



УДК 631. 48

Л.И. ИНИШЕВА, член-корреспондент Россельхозакадемии, главный научный сотрудник,
М.А. СЕРГЕЕВА, кандидат биологических наук, младший научный сотрудник,
М.В. ШУРОВА, кандидат геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник

*Государственное научное учреждение
Горно-Алтайский научно-исследовательский институт сельского хозяйства
Российской академии сельскохозяйственных наук
e-mail: ganiish@mail.ru*

ДИНАМИКА ОБРАЗОВАНИЯ И ВЫДЕЛЕНИЯ ЗАКИСИ АЗОТА В ВЕРХОВЫХ ТОРФЯНЫХ ПОЧВАХ

Рассмотрены результаты изучения динамики образования и эмиссии закиси азота в олиготрофных торфяных почвах северо-восточной части Васюганского болота за вегетационные периоды двух лет исследований. Выявлена зависимость ее содержания от активности биохимических и микробиологических процессов в почве, а также от погодных условий вегетационного периода.

Ключевые слова: торфяные почвы, закись азота, микрофлора, погодные условия.

Поступление в атмосферу закиси азота представляет особый интерес, что определяется большим экранирующим эффектом и длительностью его нахождения в атмосфере. Важнейшим биогенным источником N_2O является почвенный покров, в котором происходят биохимические процессы нитрификации и денитрификации [1–3 и др.]. Согласно Мойсеру с соавт. [4], он выделяет до 65 % от общего поступающего в атмосферу N_2O , причем большую часть поставляют агроэкосистемы. Интенсивность процесса зависит от многих факторов, в том числе от степени увлажнения и типа почв, метеорологических факторов [5, 6 и др.]. В меньшей степени эти вопросы освещены для торфяных почв. Так, в работе Августина и др. [7] в результате проведенных экспериментов высказывается опасение, что интенсивное использование торфяных почв может привести к переходу торфяников из поглотителей углерода и азота в источник их эмиссии. Практически не изучена эмиссия N_2O с неосушенных торфяных почв. С учетом того, что болота в мире занимают около 4 % суши, а в России каждый пятый гектар имеет заболоченные и торфяные почвы [8], интересно рассмотреть условия образования N_2O и его эмиссию в торфяных почвах верхового типа.

Цель настоящего исследования – изучить динамику образования N_2O в торфяных почвах олиготрофного типа и его эмиссии.

Исследования проводили в течение вегетационного периода на территории малого заболоченного водосбора, расположенного в северо-восточной части Васюганского болота. В пределах водосборной площади параллельно линиям стока заложен ландшафтный профиль, который пересекает следующие основные виды болотных фитоценозов (рис. 1): сосно-



УДК 631. 48

Л.И. ИНИШЕВА, член-корреспондент Россельхозакадемии, главный научный сотрудник,
М.А. СЕРГЕЕВА, кандидат биологических наук, младший научный сотрудник,
М.В. ШУРОВА, кандидат геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник

*Государственное научное учреждение
Горно-Алтайский научно-исследовательский институт сельского хозяйства
Российской академии сельскохозяйственных наук
e-mail: ganiish@mail.ru*

ДИНАМИКА ОБРАЗОВАНИЯ И ВЫДЕЛЕНИЯ ЗАКИСИ АЗОТА В ВЕРХОВЫХ ТОРФЯНЫХ ПОЧВАХ

Рассмотрены результаты изучения динамики образования и эмиссии закиси азота в олиготрофных торфяных почвах северо-восточной части Васюганского болота за вегетационные периоды двух лет исследований. Выявлена зависимость ее содержания от активности биохимических и микробиологических процессов в почве, а также от погодных условий вегетационного периода.

Ключевые слова: торфяные почвы, закись азота, микрофлора, погодные условия.

Поступление в атмосферу закиси азота представляет особый интерес, что определяется большим экранирующим эффектом и длительностью его нахождения в атмосфере. Важнейшим биогенным источником N_2O является почвенный покров, в котором происходят биохимические процессы нитрификации и денитрификации [1–3 и др.]. Согласно Мойсеру с соавт. [4], он выделяет до 65 % от общего поступающего в атмосферу N_2O , причем большую часть поставляют агроэкосистемы. Интенсивность процесса зависит от многих факторов, в том числе от степени увлажнения и типа почв, метеорологических факторов [5, 6 и др.]. В меньшей степени эти вопросы освещены для торфяных почв. Так, в работе Августина и др. [7] в результате проведенных экспериментов высказывается опасение, что интенсивное использование торфяных почв может привести к переходу торфяников из поглотителей углерода и азота в источник их эмиссии. Практически не изучена эмиссия N_2O с неосушенных торфяных почв. С учетом того, что болота в мире занимают около 4 % суши, а в России каждый пятый гектар имеет заболоченные и торфяные почвы [8], интересно рассмотреть условия образования N_2O и его эмиссию в торфяных почвах верхового типа.

Цель настоящего исследования – изучить динамику образования N_2O в торфяных почвах олиготрофного типа и его эмиссии.

Исследования проводили в течение вегетационного периода на территории малого заболоченного водосбора, расположенного в северо-восточной части Васюганского болота. В пределах водосборной площади параллельно линиям стока заложен ландшафтный профиль, который пересекает следующие основные виды болотных фитоценозов (рис. 1): сосно-



УДК 631. 48

Л.И. ИНИШЕВА, член-корреспондент Россельхозакадемии, главный научный сотрудник,
М.А. СЕРГЕЕВА, кандидат биологических наук, младший научный сотрудник,
М.В. ШУРОВА, кандидат геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник

*Государственное научное учреждение
Горно-Алтайский научно-исследовательский институт сельского хозяйства
Российской академии сельскохозяйственных наук
e-mail: ganiish@mail.ru*

ДИНАМИКА ОБРАЗОВАНИЯ И ВЫДЕЛЕНИЯ ЗАКИСИ АЗОТА В ВЕРХОВЫХ ТОРФЯНЫХ ПОЧВАХ

Рассмотрены результаты изучения динамики образования и эмиссии закиси азота в олиготрофных торфяных почвах северо-восточной части Васюганского болота за вегетационные периоды двух лет исследований. Выявлена зависимость ее содержания от активности биохимических и микробиологических процессов в почве, а также от погодных условий вегетационного периода.

Ключевые слова: торфяные почвы, закись азота, микрофлора, погодные условия.

Поступление в атмосферу закиси азота представляет особый интерес, что определяется большим экранирующим эффектом и длительностью его нахождения в атмосфере. Важнейшим биогенным источником N_2O является почвенный покров, в котором происходят биохимические процессы нитрификации и денитрификации [1–3 и др.]. Согласно Мойсеру с соавт. [4], он выделяет до 65 % от общего поступающего в атмосферу N_2O , причем большую часть поставляют агроэкосистемы. Интенсивность процесса зависит от многих факторов, в том числе от степени увлажнения и типа почв, метеорологических факторов [5, 6 и др.]. В меньшей степени эти вопросы освещены для торфяных почв. Так, в работе Августина и др. [7] в результате проведенных экспериментов высказывается опасение, что интенсивное использование торфяных почв может привести к переходу торфяников из поглотителей углерода и азота в источник их эмиссии. Практически не изучена эмиссия N_2O с неосушенных торфяных почв. С учетом того, что болота в мире занимают около 4 % суши, а в России каждый пятый гектар имеет заболоченные и торфяные почвы [8], интересно рассмотреть условия образования N_2O и его эмиссию в торфяных почвах верхового типа.

