard, H.W. Hunt // Plant Soil. – 1993. – pp. 263-273. Doi:10.1007/bf00011055, 1993.
24. Schimel, J.P. Nitrogen mineralization: challenges of a changing paradigm / J.P. Schimel, J. Bennett // Ecology. – 2004. – 85. – pp. 591-602.
25. Schinner, F. Methods in soil biology. 2 ed. / F. Schinner, R. Ohlinger, E. Kandeler, R. Margesin. – Berlin: Springer, 1995. – 426 p.
26. Hashimoto, S. The impact of forest clear-cutting on soil temperature: a comparison between before and after cutting, and between clear-cut and control sites / S. Hashimoto, M. Suzuki // Journal For. Res. – 2004. – Vol. 9. – pp. 125-132.

REFERENCES

1. Babintseva R.M., Buzykin A.I., Ivanov V.V., Maslenkov P.G., Pshenichnikova L.S. Formirovanie lesnykh ekosistem v usloviyakh intensivnoy lesoeksploatatsii. [Formation of forest ecosystem in conditions of pressure on forest resources]. Novosibirsk, Nauka, Sib. predpriyatie RAN, 1998, 184 p. (In Russian).
2. Bezkorovaynaya I.N. Antonov G.I., Ponomareva T.V., Klimchenko A.V. Vozdeystvie vyborochnykh rubok na sodержание азота v dernovo-podzolistykh pochvah sosnyakov Krasnoyarskoy lesostepi. [The Influence of Selective Cuttings on Nitrogen Pool of Soddy-Podzolic Soils under Pine Forests of Krasnoyarsk Forest-Steppe]. *Lesovedenie*, 2013, no. 6, pp. 10-16. (In Russian).
3. Bortsov V.S. Ispol'zovanie avtomatizirovannoy analiticheskoy sistemy na osnove otrazhatel'noy spektroskopii v issledovanii agrotsenozov [Use of the automated analytical system on the basis of reflectance spectroscopy in agrocoenosis research]. Avtoref. dis. ... kand. biol. nauk: 03.00.16. Krasnoyarsk, 2009, 26 p. (In Russian).
4. Buzykin A.I., Pshenichnikova L.S. Reaktsiya osnovnykh drevostoev na rubki ukhoda. [Response of pine stands after improvement cuttings]. *Stacionarnye lesovodstvennye issledovaniya v Sibiri*. Krasnoyarsk: ILiD SO AN SSSR, 1978, pp. 105-121. (In Russian).

