

ПОЧВОВЕДЕНИЕ

УДК 631.465

М. А. Сергеева, Е. В. Порохина, О. А. Голубина

БИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ ТОРФЯНОЙ ЗАЛЕЖИ БОЛОТА ТУРОЧАК

Впервые приводятся результаты исследования биологической активности эвтрофной торфяной залежи болота Турочак. Проведена оценка запасов микробной биомассы (актиномицетный и микромицетный мицелий, споры грибов), изучена активность ферментов – каталазы и инвертазы, характеризующих основные биохимические свойства. Показано, что по мере увеличения степени разложения и уменьшения количества легкогидролизуемых веществ запасы микробной биомассы снижаются. Установлено, что торфяная залежь эвтрофного болота Турочак биологически активна по всей глубине.

Ключевые слова: болото, торфяная залежь, биологическая активность, микроорганизмы, биомасса, ферменты, каталаза, инвертаза.

ВВЕДЕНИЕ

В условиях Республики Алтай, основным направлением развития которой является рекреация и туризм, разработка достаточно локальных торфяных месторождений рентабельна для получения бальнеотерапевтических, оздоровительных и медицинских препаратов [1]. Для рационального использования торфяных болот Республики Алтай необходимо предварительное изучение их свойств.

С целью выявления торфяных болот и получения представления о физико-химических свойствах торфов Горного Алтая в период 2007–2011 гг. сотрудниками Томского государственного педагогического университета (ТГПУ) совместно с сотрудниками Горно-алтайского государственного университета были проведены комплексные экспедиционные работы [2, 3]. Вместе с тем в настоящее время болота Республики Алтай остаются малоизученными, особенно в отношении биологической активности.

Биологические свойства играют важную роль в процессе торфообразования, оценить их можно микробиологическими и энзимологическими методами [4–7]. Повышенное внимание к микробиологическим исследованиям торфов объясняется огромной ролью, которую играют микроорганизмы в процессе торфогенеза. Они участвуют в избирательном окислении, разложении и минерализации отдельных компонентов торфа. За последние десятилетия микробиологическая и ферментативная активность торфяных болот изучалась многими авторами [7–9]. Вместе с тем работ, в которых исследуется весь профиль торфяной залежи, в настоящее время еще недостаточно [9–12]. Однако подобные исследования позволяют выявить особенности функционирования микробоценозов в специфических условиях торфяных болот и оценить

направленность биохимических процессов в торфяной залежи.

Цель работы – исследование биологической активности торфяной залежи эвтрофного болота Турочак.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования были проведены в пределах стационара Турочак, расположенного в Северо-Восточном Алтае. Объект исследований располагается в 1,69 км к югу от районного центра Турочак. Современный растительный покров болота представлен эвтрофными видами растений. Растительность характеризуется древесно-осоковым фитоценозом. Микрорельеф кочковатый – осоково-моховые кочки высотой 0,2 см. Торфяная залежь эвтрофного типа. Площадь торфяного месторождения 81 га. Глубина торфяной залежи в среднем по болоту составляет 2,5 м при экстремальных значениях 0,6–6,0 м. В основании залежи отмечается горизонт органо-минеральных отложений. Возраст болота составляет $(7\,060 \pm 90)$ лет [2].

Исследования проводили на пункте наблюдений ($52^\circ 13' 521''$ с. ш., $87^\circ 06' 705''$ в. д.). Мощность торфяной залежи в этом пункте составляет 4,7 м. Верхний метровый слой торфяной залежи сложен слаборазложившимся (20 %) древесно-осоковым торфом, до глубины 2 м располагается слой травяного торфа. Слой 200–250 см представлен древесно-травяным низинным торфом со степенью разложения 35–45 %. В основании торфяной залежи находится мощный пласт травяного низинного торфа с высокой степенью разложения (55–60 %) (рис. 1). Торфа являются высокозольными (20,5–49,2 %), слабокислыми ($\text{pH} = 4,46\text{--}4,71$), сумма поглощенных оснований варьирует от 60 до 68 мг-экв/100 г. Содержание общего азота уменьшается с глубиной и составляет 1,98–2,98 %. В изучаемых торфах от-

мечено высокое содержание подвижного азота ($N-NH_4 - 58 - 93$, $N-NO_3 - 25 - 33$ мг/100 г с.в.), подвижного фосфора (P_2O_5 34 – 146 мг/100 г с.в.).