Цель настоящего исследования – изучить динамику образования N_2O в торфяных почвах олиготрофного типа и его эмиссии.

Исследования проводили в течение вегетационного периода на территории малого заболоченного водосбора, расположенного в северо-восточной части Васюганского болота. В пределах водосборной площади параллельно линиям стока заложен ландшафтный профиль, который пересекает следующие основные виды болотных фитоценозов (рис. 1): сосно-

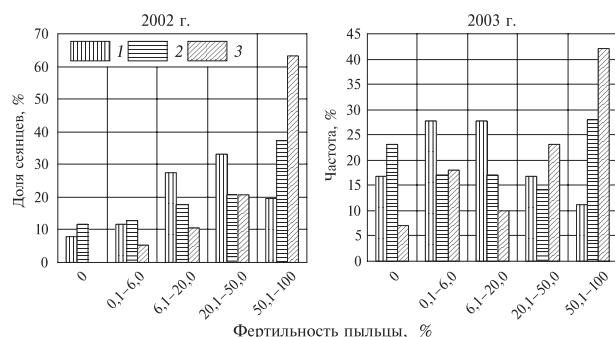


Рис. 1. Ландшафтный профиль:

1 – пункты исследований; 2–11 – виды торфа: 2 – низинный осоковый, 3 – низинный древесно-осоковый, 4 – низинный папоротниковый, 5 – переходный древесно-сфагновый, 6 – переходный древесно-травяной, 7 – фускум-торф, 8 – магелланикум-торф, 9 – верховой комплексный, 10 – сфагново-мочажинный, 11 – верховой сосново-пушицевый. Типы торфов: в – верховой, п – переходный, н – низинный.

во-кустарничковый (пункт (п.) 2, аккумулятивная часть ландшафтного профиля, $56^{\circ}56'166''$ с.ш., $82^{\circ}35'962''$ в.д.), сосново-кустарничково-сфагновый (п. 3, транзитная часть ландшафтного профиля, $56^{\circ}57'258''$, $82^{\circ}36'158''$ в.д.), осоково-сфагновая топь (п. 5, автономная часть ландшафтного профиля, $56^{\circ}57'258''$, $82^{\circ}36'158''$ в.д.).

Формирование массива произошло при распространении Васюганского болота на прилегающие междуречья. Так, торфяной профиль (ТП) п. 5 мощностью 3 м образовался при зарастании озера хвощом, о чем свидетельствуют обильные остатки хвоща в придонных образцах торфа. На смену хвощовой стадии пришли эвтрофные топяные фитоценозы с господством осок. Осоковые эвтрофные топи просуществовали довольно долго, отложив самый мощный пласт осокового торфа. В переходную стадию (от эвтрофной к олиготрофной) произошло формирование небольшой прослойки переходного торфа, а на олиготрофной стадии сформировался магелланикум-торф.

В каждом пункте ландшафтного профиля были отобраны образцы торфа на химический и микробиологический анализы [9], заложены пункты наблюдения за уровнем болотных вод (УБВ) в соответствии с [10], температурой и окислительно-восстановительным потенциалом [11, 12]. Динамику образования N_2O изучали реперс-методом с последующим определением на газовом хроматографе «Кристалл-2000». Эмиссию азота измеряли камерно-статическим методом, фракционный состав азота – по Э.И. Шконде и И.Е. Королевой [13], фракционный состав органического вещества (С) – по В.В. Пономаревой и Т.А. Николаевой [14].

Торфяной профиль п. 2 характеризуется высокой степенью разложения, низкими значениями валового азота, высокой его доступностью (см. таблицу, $N_{\text{лг}} - 254,4$ мг/100 г с.т.) и активностью процесса нитрификации. Несколько слабее выражен процесс денитрификации. Можно констатировать, что процесс торфогенеза здесь находится в начальной стадии развития, что также подтверждается высокими значениями С/Н (34,7–57,7). Вместе с тем содержание подвижных форм азота значитель-

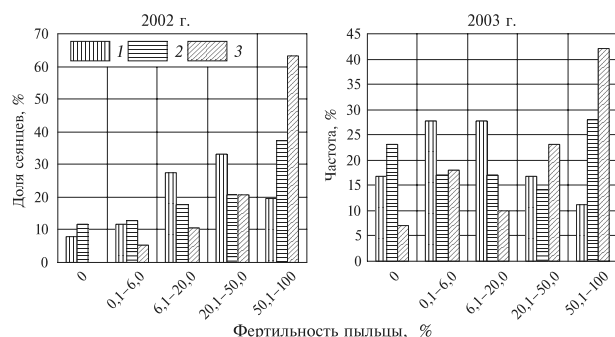


Рис. 1. Ландшафтный профиль:

1 – пункты исследований; 2–11 – виды торфа: 2 – низинный осоковый, 3 – низинный древесно-осоковый, 4 – низинный папоротниковый, 5 – переходный древесно-сфагновый, 6 – переходный древесно-травяной, 7 – фускум-торф, 8 – магелланикум-торф, 9 – верховой комплексный, 10 – сфагново-мочажинный, 11 – верховой сосново-пушицевый. Типы торфов: в – верховой, п – переходный, н – низинный.

во-кустарничковый (пункт (п.) 2, аккумулятивная часть ландшафтного профиля, $56^{\circ}56'166''$ с.ш., $82^{\circ}35'962''$ в.д.), сосново-кустарничково-сфагновый (п. 3, транзитная часть ландшафтного профиля, $56^{\circ}57'258''$, $82^{\circ}36'158''$ в.д.), осоково-сфагновая топь (п. 5, автономная часть ландшафтного профиля, $56^{\circ}57'258''$, $82^{\circ}36'158''$ в.д.).

Формирование массива произошло при распространении Васюганского болота на прилегающие междуречья. Так, торфяной профиль (ТП) п. 5 мощностью 3 м образовался при зарастании озера хвощом, о чем свидетельствуют обильные остатки хвоща в придонных образцах торфа. На смену хвощовой стадии пришли эвтрофные топяные фитоценозы с господством осок. Осоковые эвтрофные топи просуществовали довольно долго, отложив самый мощный пласт осокового торфа. В переходную стадию (от эвтрофной к олиготрофной) произошло формирование небольшой прослойки переходного торфа, а на олиготрофной стадии сформировался магелланикум-торф.

В каждом пункте ландшафтного профиля были отобраны образцы торфа на химический и микробиологический анализы [9], заложены пункты наблюдения за уровнем болотных вод (УБВ) в соответствии с [10], температурой и окислительно-восстановительным потенциалом [11, 12]. Динамику образования N_2O изучали реперс-методом с последующим определением на газовом хроматографе «Кристалл-2000». Эмиссию азота измеряли камерно-статическим методом, фракционный состав азота – по Э.И. Шконде и И.Е. Королевой [13], фракционный состав органического вещества (С) – по В.В. Пономаревой и Т.А. Николаевой [14].

