

АГРОЭКОЛОГИЯ

УДК 579.222.4

Л.И. Инишева, В.А. Дырин, Г.В. Ларина
L.I. Inisheva, V.A. Dyrin, G.V. Larina

БИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ ТОРФЯНЫХ ПОЧВ РАЗНОГО ГЕНЕЗИСА

BIOLOGICAL ACTIVITY OF PEAT BOGS OF VARIOUS GENESES

Ключевые слова: болото, микробиологическая активность, метод СИД, микробная биомасса, базальное дыхание, метаболический коэффициент.

Особенность алтайских болот, их значимая роль в потоке газообразных соединений углерода определяют важность получения знаний их микробной активности. Микробная биомасса – важный компонент в развитии и функционировании болотных экосистем. Об особенностях болотных микробценозов, их динамике и функционировании сведений очень мало. Методом субстрат-индуцированного дыхания (СИД) впервые изучены динамика скорости базального дыхания, микробная биомасса и метаболический коэффициент в торфяных болотах Горного Алтая. Метод СИД входит в перечень стандартных параметров, характеризующих биологические свойства почв в ряде зарубежных стран, поэтому применение этого метода является новым и весьма эффективным подходом в экологических исследованиях. Цель работы – изучить динамику микробного продуцирования CO_2 и экофизиологический статус микробного сообщества болот северо-восточной части Республики Алтай в погодных условиях 2013 г. Исследования проводились на болотах Республики Алтай: эвтрофном – Турочак и мезотрофном – Кутюшское. Образцы на микробиологический анализ отбирались в мае, июле и сентябре торфяным буром ТБГ-1. Скорость продуцирования CO_2 определяли хроматографическим способом на газовом хроматографе «Кристалл-5000.1». Полученные результаты позволяют получить представление об интенсивности биохимических процессов, происходящих в разных по генезису болотах. Установлено различие в биохимической активности ТЗ мезотрофного и эвтрофного болота, в первой ТЗ биохимическая активность выше. Выявлена биохимическая активность по всей торфяной залежи независимо от ее глубины. Так, в эвтрофном болоте она практически равномерна до подстилающих пород. В течение вегетационного периода динамика активности проявляется незначительно, за исключением поверхностного слоя. Определено, что в среднем за сезон значения микробной биомассы с глубиной изме-

няются незначительно, а активность микрофлоры проявляется по всему профилю.

Keywords: bog, microbiological activity, substrate-induced respiration (SIR) method, microbial biomass, basal respiration, metabolic quotient.

The special features of Altai bogs and their significant role in the flow of gaseous carbon compounds determine the importance of obtaining knowledge about their microbial activity. Microbial biomass is an important component in the development and functioning of bog ecosystems. There is insufficient data on the features of bog microflora, its dynamics and functioning. For the first time by means of substrate-induced respiration (SIR) method, the dynamics of basal respiration rate, microbial biomass and metabolic quotient was studied in the bogs of the Altai Mountains. The SIR method is a standard measurement to characterize soil biological properties in some countries, and the application of this method is novel and very effective approach in environmental studies. The research goal was to study the dynamics of microbial CO_2 production and eco-physiological status of the microbial community of the bogs of the north-eastern part of the Republic of Altai under the weather conditions of 2013. The research was conducted in the following bogs: eutrophic bog Turochak and mesotrophic bog Kutuyushskoye. Peat samples for microbiological tests were taken in May, July and September. The rate of CO_2 production was determined by chromatographic study with "Crystal-5000.1" gas chromatograph. The obtained results enabled getting an idea about the intensity of biochemical processes in the bogs of various geneeses. The difference in biochemical activity of the peat deposits of mesotrophic and eutrophic bogs was revealed; the biochemical activity in the former was more intensive. Biochemical activity throughout the peat deposit regardless of its depth was revealed. The biochemical activity in the eutrophic bog is practically uniform to the bed rock. The activity of microbial dynamics was insignificant during the growing season but for the surface layer. It was determined that the average values of microbial biomass changed insignificantly with the depth during the season, and the microbial activity was revealed throughout the profile.

Инишева Лидия Ивановна, д.с.-х.н., проф., каф. биологии растений и биохимии, Томский государственный педагогический университет. Тел.: (3822) 52-00-99. E-mail: inisheva@mail.ru.