5. Bugakov P.S., Chuprova V.V. Agronomicheskaya kharakteristika pochv zemledel'cheskoy zony Krasnoyarskogo kraya. [The agronomical characteristic of the soils of an agricultural zone of Krasnoyarsk region]. Krasnojarsk. gos. agrar. un-t. Krasnojarsk, 1995, 176 p. (In Russian).
6. Dymov A.A., Kaverin D.A. Izmenenie napochvennogo pokrova i morfologicheskikh svoystv pochv vyrubok v protsesse estestvennogo lesovosstanovleniya. «*Ekologicheskie funktsii lesnykh pochv v estestvennykh i antropogenno narushennykh landshaftakh*». [Changing a ground cover and morphological properties of soils during a natural reforestation]. In *Jekologicheskie funktsii lesnykh pochv v estestvennykh i antropogenno narushennykh landshaftah. Mat-ly mezhdunarodn. nauchn. konf. Petrozavodsk. [Proc. of the Sci. Conf.] Institut Lesa KarNC RAN, 2005, pp. 243-246. (In Russian).*
7. Elagin I.N. Sezonnoe razvitie sosnovykh lesov. [Seasonal evolution of pine forests]. Novosibirsk, Izd-vo «Nauka», 1976, 232 p. (In Russian).
8. Ivanov V.V. Ekologicheskie posledstviya mekhanizirovannykh lesozagotovok v yuzhnoy tayge Krasnoyarskogo Kraya. [Ecological consequence of the mechanized timber cuttings in a southern taiga of Krasnoyarsk region]. *Lesovedenie*, 2005, no. 2, pp. 3-8. (In Russian, English summary).
9. Il'chukov S.V. Dinamika struktury lesnogo pokrova na sploshnyh rubkakh (podzona srednej tajgi, Respublika Komi). [Dynamics of structure of a forest cover on clear cuttings (a subzone of an Middle taiga, Republic Komi)]. Ekaterinburg: UrO RAN, 2003, 119 p. (In Russian).
10. Klyuchnikov M.V., Paramonov E.G. Rubki obnovleniya i pereformirovaniya v osobo tsennykh sosnyakakh. [Refining cuttings in finewood pine-forests] M.V. Ključnikov, Barnaul: Izd-vo Alt. un-ta, 2003, 120 p. (In Russian).
11. Medvedeva M.V., Germanova N.I. Biologicheskaya aktivnost' podzolistykh pochv sosnyakov-chernichnikov Srednetaezhnoy Karelii posle rubok [Biological activity of podzolic soils of Karelian middle-taiga pine forests-bilberries after cuttings]. *Lesnoe hozjajstvo*, 2008, no. 6, pp. 16-17. (In Russian).
12. Metody otsenki struktury, funktsionirovaniya i raznoobraziya detritnykh pishchevykh setey. [Methods of an estimation of structure, functioning and biodiversity of detritus food chains]. Metodicheskoe rukovodstvo. Pod redakciej A.D. Pokarzhevskogo, K.B. Gongal'skogo i A.S. Zajceva, Moskow, Institut problem jekologii i jevoljucii im. A.N. Severcova RAN, 2003, 100 p. (In Russian).
13. Mel'chanov V.A., Errero Kh., Plansessiya T. Vliyanie rubok na vodookhrannuyu i pochvozashchitnuyu rol' sosnovykh lesov Kuby. [Influence of cutting on water-protective and soil-conservation role of Cuba pine woods]. *Lesovedenie*. 2008, no. 6, pp. 59-70. (In Russian, English summary).
14. Moshkina E.V. Azotnye soedineniya v pochvakh severo-zapada Rossii i dinamika ikh pod vliyaniem antropogennoego vozdeystviya. [Nitrogen compounds in Russian Northwest soils and it dynamics influenced by antropogenic impact]. avtoref. dis. ... kand. biol. nauk: 03.00.27 pochvovedenie. Sankt-Peterburg, 2009, 20 p. (In Russian).
15. Orlov A.Ja., Koshel'kov S.P. Pochvennaya ekologiya sosny. [Soils ecology of pinewood]. Moskow, Nauka, 1971, 324 p. (In Russian).
16. Petrov N.F. Uchet sokhranivshegosya podrosta i lesovodstvennaya otsenka tekhnologii lesosechnykh rabot. [The telling and forestry estimation of skidding operations]. *Vozobnovlenie i formirovanie lesov Sibiri*. Krasnojarsk, 1969, pp. 169-17. (In Russian).
17. Petrov N.F. Termicheskij rezhim prizemnogo vozduha i pochvy posle mekhanizirovannykh rubok glavnogo pol'zovaniya. [Thermal mode of a surface air and soil after the mechanized main felling]. *Stacionarnye lesovodstvennye issledovaniya v Sibiri*. Krasnojarsk: ILiD SO AN SSSR, 1978, pp. 121-136. (In Russian).
18. Polyakov A.I. Vliyanie vyrubki lesa na biologicheskie svoystva gornyykh pochv Zapadnogo Kavkaza. [Influence of deforestation on soil biological properties of Western Caucasus]. avtoref. dis. ... kand. biol. nauk 03.02.08. Poljakov Artem Igorevich. Rostov-na-Donu, 2011, 24 p. (In Russian).

19. Problemy ustojchivogo lesopol'zovaniya. [The problems of sustained yield]. V.A. Sokolov, I.M. Danilin, S.K. Farber i dr. Krasnojarsk: Izd-vo SO RAN, 1998, 225 p. (In Russian).
20. Sorokin N.D. Mikrobiologicheskaya diagnostika lesorastitel'nogo sostoyaniya pochv Sredney Sibiri. [Microbiological diagnostics of forest-vegetation condition of Middle Siberia soils]. otv. red. S.G. Prokushkin. Ros. akad. nauk, In-t lesa im. V.N. Sukacheva SO RAN, Novosibirsk, Izd-vo SO RAN, 2009, 222 p. (In Russian).
21. Spravochnoe posobie po taksatsii lesov Sibiri. [The handbook of forest assessment in Siberia]. Otv. red. Motovilov G.P. Krasnojarsk, 1966, 375 p. (In Russian).
22. Burger M., Jackson L.E. Plant and microbial nitrogen use and turnover: Rapid conversion of nitrate to ammonium in soil with roots, *Plant Soil*, 266, 289–301, 2004.
23. De Ruiter P.C., Van Veen J.A., Moore J.C., Brussaard L., Hunt H. W. Calculation of nitrogen mineralization in soil food webs, *Plant Soil*, 157, 263–273, doi:10.1007/bf00011055, 1993.
24. Schimel J.P., Bennett J. Nitrogen mineralization: challenges of a changing paradigm, *Ecology*, 85, 591–602, 2004.
25. Schinner F., Ohlinger R., Kandeler E., Margesin R. Methods in soil biology. 2 ed. Berlin: Springer. 1995. 426 p.
26. Hashimoto S., Suzuki M. The impact of forest clear-cutting on soil temperature: a comparison between before and after cutting, and between clear-cut and control sites. *Journal For. Res.* 2004. Vol. 9. P. 125-132.

Статья поступила в редакцию 22.07.2016