Торфяной профиль п. 2 характеризуется высокой степенью разложения, низкими значениями валового азота, высокой его доступностью (см. таблицу, $N_{\text{лг}} - 254,4$ мг/100 г с.т.) и активностью процесса нитрификации. Несколько слабее выражен процесс денитрификации. Можно констатировать, что процесс торфогенеза здесь находится в начальной стадии развития, что также подтверждается высокими значениями С/Н (34,7–57,7). Вместе с тем содержание подвижных форм азота значитель-

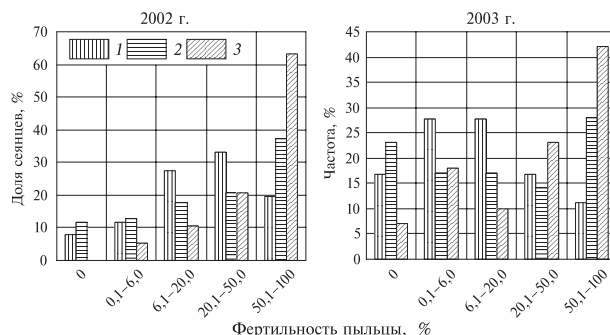


Рис. 1. Ландшафтный профиль:

1 – пункты исследований; 2–11 – виды торфа: 2 – низинный осоковый, 3 – низинный древесно-осоковый, 4 – низинный папоротниковый, 5 – переходный древесно-сфагновый, 6 – переходный древесно-травяной, 7 – фускум-торф, 8 – магелланикум-торф, 9 – верховой комплексный, 10 – сфагново-мочажинный, 11 – верховой сосново-пушицевый. Типы торфов: в – верховой, п – переходный, н – низинный.

во-кустарничковый (пункт (п.) 2, аккумулятивная часть ландшафтного профиля, $56^{\circ}56'166''$ с.ш., $82^{\circ}35'962''$ в.д.), сосново-кустарничково-сфагновый (п. 3, транзитная часть ландшафтного профиля, $56^{\circ}57'258''$, $82^{\circ}36'158''$ в.д.), осоково-сфагновая топь (п. 5, автономная часть ландшафтного профиля, $56^{\circ}57'258''$, $82^{\circ}36'158''$ в.д.).

Формирование массива произошло при распространении Васюганского болота на прилегающие междуречья. Так, торфяной профиль (ТП) п. 5 мощностью 3 м образовался при зарастании озера хвощом, о чем свидетельствуют обильные остатки хвоща в придонных образцах торфа. На смену хвощовой стадии пришли эвтрофные топяные фитоценозы с господством осок. Осоковые эвтрофные топи просуществовали довольно долго, отложив самый мощный пласт осокового торфа. В переходную стадию (от эвтрофной к олиготрофной) произошло формирование небольшой прослойки переходного торфа, а на олиготрофной стадии сформировался магелланикум-торф.

В каждом пункте ландшафтного профиля были отобраны образцы торфа на химический и микробиологический анализы [9], заложены пункты наблюдения за уровнем болотных вод (УБВ) в соответствии с [10], температурой и окислительно-восстановительным потенциалом [11, 12]. Динамику образования N_2O изучали реперс-методом с последующим определением на газовом хроматографе «Кристалл-2000». Эмиссию азота измеряли камерно-статическим методом, фракционный состав азота – по Э.И. Шконде и И.Е. Королевой [13], фракционный состав органического вещества (С) – по В.В. Пономаревой и Т.А. Николаевой [14].

Торфяной профиль п. 2 характеризуется высокой степенью разложения, низкими значениями валового азота, высокой его доступностью (см. таблицу, $N_{\text{лг}} - 254,4$ мг/100 г с.т.) и активностью процесса нитрификации. Несколько слабее выражен процесс денитрификации. Можно констатировать, что процесс торфогенеза здесь находится в начальной стадии развития, что также подтверждается высокими значениями С/Н (34,7–57,7). Вместе с тем содержание подвижных форм азота значитель-

Физико-химические свойства ТП ландшафтного профиля

Глубина, взятия образца, см	Вид торфа, тип залежи	Степень разложения		РН	С	N	C/N	N _{лг} мг/ 100 г с.т.	N _м	Микроорганизмы, 10 ³ КОЕ/г с.т.торфа · 10 ⁵		
		Зольность	%							нитрификаторы	денитрификаторы	
0–50	Фускум-торф, в	0	2,30	4,0	44,4	1,9	22,9	104,9	86,8	280,9	118,1	
50–100	Комплексный, в	10–20	3,09	4,5	48,2	0,8	55,4	234,9	90,9	96,9	145,8	
100–150	Осоково-сфагновый, п	35	5,52	5,5	47,9	1,7	26,7	178,2	75,1	233,3	44,6	
150–200	Осоковый, п	50	5,82	5,5	48,3	2,0	23,9	265,5	79,7	9,73	51,6	
200–250	Травяной, н	50	9,16	5,5	46,5	2,3	20,0	189,7	82,0	146,6	232,0	
250–275	Папоротниковый, н	40	6,76	5,5	43,8	2,8	15,1	228,1	70,7	211,3	252,5	
<i>П. 5 – автономная часть ландшафтного профиля</i>												
0–100	Фускум-торф, в	0–5	1,52	3,5	44,3	0,9	46,1	102,1	74,2	31,4	13,0	
100–150	Медум торф, в	10	3,12	3,5	48,7	1,4	34,0	86,0	74,8	95,6	172,5	
150–200	Сосново-пушицево-сфагновый, в	50	4,59	3,8	49,2	2,9	16,5	84,1	84,1	67,8	45,6	
200–250	Осоковый, н	45	4,04	4,2	47,7	2,0	23,4	80,2	78,2	41,8	290,1	
250–300	Травяной, н	45	6,15	6,0	31,3	2,8	11,1	80,8	81,9	29,7	281,5	
<i>П. 3 – транзитная часть ландшафтного профиля</i>												
0–50	Осоково-пушицевый, п	35	5,80	5,8	42,8	0,7	57,7	73,1	86,0	145,2	150,3	
50–100	Осоковый, н	45–55	6,79	5,5	45,2	1,3	34,7	254,4	84,1	85,6	80,6	
<i>П. 2 – аккумулятивная часть ландшафтного профиля</i>												

Примечание. N_{лг} – азот легкогидролизуемый; N_м – азот минеральный. Торф: с.т. – сухой, в – верховой, п – переходный, н – низинный.

Физико-химические свойства ТП ландшафтного профиля

Глубина, взятия бразца, см	Вид торфа, тип залежи	Степень разложения		РН	С	N	C/N	N _{лг} мг/ 100 г с.т.	N _м	Микроорганизмы, 10 ³ КОЕ/г с.т.торфа · 10 ⁵		
		Зольность	%							нитрификаторы	денитрификаторы	
0–50	Фускум-торф, в	0	2,30	4,0	44,4	1,9	22,9	104,9	86,8	280,9	118,1	
50–100	Комплексный, в	10–20	3,09	4,5	48,2	0,8	55,4	234,9	90,9	96,9	145,8	
100–150	Осоково-сфагновый, п	35	5,52	5,5	47,9	1,7	26,7	178,2	75,1	233,3	44,6	
150–200	Осоковый, п	50	5,82	5,5	48,3	2,0	23,9	265,5	79,7	9,73	51,6	
200–250	Травяной, н	50	9,16	5,5	46,5	2,3	20,0	189,7	82,0	146,6	232,0	
250–275	Папоротниковый, н	40	6,76	5,5	43,8	2,8	15,1	228,1	70,7	211,3	252,5	
<i>П. 5 – автономная часть ландшафтного профиля</i>												
0–100	Фускум-торф, в	0–5	1,52	3,5	44,3	0,9	46,1	102,1	74,2	31,4	13,0	
100–150	Медум торф, в	10	3,12	3,5	48,7	1,4	34,0	86,0	74,8	95,6	172,5	
150–200	Сосново-пушицево-сфагновый, в	50	4,59	3,8	49,2	2,9	16,5	84,1	84,1	67,8	45,6	
200–250	Осоковый, н	45	4,04	4,2	47,7	2,0	23,4	80,2	78,2	41,8	290,1	
250–300	Травяной, н	45	6,15	6,0	31,3	2,8	11,1	80,8	81,9	29,7	281,5	
<i>П. 3 – транзитная часть ландшафтного профиля</i>												
0–50	Осоково-пушицевый, п	35	5,80	5,8	42,8	0,7	57,7	73,1	86,0	145,2	150,3	
50–100	Осоковый, н	45–55	6,79	5,5	45,2	1,3	34,7	254,4	84,1	85,6	80,6	
<i>П. 2 – аккумулятивная часть ландшафтного профиля</i>												

Примечание. N_{лг} – азот легкогидролизуемый; N_м – азот минеральный. Торф: с.т. – сухой, в – верховой, п – переходный, н – низинный.