Дырин Владимир Алексеевич, к.б.н., проф., каф. биологии растений и биохимии, Томский государственный педагогический университет. Тел.: (3822) 52-00-99. E-mail: agroecol@yandex.ru.

Ларина Галина Васильевна, к.х.н., доцент, каф. неорганической химии, Горно-Алтайский государственный университет. E-mail: knh@gasu.ru.

Inisheva Lidiya Ivanovna, Dr. Agr. Sci., Prof., Chair of Plant Biology and Biochemistry, Tomsk State Pedagogic University. Ph.: (3822) 52-00-99. E-mail: inisheva@mail.ru.

Dyrin Vladimir Alekseyevich, Cand. Bio. Sci., Prof., Chair of Plant Biology and Biochemistry, Tomsk State Pedagogic University. Ph.: (3822) 52-00-99. E-mail: agroecol@yandex.ru.

Larina Galina Vasilyevna, Cand. Chem. Sci., Assoc. Prof., Chair of Inorganic Chemistry, Gorno-Altaysk State University. E-mail: knh@gasu.ru.

Введение

Особенность алтайских болот, их значимая роль в потоке газообразных соединений углерода определяют важность получения знаний их микробной активности. Микробная биомасса – важный компонент в развитии и функционировании болотных экосистем. Об особенностях болотных микробценозов, их динамике и функционировании сведений очень мало. Большая часть микробиологических работ, оценивающих распределение и запасы микробной биомассы в торфяных залежах (ТЗ), в том числе и по сезонам [1-5], выполнены методом люминесцентной микроскопии, который позволяет четко дифференцировать эукариотные и прокариотные клетки, однако не позволяет судить об их активности и экофизиологическом статусе [6]. Именно поэтому количественная оценка биомассы торфов остается неопределенной, а вопросы, связанные с ее функционированием и влиянием на продуцирование парниковых газов, во многом остаются до сих пор неясными.

Все эти ограничения могут быть преодолены использованием метода субстрат-индуцированного дыхания (СИД), который дает информацию о взаимосвязи величины микробной биомассы, ее дыхательной активности и параметрах экофизиологического статуса микробного сообщества. Метод СИД является менее субъективным по сравнению, например, с методом прямой люминесцентной микроскопии [7].

Следует отметить, что метод СИД входит в перечень стандартных параметров, характеризующих биологические свойства почв в ряде зарубежных стран [8, 9], поэтому применение этого метода является новым и весьма эффективным подходом в экологических исследованиях. Большинство микробиологических исследований, проведенных методом СИД относятся к минеральным лесным почвам [6, 10-12], работы, оценивающие микробценозы торфяных почв методом СИД, единичны [13-16].

Цель работы – изучить динамику микробного продуцирования CO₂ и экофизиологический статус микробного сообщества болот северо-восточной части Республики Алтай в

погодных условиях 2013 г. Такие исследования на территории Горного Алтая проводятся впервые и представляют научную новизну для оценки микробиологической активности (ТЗ) болот.

Объекты и методы исследования

Исследования проводились на болотах Республики Алтай: эвтрофном – Турочак и мезотрофном – Кутюшское. Болото Турочак расположено на расстоянии от р. ц. Турочак в 1,6 км, растительность представлена древесно-осоковым фитоценозом. Микрорельеф кочковатый – осоково-моховые кочки высотой 0,2 м. Глубина ТЗ в среднем составляет 2,5 м при экстремальных значениях 0,6-6,0 м. В основании залежи отмечается горизонт (до 2,5 м) органоминеральных отложений (ОМО). Возраст болота 7060±90 лет.

Болото Кутюшское расположено также в Турочакском районе на расстоянии 6,3 км на северо-восток от районного центра Турочак. Растительность на месторождении в отдельных его частях существенно различается. Встречались практически безлесные пространства, покрытые сплошным моховым покровом с невысокой осокой. В отдельных местах месторождения произрастала береза высотой 2-4 м с редкой сосной и, наоборот, преобладала сосна с редкой березой. Глубина торфяной залежи (ТЗ) средняя – 1,4 м, с экстремальными значениями 0,3-2,1 м [17].

Образцы на микробиологический анализ отбирались в мае, июле и сентябре торфяным буром ТБГ-1. Определение респирометрических микробиологических показателей (базальное дыхание (БД), микробная биомасса (БМ), микробный метаболический коэффициент (QR)) проводилось методом субстрат-индуцированного дыхания.