Физико-химические свойства ТП ландшафтного профиля

Глубина, взятия бразца, см	Вид торфа, тип залежи	Степень разложения		РН	С	N	C/N	N _{лг} мг/ 100 г с.т.	N _м	Микроорганизмы, 10 ³ КОЕ/г с.т.торфа · 10 ⁵		
		Зольность	%							нитрификаторы	денитрификаторы	
0–50	Фускум-торф, в	0	2,30	4,0	44,4	1,9	22,9	104,9	86,8	280,9	118,1	
50–100	Комплексный, в	10–20	3,09	4,5	48,2	0,8	55,4	234,9	90,9	96,9	145,8	
100–150	Осоково-сфагновый, п	35	5,52	5,5	47,9	1,7	26,7	178,2	75,1	233,3	44,6	
150–200	Осоковый, п	50	5,82	5,5	48,3	2,0	23,9	265,5	79,7	9,73	51,6	
200–250	Травяной, н	50	9,16	5,5	46,5	2,3	20,0	189,7	82,0	146,6	232,0	
250–275	Папоротниковый, н	40	6,76	5,5	43,8	2,8	15,1	228,1	70,7	211,3	252,5	
<i>П. 5 – автономная часть ландшафтного профиля</i>												
0–100	Фускум-торф, в	0–5	1,52	3,5	44,3	0,9	46,1	102,1	74,2	31,4	13,0	
100–150	Медум торф, в	10	3,12	3,5	48,7	1,4	34,0	86,0	74,8	95,6	172,5	
150–200	Сосново-пушицево-сфагновый, в	50	4,59	3,8	49,2	2,9	16,5	84,1	84,1	67,8	45,6	
200–250	Осоковый, н	45	4,04	4,2	47,7	2,0	23,4	80,2	78,2	41,8	290,1	
250–300	Травяной, н	45	6,15	6,0	31,3	2,8	11,1	80,8	81,9	29,7	281,5	
<i>П. 3 – транзитная часть ландшафтного профиля</i>												
0–50	Осоково-пушицевый, п	35	5,80	5,8	42,8	0,7	57,7	73,1	86,0	145,2	150,3	
50–100	Осоковый, н	45–55	6,79	5,5	45,2	1,3	34,7	254,4	84,1	85,6	80,6	
<i>П. 2 – аккумулятивная часть ландшафтного профиля</i>												

Примечание. N_{лг} – азот легкогидролизуемый; N_м – азот минеральный. Торф: с.т. – сухой, в – верховой, п – переходный, н – низинный.

но выше по сравнению с другими залежами, что, вполне возможно, объяснено процессам их миграции из вышерасположенных по профилю ТП.

Известно, что N_2O является промежуточным соединением, которое образуется в результате биохимических процессов трансформации азота в почве. Активность их зависит от многих факторов. Наиболее благоприятные условия для активизации процесса денитрификации – наличие доступного углерода и анаэробные условия. Нитрифицирующие бактерии, напротив, нуждаются в аэробной среде и наличии аммонийного азота. Легкогидролизуемый азот, способный относительно легко вовлекаться в процессы нитрификации-денитрификации, преобладает в ТП п. 5, его содержание в 1,5–2 раза больше по сравнению с пунктами 2 и 3. Вместе с тем содержание минерального азота практически одинаково во всех ТП (см. таблицу), а содержание аммонийного азота в 10 раз превышает содержание нитратного азота. Полученные результаты подтверждаются активностью нитрификаторов и денитрификаторов в пунктах наблюдений (см. таблицу). Так, в ТП п. 5 численность нитрификаторов в 1,5 раза выше по сравнению с другими ТП. Денитрификаторы преобладают в ТП пунктов 3 и 2 и их содержание в 2 раза меньше по сравнению с ТП п. 5. Вместе с тем содержание в ТП N_2O характеризуется равномерными и невысокими значениями, которые не превышают 10–14 ммоль/л.

В литературе широко дискутируется вопрос о влиянии степени увлажнения и температуры на процесс образования и эмиссии закиси азота [15, 16 и др.]. Большинство исследователей считают, что увеличению концентрации N_2O в профиле почв и его эмиссии благоприятствуют переувлажнение и соответственно активизация процесса денитрификации. Согласно некоторым авторам [17 и др.], весенняя эмиссия N_2O , связанная с процессами промерзания-оттаивания, может достигать 50–70 % годового потока N_2O . Рассмотрим это положение на примере динамики концентрации N_2O в слоях 54 и 286 см (рис. 2). Промерзание в ТП сохраняется до середины июня (глубина промерзания до 50 см), переувлажнение отмечается на протяжении всего вегетационного периода. В ТП существенные колебания динамики N_2O в период весна – осень отмечаются только в ТП п. 5 на глубине как 54, так и 286 см, что определяется переувлажнением вследствие высокого уровня грунтовых вод.

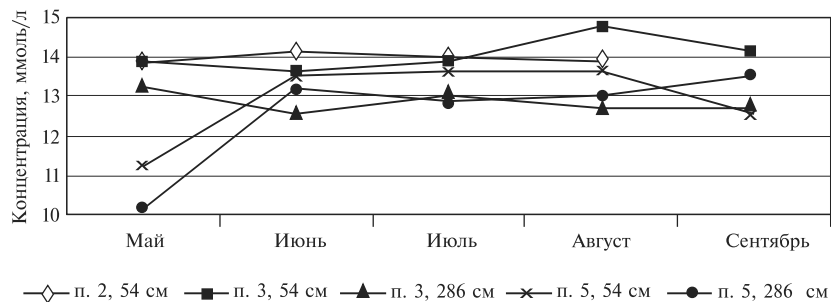


Рис. 2. Концентрация N_2O в ТП ландшафтного профиля

но выше по сравнению с другими залежами, что, вполне возможно, объяснено процессам их миграции из вышерасположенных по профилю ТП.

Известно, что N_2O является промежуточным соединением, которое образуется в результате биохимических процессов трансформации азота в почве. Активность их зависит от многих факторов. Наиболее благоприятные условия для активизации процесса денитрификации – наличие доступного углерода и анаэробные условия. Нитрифицирующие бактерии, напротив, нуждаются в аэробной среде и наличии аммонийного азота. Легкогидролизуемый азот, способный относительно легко вовлекаться в процессы нитрификации-денитрификации, преобладает в ТП п. 5, его содержание в 1,5–2 раза больше по сравнению с пунктами 2 и 3. Вместе с тем содержание минерального азота практически одинаково во всех ТП (см. таблицу), а содержание аммонийного азота в 10 раз превышает содержание нитратного азота. Полученные результаты подтверждаются активностью нитрификаторов и денитрификаторов в пунктах наблюдений (см. таблицу). Так, в ТП п. 5 численность нитрификаторов в 1,5 раза выше по сравнению с другими ТП. Денитрификаторы преобладают в ТП пунктов 3 и 2 и их содержание в 2 раза меньше по сравнению с ТП п. 5. Вместе с тем содержание в ТП N_2O характеризуется равномерными и невысокими значениями, которые не превышают 10–14 ммоль/л.

В литературе широко дискутируется вопрос о влиянии степени увлажнения и температуры на процесс образования и эмиссии закиси азота [15, 16 и др.]. Большинство исследователей считают, что увеличению концентрации N_2O в профиле почв и его эмиссии благоприятствуют переувлажнение и соответственно активизация процесса денитрификации. Согласно некоторым авторам [17 и др.], весенняя эмиссия N_2O , связанная с процессами промерзания-оттаивания, может достигать 50–70 % годового потока N_2O . Рассмотрим это положение на примере динамики концентрации N_2O в слоях 54 и 286 см (рис. 2). Промерзание в ТП сохраняется до середины июня (глубина промерзания до 50 см), переувлажнение отмечается на протяжении всего вегетационного периода. В ТП существенные колебания динамики N_2O в период весна – осень отмечаются только в ТП п. 5 на глубине как 54, так и 286 см, что определяется переувлажнением вследствие высокого уровня грунтовых вод.

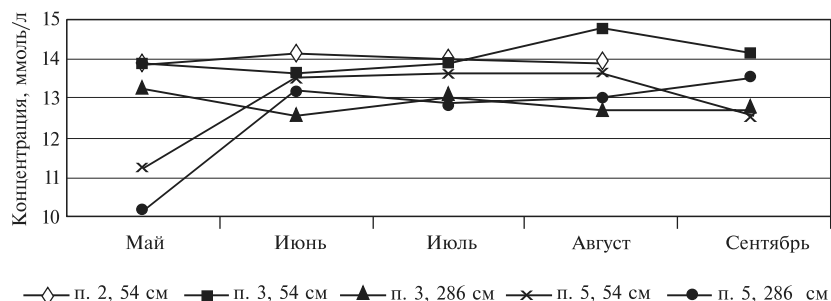


Рис. 2. Концентрация N_2O в ТП ландшафтного профиля

но выше по сравнению с другими залежами, что, вполне возможно, объяснено процессам их миграции из вышерасположенных по профилю ТП.

Известно, что N_2O является промежуточным соединением, которое образуется в результате биохимических процессов трансформации азота в почве. Активность их зависит от многих факторов. Наиболее благоприятные условия для активизации процесса денитрификации – наличие доступного углерода и анаэробные условия. Нитрифицирующие бактерии, напротив, нуждаются в аэробной среде и наличии аммонийного азота. Легкогидролизуемый азот, способный относительно легко вовлекаться в процессы нитрификации-денитрификации, преобладает в ТП п. 5, его содержание в 1,5–2 раза больше по сравнению с пунктами 2 и 3. Вместе с тем содержание минерального азота практически одинаково во всех ТП (см. таблицу), а содержание аммонийного азота в 10 раз превышает содержание нитратного азота. Полученные результаты подтверждаются активностью нитрификаторов и денитрификаторов в пунктах наблюдений (см. таблицу). Так, в ТП п. 5 численность нитрификаторов в 1,5 раза выше по сравнению с другими ТП. Денитрификаторы преобладают в ТП пунктов 3 и 2 и их содержание в 2 раза меньше по сравнению с ТП п. 5. Вместе с тем содержание в ТП N_2O характеризуется равномерными и невысокими значениями, которые не превышают 10–14 ммоль/л.

В литературе широко дискутируется вопрос о влиянии степени увлажнения и температуры на процесс образования и эмиссии закиси азота [15, 16 и др.]. Большинство исследователей считают, что увеличению концентрации N_2O в профиле почв и его эмиссии благоприятствуют переувлажнение и соответственно активизация процесса денитрификации. Согласно некоторым авторам [17 и др.], весенняя эмиссия N_2O , связанная с процессами промерзания-оттаивания, может достигать 50–70 % годового потока N_2O . Рассмотрим это положение на примере динамики концентрации N_2O в слоях 54 и 286 см (рис. 2). Промерзание в ТП сохраняется до середины июня (глубина промерзания до 50 см), переувлажнение отмечается на протяжении всего вегетационного периода. В ТП существенные колебания динамики N_2O в период весна – осень отмечаются только в ТП п. 5 на глубине как 54, так и 286 см, что определяется переувлажнением вследствие высокого уровня грунтовых вод.

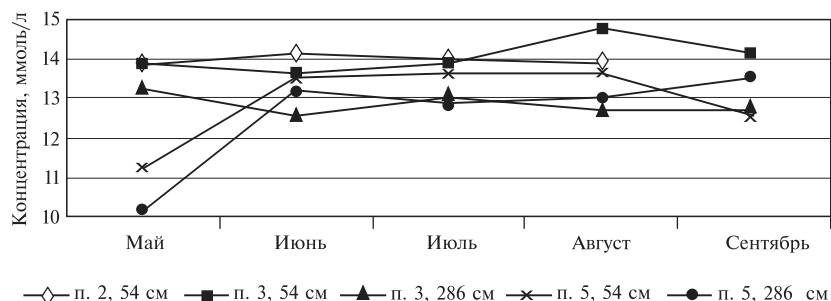


Рис. 2. Концентрация N_2O в ТП ландшафтного профиля

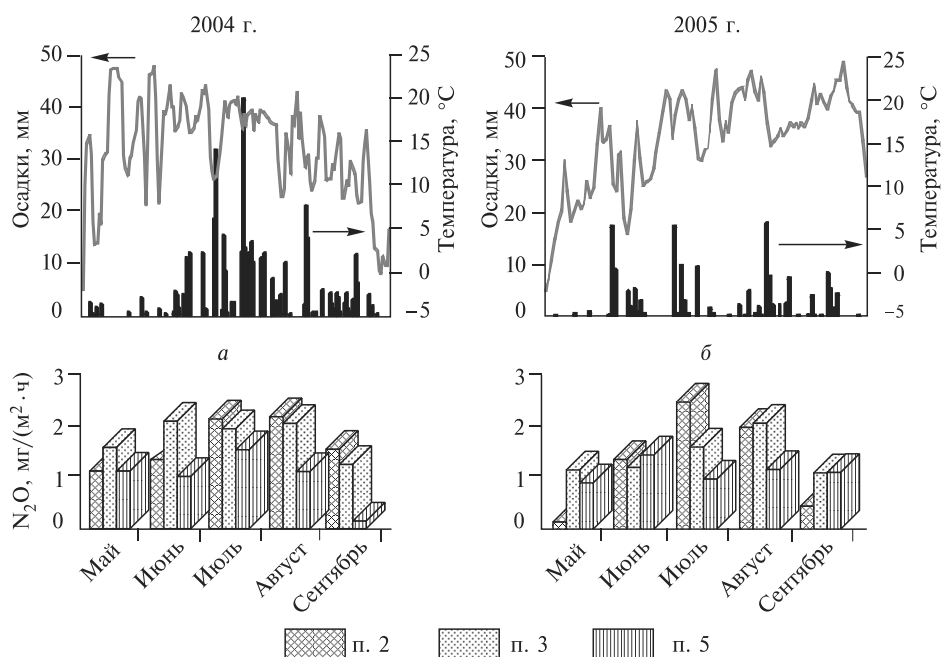


Рис. 3. Динамика эмиссии N₂O в разные по погодным условиям годы

Рассмотрим динамику эмиссии N₂O за 2 вегетационных периода, с близкими значениями гидротермического коэффициента (ГТК = 1,56 в 2004 г. и 1,47 в 2005 г.). Уровни болотных вод (УБВ) за годы исследований на всех пунктах наблюдений располагаются близко к поверхности, за исключением п. 2, который характеризовался низкими УБВ. При выпадении осадков во второй половине июня, июле и первой половине августа отмечается и увеличение активности эмиссии N₂O (до 3,8 мг/(м²·ч)) с наибольшими значениями в п. 2 и 3 (рис. 3).