Субстрат-индуцированное дыхание (СИД) оценивали по скорости выделения CO₂ торфом с глюкозо-минеральной смесью (ГМС) за 3 ч инкубации при температуре 25°C [18]. Базальное дыхание измеряли по скорости выделения CO₂ торфом с водой за 24 ч инкубации при температуре 25°C. Скорость продуцирования CO₂ определяли хромато-

графическим способом на газовом хроматографе «Кристалл-5000.1».

Микробную биомассу торфа рассчитывали на сухую навеску путем пересчета скорости СИД. Микробный метаболический коэффициент (QR) рассчитывали как отношение БД к СИД [11]. Все лабораторные исследования осуществляли в Испытательной лаборатории (№ РОСС RU.0001.516054). Статистическая обработка данных проведена с использованием программы Microsoft Excel.

Обсуждение результатов

В 2013 г. вегетационный период можно охарактеризовать как умеренно теплый и засушливый (ГТК-1,07). Сумма осадков за данный период была существенно ниже средне-многолетней нормы. Количество осадков, близкое к среднемноголетним показателям, отмечалось только в мае, в остальные месяцы выпадение осадков было много меньше нормы (табл. 1).

Уровни болотных вод (УБВ) на болоте Кутюшское были в течение вегетационного периода ниже на 10-20 см по сравнению с болотом Турочак. С мая на обоих объектах происходило снижение УБВ включительно до июля (Кутюшское – 30 см, Турочак – 45 см от поверхности). В дальнейшем УБВ поднялись выше на 10 см и оставались в таком положении до конца вегетационного периода.

Прогревание ТЗ горных болот в вегетационный период 2013 г. началось в середине мая, верхние слои прогрелись до температуры 10°C к третьей декаде июня. Активная температура (10°C) распространилась вглубь ТЗ до 160 см на болоте Турочак, на Кутюшском – до 200 см в течение периода середины июня – середина сентября. Прогревание до летних температур 15°C началось в конце июня на болоте Турочак затем в конце июля на болоте Кутюшское и достигло глубины 60 см, сохраняя такую температуру до начала сентября.

Рассмотрим динамику биомассы по ТЗ болот. В мае несмотря на пониженные температуры содержание БМ в поверхностном слое до 50 см в ТЗ болота Турочак было более чем в 2 раза больше. В сентябре еще более увеличилась БМ, но уже только в слое 0-25 см (табл. 2).

Иное распределение БМ наблюдается в ТЗ болота Кутюшское. В мае высокое содержание БМ отмечается в слое 0-25 см, но и на глубине 75-100 см. Такая же закономерность была в июле, но уже в августе высокие значения БМ достигали 1 м глубины. Таким образом, более высокое содержание БМ, в том числе по всей ТЗ, отмечается в переходном болоте Кутюшское (табл. 3).

Полученные данные подтверждают высказанную ранее рядом исследователей гипоте-

зу, что нижние слои ТЗ нельзя считать «стерильными», а в понятие «торфяная почва» должна быть включена вся ТЗ [4, 19].

Вместе с тем в работах И.Д. Гродницкой [13], проведенных на олиготрофном болоте Озерное, расположенном в Томской области, отмечается незначительное увеличение БМ с глубиной. В верхних горизонтах этого болота средние значения БМ составили 0,6 мг/г торфа, но и на глубине 300 см микробная биомасса не превышает 1,9 мг/г торфа. Более высокие значения БМ в анаэробных слоях ТЗ авторы объясняют тем, что процессы разложения органического вещества в них протекают более интенсивно за счет одновременной активизации факультативно-анаэробной и анаэробной микрофлоры [13]. Согласно нашим исследованиям в ТЗ при торфообразовании формируется микро-мозаичность аэробно-анаэробных условий, в том числе и за счет содержания в них кислорода. Наличие кислорода в затопленной ТЗ объясняется протекающими биохимическими процессами и строением торфов. В результате, такое затопление не создает облигатно анаэробных условий в ТЗ. Каждый нарастающий слой, оказываясь под экранирующим водным слоем, в силу физических свойств сохраняет кислород в микроагрегатах и далее производит его еще за счет биохимических процессов. Интенсивность БД в исследуемых ТЗ также с глубиной снижается, но в придонном слое их значения даже увеличиваются по сравнению с поверхностным слоем, что совпадает с данными, приведенными в работах других исследователей [13]. В эвтрофном болоте величины БД в целом выше по сравнению с переходным болотом. Динамика БД в течение вегетационного периода изменяется равномерно, но выявляется другая закономерность: на глубине 200-225 см во все месяцы происходит увеличение БД. То есть по активности БД в ТЗ эвтрофного болота образуется двойной профиль: с поверхности и до 200 см и далее с 250 до 400 см. На переходном болоте БД снижается вниз равномерно и только в придонном слое происходит небольшое его увеличение.