По погодным условиям 2005 г. отличался от 2004 г. равномерным распределением осадков (кроме мая, когда осадков практически не было) и повышенными температурами. Общая эмиссия N₂O характеризовалась невысокими значениями. Однако весной и осенью больше N₂O выделялось в ТП пунктах 3 и 5.

Если сравнить эмиссию N₂O в разных пунктах верхового болота с литературными данными [1, 17], то эмиссия с болот характеризуется невысокими значениями и находится на уровне эмиссии, например, лесной сухой почвы (0,1–0,9 мг N₂O/(м²·ч)) и лиственных лесов (0,9–1,19 мг N₂O/(м²·ч)).

ВЫВОДЫ

1. Содержание N₂O в ТП олиготрофных болот изменяется в пределах 10,00–13,28 ммоль/л и контролируется окислительно-восстановительными условиями и микробиологическими процессами.

3. Эмиссия N₂O определяется погодными условиями вегетационного периода. Экстремальные ее значения с болот составляют от 0,11 до 2,16, при среднем значении 1,34 мг N₂O/(м²·ч), что сопоставимо с эмиссией N₂O из минеральных почв.

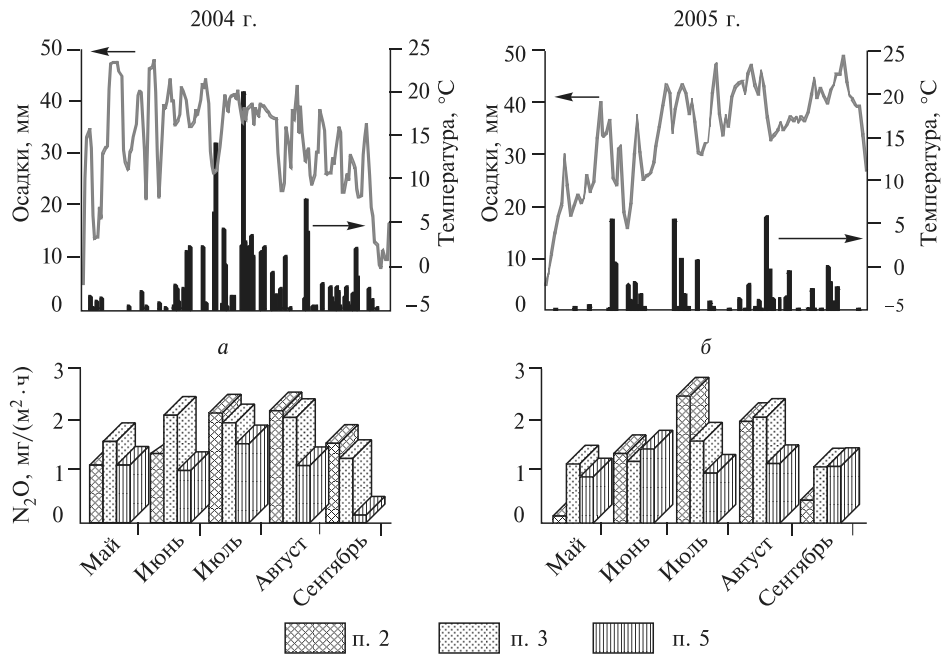


Рис. 3. Динамика эмиссии N₂O в разные по погодным условиям годы

Рассмотрим динамику эмиссии N₂O за 2 вегетационных периода, с близкими значениями гидротермического коэффициента (ГТК = 1,56 в 2004 г. и 1,47 в 2005 г.). Уровни болотных вод (УБВ) за годы исследований на всех пунктах наблюдений располагаются близко к поверхности, за исключением п. 2, который характеризовался низкими УБВ. При выпадении осадков во второй половине июня, июле и первой половине августа отмечается и увеличение активности эмиссии N₂O (до 3,8 мг/(м²·ч)) с наибольшими значениями в п. 2 и 3 (рис. 3).

По погодным условиям 2005 г. отличался от 2004 г. равномерным распределением осадков (кроме мая, когда осадков практически не было) и повышенными температурами. Общая эмиссия N₂O характеризовалась невысокими значениями. Однако весной и осенью больше N₂O выделялось в ТП пунктах 3 и 5.

Если сравнить эмиссию N₂O в разных пунктах верхового болота с литературными данными [1, 17], то эмиссия с болот характеризуется невысокими значениями и находится на уровне эмиссии, например, лесной сухой почвы (0,1–0,9 мг N₂O/(м²·ч)) и лиственных лесов (0,9–1,19 мг N₂O/(м²·ч)).

ВЫВОДЫ

1. Содержание N₂O в ТП олиготрофных болот изменяется в пределах 10,00–13,28 ммоль/л и контролируется окислительно-восстановительными условиями и микробиологическими процессами.

3. Эмиссия N₂O определяется погодными условиями вегетационного периода. Экстремальные ее значения с болот составляют от 0,11 до 2,16, при среднем значении 1,34 мг N₂O/(м²·ч), что сопоставимо с эмиссией N₂O из минеральных почв.

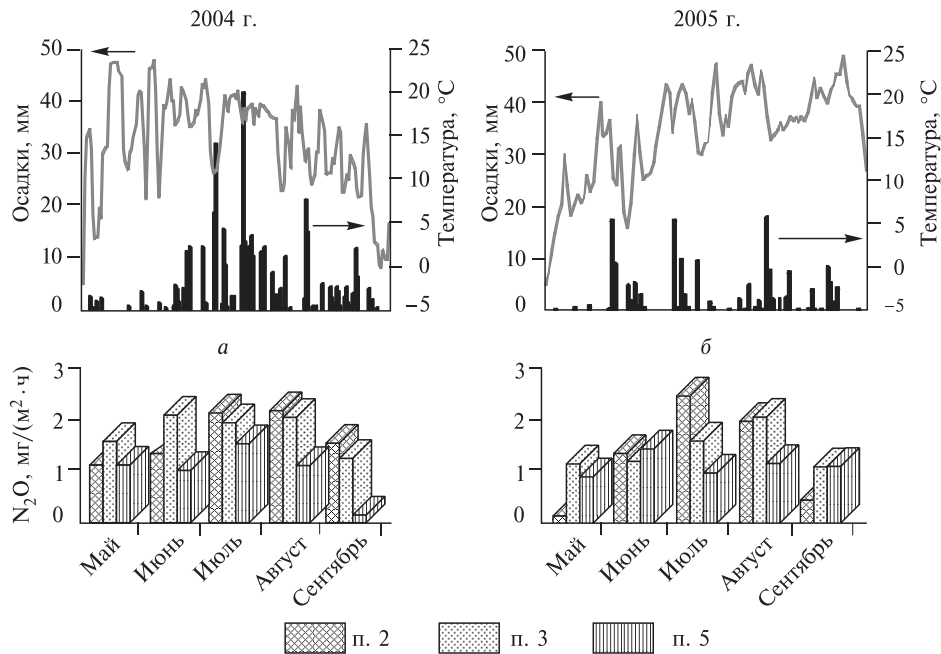


Рис. 3. Динамика эмиссии N₂O в разные по погодным условиям годы

Рассмотрим динамику эмиссии N₂O за 2 вегетационных периода, с близкими значениями гидротермического коэффициента (ГТК = 1,56 в 2004 г. и 1,47 в 2005 г.). Уровни болотных вод (УБВ) за годы исследований на всех пунктах наблюдений располагаются близко к поверхности, за исключением п. 2, который характеризовался низкими УБВ. При выпадении осадков во второй половине июня, июле и первой половине августа отмечается и увеличение активности эмиссии N₂O (до 3,8 мг/(м²·ч)) с наибольшими значениями в п. 2 и 3 (рис. 3).

По погодным условиям 2005 г. отличался от 2004 г. равномерным распределением осадков (кроме мая, когда осадков практически не было) и повышенными температурами. Общая эмиссия N₂O характеризовалась невысокими значениями. Однако весной и осенью больше N₂O выделялось в ТП пунктах 3 и 5.

Если сравнить эмиссию N₂O в разных пунктах верхового болота с литературными данными [1, 17], то эмиссия с болот характеризуется невысокими значениями и находится на уровне эмиссии, например, лесной сухой почвы (0,1–0,9 мг N₂O/(м²·ч)) и лиственных лесов (0,9–1,19 мг N₂O/(м²·ч)).

ВЫВОДЫ

1. Содержание N₂O в ТП олиготрофных болот изменяется в пределах 10,00–13,28 ммоль/л и контролируется окислительно-восстановительными условиями и микробиологическими процессами.

3. Эмиссия N₂O определяется погодными условиями вегетационного периода. Экстремальные ее значения с болот составляют от 0,11 до 2,16, при среднем значении 1,34 мг N₂O/(м²·ч), что сопоставимо с эмиссией N₂O из минеральных почв.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кудеяров В.Н. Азотный цикл и продуцирование закиси азота // Почвоведение. – 1999. – № 8. – С. 988–998.
2. Степанов А.Л. Микробная трансформация закиси азота в почвах: автореф. дис. д-ра биол. наук. – М., 2000. – 49 с.
3. Crutzen P.J. Atmospheric Chemical processes of the oxides of nitrogen, including N₂O // Denitrification, Nitrification, and Atmospheric Nitrous Oxide. – 1981. – P. 17–44.
4. Moiser A.R., Kroeze C. Potential impact on the global atmospheric N₂O budget of the increased nitrogen input required to meet // Chemosphere. – 2000. – Vol. 2. – P. 465–473.
5. Bouwman A.F. Direct emission of nitrous oxide from agriculture soil. – National Institute of Public Health and environmental Protection, Netherlands, 1994.
6. Костина Н.В., Степанов А.Л., Умаров М.М. Влияние экологических факторов на восстановление закиси азота в почвах разных типов // Почвоведение. – 1995. – №. 6. – С. 725–731.
7. Augustin J., Merbach W., Schmidt W., Reining E. Effect of Changing Temperature and Water Table on Trace Gas Emission from Minerotrophic Mires // Angew. Bot. – 1996. – Vol. 70. – P. 45–51.
8. Вомперский С.Э., Иванов А.И., Цыганова О.П. и др. Заболоченные органогенные почвы и болота России и запас углерода в их торфах // Почвоведение. – 1994. – № 12. – С. 17–25.
9. Методы общей микробиологии и биохимии / под ред. Д.Г. Звягинцева. – М.: Изд-во МГУ, 1985.
10. Наставления гидрометеорологическим станциям и постам. – Л.: Гидрометеоздат, 1989. – Вып. 8. – 201 с.
11. Инишева Л.И., Юхлин В.И., Зелингер Ф.Ф. Определение ОВП почв прибором ЭСК-1. – Томск, 1975. – С. 35–75.
12. Инишева Л.И., Инишев Н.Г., Зелингер Ф.Ф., Юхлин В.И. Определение температуры почвы и торфов терморезисторами ММТ-4. – Томск, 1975. – С. 36–75.
13. Методы определения азота в почве // Агрохимические методы исследования почв. – М.: Наука, 1975. – С. 94–95.
14. Пономарева В.В., Николаева Т.А. Методы изучения органического вещества в торфяно-болотных почвах // Почвоведение. – 1961. – № 5. – С. 88–95.
15. Chen Y., Tessier S., MacKenzie A.F. et al. Nitrous oxide emission from an soil subjected to different freeze-thaw cycles // Agriculture. – 1995. – Vol. 55. – P. 123–128.
16. Курганова И.Н., Типе Р., Лопес де Гереню В.О. Динамика выделения азота из пахотных и лесных почв при чередовании замерзания и оттаивания // Почвоведение. – 2004. – № 11. – С. 1375–1384.
17. Komman C., Grunhage L., Muller C. Seasonal variability and mitigation options for N₂O emission // Environmental Pollution. – 1998. – Vol. 102. – P. 179–186.

Поступила в редакцию 21.05.2010

L.I. INISHEVA, Corresponding Member of Russian Academy of Agricultural Sciences,
Head Researcher,

M.A. SERGEYEVA, Candidate of Science in Biology, Junior Researcher,

M.V. SHUROVA, Candidate of Science in Geology and Mineralogy, Senior Researcher

State Scientific Establishment Gorno-Altai Research Institute for Agriculture,

Russian Academy of Agricultural Sciences

e-mail:

DYNAMICS OF NITROUS OXIDE GENERATION AND EMISSION
IN HIGH-MOOR PEAT SOILS

There are considered the results of studying the dynamics of nitrous oxide generation and emission in oligotrophic peat soils in the northeastern area of the Vasyuganskoye Bog during vegetation periods of the two-year research. The nitrous oxide content has been revealed to depend on the activity of biochemical and microbiological processes in soil as well as on the weather conditions of a vegetation period.