Значения QR, который является критерием устойчивости микробных сообществ и индикатором эффективности использования субстрата [20], с глубиной изменяются и в целом для вегетационного периода 2013 г. не превышают 1, следовательно, характеризует стабильное функционирование микробных сообществ в исследуемой ТЗ. Согласно работе Т.Н. Anderson [21], отсутствие значительных различий величин QR может свидетельствовать об устойчивом протекании микробных процессов, связанных с трансформацией углерода.

Таблица 1

Погодные условия, ГМС Турочак, 2013 г.

Метеорологическая характеристика	Месяц					Май-сентябрь
	май	июнь	июль	август	сентябрь	
Температура воздуха, °С	9,4	15,1	18,7	17,4	9,9	14,1
Среднемноголетняя температура воздуха, °С	9,9	14,4	16,8	14,7	8,4	12,8
Осадки, мм	89,9	40,3	77,0	93,2	35,1	335,5
Среднемноголетние осадки, мм	80	115	135	127	78	535,0
ГТК по Селянинову	1,1	0,8	1,3	1,7	0,47	1,07
Среднемноголетний ГТК	0,8	1,7	1,8	1,6	1,5	1,5

Таблица 2

Характеристика активности микрофлоры за вегетационный период 2013 г., Турочак

Глубина, см	БМ, мг/г с.т.	БД, мкг С-СО ₂ /г*ч	QR (БД/СИД)
Май			
0-25	4,29±0,04	4,00±0,19	0,35±0,08
25-50	3,89±0,99	2,33±0,24	0,2±0,03
150-175	1,58±0,18	2,11±0,20	0,47±0,10
200-225	1,11±0,24	3,61±0,35	0,70±0,11
275-300	0,81±0,01	2,15±0,08	2,08±0,05
350-375	1,52±0,09	1,54±0,13	3,43±0,01
400-425	1,76±0,06	1,20±0,09	0,24±0,06
Июль			
0-25	1,40±0,02	2,73±0,07	0,85±0,01
25-50	2,28±0,34	2,60±0,41	0,45±0,03
150-175	1,03±0,06	2,66±0,04	0,60±0,14
200-225	2,04±0,07	3,05±0,01	0,39±0,06
275-300	1,55±0,22	2,45±0,02	0,63±0,08
350-375	1,51±0,02	1,97±0,02	0,46±0,07
400-425	1,52±0,03	1,27±0,05	0,30±0,02
Сентябрь			
0-25	5,42±0,34	5,44±0,06	0,35±1,01
25-50	1,93±0,01	2,78±0,13	0,54±0,03
150-175	1,10±0,08	2,94±0,19	0,72±0,02
200-225	1,12±0,05	3,60±0,34	0,81±0,07
275-300	0,82±0,07	3,78±0,81	2,88±0,08
350-375	1,45±0,00	2,01±0,40	0,47±0,03
400-425	0,96±0,03	1,56±0,06	0,63±0,01

Примечание. БД – базальное дыхание; БМ – микробная биомасса; QR – микробный метаболический коэффициент; с.т. – сухой торф.

Таблица 3

Характеристика активности микрофлоры за вегетационный период 2013 г., Кутюшское

Глубина, см	БМ, мг/г с.т.	БД, мкг С-СО ₂ /г*ч	QR (БД/СИД)
Май			
0-25	6,06±0,55	1,38±0,08	0,20±0,01
25-50	1,54±0,02	1,13±0,03	0,75±0,00
75-100	4,25	1,23	0,24
150-175	1,39	1,79	0,71
Июль			
0-25	3,33±0,08	1,12±0,04	0,30±0,02
25-50	1,96	0,62	0,34
75-100	3,83±0,06	0,98±0,01	0,33±0,03
150-175	2,70±0,12	1,79±0,04	0,36±0,02
Сентябрь			
0-25	2,75±0,27	1,25±0,09	0,34±0,09
25-50	6,56±0,39	0,89±0,02	0,15±0,02
75-100	5,08±0,33	0,99±0,07	0,21±0,07
150-175	1,77±0,15	1,63±0,04	0,45±0,05

Примечание. Условные обозначения в таблице 2.

В ТЗ исследуемых болот в среднем за сезон содержание БМ изменяется от 0,81-6,06 мг С/г с.т., интенсивность БД – от 0,62 до 5,44 мкг С-CO₂/г*час, значения QR не превышают 1. Полученные данные характеризуют более высокую активность горно-алтайских болот, по сравнению с литературными источниками, и стабильное функционирование микробных сообществ в рассматриваемый период времени.

В ТЗ отмечается постепенное снижение вниз по профилю БМ. Более высокое содержание БМ, в том числе по всей ТЗ, отмечается в болоте Кутюшское. По активности БД в ТЗ эвтрофного болота образуется двойной профиль: с поверхности и до 200 см и далее с 250 до 400 см, что не наблюдается в переходном болоте.

Интенсивность БД в ТЗ с глубиной снижается, с последующим увеличением на глубине ТЗ по сравнению с поверхностным слоем. Наибольшие колебания QR отмечаются летом, что указывает на более существенную зависимость микрофлоры от внешних факторов среды в этот период.

Выводы

Полученные результаты позволяют получить представление об интенсивности биохимических процессов, происходящих в разных по генезису болотах. Установлено различие в биохимической активности ТЗ мезотрофного и эвтрофного болота, в первой ТЗ биохимическая активность выше. Выявлена биохимическая активность по всей торфяной залежи независимо от ее глубины. Так в эвтрофном болоте она практически равномерна до подстилающих пород. В течение вегетационного периода динамика активности проявляется незначительно, за исключением поверхностного слоя.

Авторы выражают благодарность своей коллеге М.А. Сергеевой за проведение отдельных анализов. Работа выполнена при поддержке Минобрнауки (госзадание ТГПУ № 174).

Библиографический список

1. Головченко А.В., Полянская Л.М., Добровольская Т.Г. и др. Особенности пространственного распределения и структуры микробных комплексов болотных-лесных экосистем // Почвоведение. – 1993. – № 10. – С. 78-89.
2. Инишева Л.И., Головченко А.В. Характеристика микробоценоза в торфяных залежах ландшафтного профиля олиготрофного торфогенеза // Сибирский экологический журнал. – 2007. – № 3. – С. 363-373.
3. Головченко А.В., Тихонова Е.Ю., Звягинцев Д.Г. Численность, биомасса, структура и активность микробных комплексов низинных и верховых торфяников // Микро-

биология. – 2007. – Т. 76. – № 5. – С. 711-719.

4. Головченко А.В., Добровольская Т.Г., Звягинцев Д.Г. Микробиологические основы оценки торфяника как профильного почвенного тела // Вестник ТГПУ. – 2008. – Вып. 4 (78). – С. 46-53.

5. Добровольская Т.Г., Головченко А.В., Кухаренко О.С. и др. Структура микробных сообществ верховых и низинных торфяников Томской области // Почвоведение. – 2012. – № 3. – С. 317-326.

6. Сусьян Е.А., Ананьева Н.Д., Гавриленко Е.Г. и др. Углерод микробной биомассы в профиле лесных почв южной тайги // Почвоведение. – 2009. – № 10. – С. 1233-1240.

7. Ананьева Н.Д., Полянская Л.М., Сусьян Е.А. и др. Сравнительная оценка микробной биомассы почв, определяемой методами прямого микроскопирования и субстрат-индуцированного дыхания // Микробиология. – 2008. – Т. 77. – №. 3. – С. 404-412.

8. Bouma J. Soil Environmental Quality: a European Perspective // J. Environm. Quality. – 1997. – Vol. 26. – P. 26-31.

9. Sikora L.J., Yakovchenko V., Kaufman D.D. Comparison of rehydration method for biomass determination to fumigation-incubation and substrate-induced respiration method // Soil Biol. Biochem. – 1994. – Vol. 26 (10). – R. 1443-1445.