Keywords: peat soils, nitrous oxide, microflora.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Кудеяров В.Н.** Азотный цикл и продуцирование закиси азота // Почвоведение. – 1999. – № 8. – С. 988–998.
2. **Степанов А.Л.** Микробная трансформация закиси азота в почвах: автореф. дис. д-ра биол. наук. – М., 2000. – 49 с.
3. **Crutzen P.J.** Atmospheric Chemical processes of the oxides of nitrogen, including N₂O // Denitrification, Nitrification, and Atmospheric Nitrous Oxide. – 1981. – P. 17–44.
4. **Moiser A.R., Kroeze C.** Potential impact on the global atmospheric N₂O budget of the increased nitrogen input required to meet // Chemosphere. – 2000. – Vol. 2. – P. 465–473.
5. **Bouwman A.F.** Direct emission of nitrous oxide from agriculture soil. – National Institute of Public Health and environmental Protection, Netherlands, 1994.
6. **Костина Н.В., Степанов А.Л., Умаров М.М.** Влияние экологических факторов на восстановление закиси азота в почвах разных типов // Почвоведение. – 1995. – №. 6. – С. 725–731.
7. **Augustin J., Merbach W., Schmidt W., Reining E.** Effect of Changing Temperature and Water Table on Trace Gas Emission from Minerotrophic Mires // Angew. Bot. – 1996. – Vol. 70. – P. 45–51.
8. **Вомперский С.Э., Иванов А.И., Цыганова О.П. и др.** Заболоченные органогенные почвы и болота России и запас углерода в их торфах // Почвоведение. – 1994. – № 12. – С. 17–25.
9. **Методы** общей микробиологии и биохимии / под ред. Д.Г. Звягинцева. – М.: Изд-во МГУ, 1985.
10. **Наставления** гидрометеорологическим станциям и постам. – Л.: Гидрометеоздат, 1989. – Вып. 8. – 201 с.
11. **Инишева Л.И., Юхлин В.И., Зелингер Ф.Ф.** Определение ОВП почв прибором ЭСК-1. – Томск, 1975. – С. 35–75.
12. **Инишева Л.И., Инишев Н.Г., Зелингер Ф.Ф., Юхлин В.И.** Определение температуры почвы и торфов терморезисторами ММТ-4. – Томск, 1975. – С. 36–75.
13. **Методы** определения азота в почве // Агрохимические методы исследования почв. – М.: Наука, 1975. – С. 94–95.
14. **Пономарева В.В., Николаева Т.А.** Методы изучения органического вещества в торфяно-болотных почвах // Почвоведение. – 1961. – № 5. – С. 88–95.
15. **Chen Y., Tessier S., MacKenzie A.F. et al.** Nitrous oxide emission from an soil subjected to different freeze-thaw cycles // Agriculture. – 1995. – Vol. 55. – P. 123–128.
16. **Курганова И.Н., Типе Р., Лопес де Гереню В.О.** Динамика выделения азота из пахотных и лесных почв при чередовании замерзания и оттаивания // Почвоведение. – 2004. – № 11. – С. 1375–1384.
17. **Kommann C., Grunhage L., Muller C.** Seasonal variability and mitigation options for N₂O emission // Environmental Pollution. – 1998. – Vol. 102. – P. 179–186.

Поступила в редакцию 21.05.2010

**L.I. INISHEVA, Corresponding Member of Russian Academy of Agricultural Sciences,
Head Researcher,**

M.A. SERGEYEVA, Candidate of Science in Biology, Junior Researcher,

M.V. SHUROVA, Candidate of Science in Geology and Mineralogy, Senior Researcher

State Scientific Establishment Gorno-Altai Research Institute for Agriculture,

Russian Academy of Agricultural Sciences

e-mail:

**DYNAMICS OF NITROUS OXIDE GENERATION AND EMISSION
IN HIGH-MOOR PEAT SOILS**

There are considered the results of studying the dynamics of nitrous oxide generation and emission in oligotrophic peat soils in the northeastern area of the Vasyuganskoye Bog during vegetation periods of the two-year research. The nitrous oxide content has been revealed to depend on the activity of biochemical and microbiological processes in soil as well as on the weather conditions of a vegetation period.

Keywords: peat soils, nitrous oxide, microflora.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Кудеяров В.Н.** Азотный цикл и продуцирование закиси азота // Почвоведение. – 1999. – № 8. – С. 988–998.
2. **Степанов А.Л.** Микробная трансформация закиси азота в почвах: автореф. дис. д-ра биол. наук. – М., 2000. – 49 с.
3. **Crutzen P.J.** Atmospheric Chemical processes of the oxides of nitrogen, including N₂O // Denitrification, Nitrification, and Atmospheric Nitrous Oxide. – 1981. – P. 17–44.
4. **Moiser A.R., Kroeze C.** Potential impact on the global atmospheric N₂O budget of the increased nitrogen input required to meet // Chemosphere. – 2000. – Vol. 2. – P. 465–473.
5. **Bouwman A.F.** Direct emission of nitrous oxide from agriculture soil. – National Institute of Public Health and environmental Protection, Netherlands, 1994.
6. **Костина Н.В., Степанов А.Л., Умаров М.М.** Влияние экологических факторов на восстановление закиси азота в почвах разных типов // Почвоведение. – 1995. – №. 6. – С. 725–731.
7. **Augustin J., Merbach W., Schmidt W., Reining E.** Effect of Changing Temperature and Water Table on Trace Gas Emission from Minerotrophic Mires // Angew. Bot. – 1996. – Vol. 70. – P. 45–51.
8. **Вомперский С.Э., Иванов А.И., Цыганова О.П. и др.** Заболоченные органогенные почвы и болота России и запас углерода в их торфах // Почвоведение. – 1994. – № 12. – С. 17–25.
9. **Методы** общей микробиологии и биохимии / под ред. Д.Г. Звягинцева. – М.: Изд-во МГУ, 1985.
10. **Наставления** гидрометеорологическим станциям и постам. – Л.: Гидрометеоздат, 1989. – Вып. 8. – 201 с.
11. **Инишева Л.И., Юхлин В.И., Зелингер Ф.Ф.** Определение ОВП почв прибором ЭСК-1. – Томск, 1975. – С. 35–75.
12. **Инишева Л.И., Инишев Н.Г., Зелингер Ф.Ф., Юхлин В.И.** Определение температуры почвы и торфов терморезисторами ММТ-4. – Томск, 1975. – С. 36–75.
13. **Методы** определения азота в почве // Агрохимические методы исследования почв. – М.: Наука, 1975. – С. 94–95.
14. **Пономарева В.В., Николаева Т.А.** Методы изучения органического вещества в торфяно-болотных почвах // Почвоведение. – 1961. – № 5. – С. 88–95.
15. **Chen Y., Tessier S., MacKenzie A.F. et al.** Nitrous oxide emission from an soil subjected to different freeze-thaw cycles // Agriculture. – 1995. – Vol. 55. – P. 123–128.
16. **Курганова И.Н., Типе Р., Лопес де Гереню В.О.** Динамика выделения азота из пахотных и лесных почв при чередовании замерзания и оттаивания // Почвоведение. – 2004. – № 11. – С. 1375–1384.
17. **Kommann C., Grunhage L., Muller C.** Seasonal variability and mitigation options for N₂O emission // Environmental Pollution. – 1998. – Vol. 102. – P. 179–186.

Поступила в редакцию 21.05.2010

**L.I. INISHEVA, Corresponding Member of Russian Academy of Agricultural Sciences,
Head Researcher,**

M.A. SERGEYEVA, Candidate of Science in Biology, Junior Researcher,

M.V. SHUROVA, Candidate of Science in Geology and Mineralogy, Senior Researcher

State Scientific Establishment Gorno-Altai Research Institute for Agriculture,

Russian Academy of Agricultural Sciences

e-mail:

**DYNAMICS OF NITROUS OXIDE GENERATION AND EMISSION
IN HIGH-MOOR PEAT SOILS**

There are considered the results of studying the dynamics of nitrous oxide generation and emission in oligotrophic peat soils in the northeastern area of the Vasyuganskoye Bog during vegetation periods of the two-year research. The nitrous oxide content has been revealed to depend on the activity of biochemical and microbiological processes in soil as well as on the weather conditions of a vegetation period.

Keywords: peat soils, nitrous oxide, microflora.