10. Ананьева Н.Д., Сусьян Е.А., Рыжова И.М. и др. Углерод микробной биомассы и микробное продуцирование двуокиси углерода дерново-подзолистыми почвами постагрогенных биогеоценозов и коренных ельников южной тайги (Костромская область) // Почвоведение. – 2009. – № 9. – С. 1108-1116.

11. Сусьян Е.А., Рыбьянец Д.С., Ананьева Н.Д. Изменение микробной активности по профилю серой лесной почвы и чернозема // Почвоведение. – 2006. – № 8. – С. 956-964.

12. Ananyeva N.D., Susyan E.A., Chernova O.V., Wirth S. Microbial respiration activities of soils from different climatic regions of European Russia // European J. Soil Biol. – 2008. – Vol. 44 (2). – R. 147-157.

13. Гродницкая И.Д., Трусова М.Ю. Микробные сообщества и трансформация соединений углерода в болотных почвах таежной зоны (Томская область) // Почвоведение. – 2009. – № 9. – С. 1099-1107.

14. Сырцов С.Н. Функциональные особенности болотных микробоценозов на территории Средней Сибири // Матер. VII Всерос. с междунар. участием научной школы Болота и биосфера (13-15 сентября 2010 г.). – Томск, 2010. – С. 253-256.

15. Сырцов С.Н., Гродницкая И.Д. Особенности функционирования микробных сообществ лесных и тундровых почв криолитозоны севера Сибири // Матер. VIII Всерос. с

междунар. участием научной школы Болота и биосфера (10-15 сентября 2012 г.). – Томск, 2012. – С. 271-274.

16. Гродницкая И.Д., Карпенко Л.В., Кнорре А.А., Сырцов С.Н. Микробная активность торфяных почв заболоченных листовничников и болота в криолитозоне Центральной Эвенкии // Почвоведение. – 2013. – № 1. – С. 67-79.

17. Инишева Л.И., Виноградов В.Ю., Голубина О.А., Ларина Г.В. и др. Болотные стационары Томского государственного педагогического университета. – Томск: Изд-во ТПУ, 2010 – 118 с.

18. Anderson J.P.E., Domsch K.H. A Physiological Method for the Quantitative Measurement of Microbial Biomass in Soils // Soil Biol. Biochem. – 1978. – Vol. 10 (3). – P. 215-221.

19. Инишева Л.И., Головченко А.В., Бубина А.Б., Голубина О.А. Характеристика биохимических процессов эвтрофных и мезотрофных болотах Сибири // Вестник ТГПУ. – 2009. – Вып. 11 (89). – С. 207-212.

20. Anderson T.-H., Domsch K.H. Application of Eco-Physiological Quotients (qCO_2 and qD) on Microbial Biomass from Soils of Different Cropping Histories // Soil Biol. Biochem. – 1990. – Vol. 22 (2). – P. 251-255.

21. Anderson T.-H., Domsch K.H. The metabolic quotient for CO_2 (qCO_2) as a specific activity parameter to assess the effects of environmental conditions, such as pH, on the microbial biomass of forest soils // Soil Biol. Biochem. – 1993. – Vol. 25. – P. 393-395.

References

1. Golovchenko A.V., Polyanskaya L.M., Dobrovolskaya T.G. i dr. Osobennosti prostanstvennogo raspredeleniya i struktury mikrobnnykh kompleksov bolotnykh-lesnykh ekosistem // Pochvovedenie. – 1993. – № 10. – С. 78-89.

2. Inisheva L.I., Golovchenko A.V. Kharakteristika mikrobootsenoza v torfyanykh zalezakhk landshaftnogo profilya oligotrofnogo torfogeneza // Sibirskii ekologicheskii zhurnal. – 2007. – № 3. – С. 363-373.

3. Golovchenko A.V., Tikhonova E.Yu., Zvyagintsev D.G. Chislennost', biomassa, struktura i aktivnost' mikrobnnykh kompleksov nizinykh i verkhovykh torfyanikov // Mikrobiologiya. – 2007. – Т. 76. – № 5. – С. 711-719.

4. Golovchenko A.V., Dobrovolskaya T.G., Zvyagintsev D.G. Mikrobiologicheskie osnovy otsenki torfyanika kak profil'nogo pochvennogo tela // Vestnik TGPU. – 2008. – Вып. 4 (78). – С. 46-53.

5. Dobrovolskaya T.G., Golovchenko A.V., Kukhareno O.S. i dr. Struktura mikrobnnykh soobshchestv verkhovykh i nizinykh torfyanikov

Tomskoi oblasti // Pochvovedenie. – 2012. – № 3. – С. 317-326.

6. Sus'yan E.A., Anan'eva N.D., Gavrilenko E.G. i dr. Ugl'erod mikrobnnoi biomassy v profile lesnykh pochv yuzhnoi taigi // Pochvovedenie. – 2009. – № 10. – С. 1233-1240.

7. Anan'eva N.D., Polyanskaya L.M., Sus'yan E.A. i dr. Sravnitel'naya otsenka mikrobnnoi biomassy pochv, opredelyaemoi metodami pryamogo mikroskopirovaniya i substrat-indutsirovannogo dykhaniya // Mikrobiologiya. – 2008. – Т. 77. – № 3. – С. 404-412.

8. Bouma J. Soil Environmental Quality: a European Perspective // J. Environm. Quality. – 1997. – Vol. 26. – P. 26-31.

9. Sikora L.J., Yakovchenko V., Kaufman D.D. Comparison of rehydration method for biomass determination to fumigation-incubation and substrate-induced respiration method // Soil Biol. Biochem. – 1994. – Vol. 26 (10). – P. 1443-1445.

10. Anan'eva N.D., Sus'yan E.A., Ryzhova I.M. i dr. Ugl'erod mikrobnnoi biomassy i mikrobnnoe produtsirovanie dvoukisi ugleroda dernovo-podzolistymi pochvami postagrogennykh biogeotsenozov i korennykh el'nikov yuzhnoi taigi (Kostromskaya oblast') // Pochvovedenie. – 2009. – № 9. – С. 1108-1116.

11. Sus'yan E.A., Rybyanets D.S., Anan'eva N.D. Izmenenie mikrobnnoi aktivnosti po profilyu seroi lesnoi pochvy i chernozema // Pochvovedenie. – 2006. – № 8. – С. 956-964.

12. Ananyeva N.D., Susyan E.A., Chernova O.V., Wirth S. Microbial respiration activities of soils from different climatic regions of European Russia // European J. Soil Biol. – 2008. – Vol. 44 (2). – P. 147-157.

13. Grodnitskaya I.D., Trusova M.Yu. Mikrobnnye soobshchestva i transformatsiya soedinenii ugleroda v bolotnykh pochvakh taezhnoi zony (Tomskaya oblast') // Pochvovedenie. – 2009. – № 9. – С. 1099-1107.

14. Syrtsov S.N. Funktsional'nye osobennosti bolotnykh mikrobootsenozov na territorii Srednei Sibiri // Materialy VII Vserossiiskoi konf. s mezhdunarodnym uchastiem, nauchn. shkola Bolota i biosfera (13-15 sentyabrya 2010 g.). – Tomsk, 2010. – С. 253-256.

15. Syrtsov S.N., Grodnitskaya I.D. Osobennosti funktsionirovaniya mikrobnnykh soobshchestv lesnykh i tundrovnykh pochv kriolitozony severa Sibiri // Materialy VIII Vserossiiskoi konf. s mezhdunar. uchastiem, nauchn. shkola Bolota i biosfera (10-15 sentyabrya 2012 g.). – Tomsk, 2012. – С. 271-274.

16. Grodnitskaya I.D., Karpenko L.V., Knorre A.A., Syrtsov S.N. Mikrobnaya aktivnost' torfyanykh pochv zabolochennykh

listvennichnikov i bolota v kriolitozone Tsentral'noi Evenkii // Pochvovedenie. – 2013. – № 1. – S. 67-79.

17. Inisheva L.I., Vinogradov V.Yu., Golubina O.A., Larina G.V. i dr. Bolotnye statsionary Tomskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta. – Tomsk: Izd-vo TPU, 2010 – 118 s.

18. Anderson J.P.E., Domsch K.H. A Physiological Method for the Quantitative Measurement of Microbial Biomass in Soils // Soil Biol. Biochem. – 1978. – Vol. 10 (3). – R. 215-221.

19. Inisheva L.I., Golovchenko A.V., Bubina A.B., Golubina O.A. Kharakteristika bio-

khimicheskikh protsessov v evtrofnykh i mezotrofnykh bolotakh Sibiri // Vestnik TGPU. – 2009. – Vyp. 11 (89). – S. 207-212.

20. Anderson T.-H., Domsch K.H. Application of Eco-Physiological Quotients (qCO_2 and qD) on Microbial Biomass from Soils of Different Cropping Histories // Soil Biol. Biochem. – 1990. – Vol. 22 (2). – R. 251-255.

21. Anderson T.-H., Domsch K.H. The metabolic quotient for CO_2 (qCO_2) as a specific activity parameter to assess the effects of environmental conditions, such as pH, on the microbial biomass of forest soils // Soil Biol. Biochem. – 1993. – Vol. 25. – P. 393-395.



УДК 632.153:636.086.15

С.В. Макарычев, Н.И. Алёшина
S.V. Makarychev, N.I. Alyoshina

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ОРОШЕНИЯ МНОГОЛЕТНИХ ТРАВ ГОРОДСКИМИ СТОЧНЫМИ ВОДАМИ

ENVIRONMENTAL ASPECTS OF IRRIGATING PERENNIAL GRASSES WITH URBAN SEWAGE WATER

Ключевые слова: сточные воды, орошение, токсичные соли, засоление, емкость поглощения, солевой режим, осолонцевание, нитраты.

Во многих регионах России загрязнение воды становится угрозой для окружающей среды. Решение этих проблем весьма актуально и для Алтайского края. Объектами наших исследований явились сточные воды г. Алейска и черноземы обыкновенные умеренно-засушливой и колючей степи. Опыты были заложены на полях орошения при возделывании костреца безостого при различных вариантах. Ирригационная оценка городских сточных вод свидетельствует об их пригодности для использования на поливы сельскохозяйственных культур. Эти воды характеризуются слабощелочной реакцией и невысокой удобрительной ценностью. Содержание тяжелых металлов, нитратов и основных микроэлементов после орошения в сене многолетних трав оказалось значительно ниже предельно допустимых концентраций, поэтому оно является безвредным для животных. Экологически безопасная технология круглогодичного орошения черноземов сточными водами позволяет весь их объем с карт полей фильтрации дочистить и обеспечить многолетние травы необходимыми элементами питания, а также исключить прямое попадание сточных вод в поверхностные и подземные воды.

Keywords: sewage water, irrigation, toxic salts, salinization, base exchange capacity, salt regime, alkalization, nitrates.

Water pollution becomes an environmental threat in many regions of Russia. The solution of this problem is quite an urgent issue for the Altai Region as well. The research targets were the waste water of the City of Aleysk and ordinary chernozems of temperate-arid and forest-outlier steppe. The trials were conducted in irrigated fields under smooth brome in different variants. The irrigation evaluation of the urban sewage water has proved its usability for crop irrigation. This sewage water reveals a weakly alkaline reaction and low fertilizing value. The content of heavy metals, nitrates and trace elements in the hay of perennial grasses after irrigation was significantly below the maximum allowable concentration and harmless to animals. The environmentally friendly technology of year-round chernozem irrigation with sewage water enables to completely purify the whole volume obtained from filtration fields, supply perennial grasses with required nutrients and eliminate direct entry of sewage water into surface water and groundwater.

Макарычев Сергей Владимирович, д.б.н., проф., зав. каф. физики, Алтайский государственный аграрный университет. Тел.: (3852) 62-83-53. E-mail: phys_asau@rambler.ru.

Алёшина Надежда Ивановна, к.с.-х.н., доцент, каф. гидравлики, с.-х. водоснабжения и водоотведения, Алтайский государственный аграрный университет. E-mail: aleshin@ab.ru.

Makarychev Sergey Vladimirovich, Dr. Bio. Sci., Prof., Head, Physics Dept., Altai State Agricultural University. Ph.: (3852) 62-83-53. E-mail: phys_asau@rambler.ru.

Alyoshina Nadezhda Ivanovna, Cand. Agr. Sci., Assoc. Prof., Chair of Hydraulics, Farm Water Supply and Water Disposal, Altai State Agricultural University. E-mail: aleshin@ab.ru.