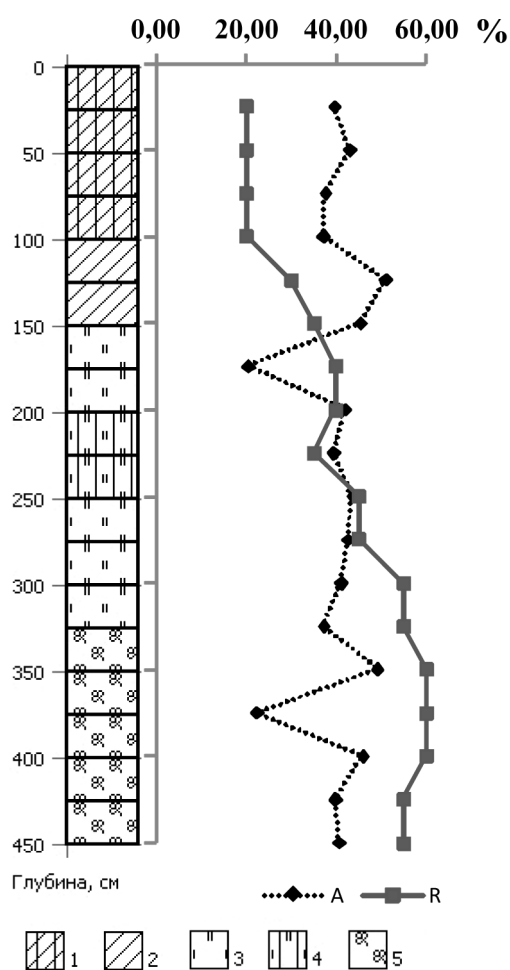


Рис. 1. Общетеchnические свойства торфов болота Турочак. Низинные виды торфа: 1 – древесно-осоковый, 2 – осоковый, 3 – травяной, 4 – древесно-травяной, 5 – вахтовый. R – степень разложения, %; A – зольность, %

Групповой состав органического вещества характеризуется преобладанием гуминовых кислот, содержание которых вниз по профилю возрастает до 58 %. С глубиной уменьшается содержание водорастворимых и легкогидролизующих веществ (21–30 % от $C_{общ}$), а количество трудногидролизующих веществ, напротив, увеличивается (3–6 % от $C_{общ}$) [2, 13]. Рассмотренные выше общетеchnические и химические свойства торфов определяют их биологическую активность.

Для изучения биологической активности в торфяной залежи болота Турочак в 2012 г. проводился отбор проб торфа торфяным буром ТБГ в соответствии с ботаническим составом. Общую численность и биомассу микроорганизмов определяли прямым методом с использованием люминисцент-

ной микроскопии [14]. Предварительно десорбировали клетки на ультразвуковом диспергаторе УЗДН-1. При количественном учете клеток почвенных бактерий и мицелия актиномицетов препараты окрашивали водным раствором акридина оранжевого, для окраски мицелия и спор грибов применяли калькофлуор белый. Расчеты прокариотной биомассы проводили, учитывая, что биомасса сухого вещества для одной бактериальной клетки объемом $0,1 \text{ мкм}^3$ составляет $2 \cdot 10^{-14}$ г, 1 м актиномицетного мицелия диаметром $0,5 \text{ мкм}$ – $3,9 \cdot 10^{-8}$ г. Эукариотную микробную биомассу определяли с учетом измерения диаметра спор и мицелия грибов, по формуле (для мицелия – $0,628(r_1)^2 \cdot 10^{-6}$ г, для спор – $0,836(r_2)^3 \cdot 10^{-12}$ г; где r_1 – радиус мицелия; r_2 – радиус грибной споры) [11].

Из показателей ферментативной активности определяли активность каталазы газометрическим методом в модификации Ю. В. Круглова и Л. Н. Пароменской [4] в трех повторностях. Каталазную активность выражали в мл $O_2/2$ мин на 1 г (далее по тексту – ед.). Инвертазная активность торфов определялась по методу Т. А. Щербаковой [4] и измерялась в мг глюкозы на 1 г сухого торфа за 4 ч (далее по тексту – ед.).

Статистическая обработка данных выполнялась при помощи программы Microsoft Office Excel с доверительным интервалом 0,95.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Проведенные исследования распределения микроорганизмов по торфяной залежи показали, что бактерии, актиномицетный мицелий и споры грибов были обнаружены по всему профилю торфяной залежи эвтрофного болота (рис. 2). Численность бактериальных клеток в исследуемой торфяной залежи варьировала от 2 до 35 млрд клеток/г торфа в зависимости от глубины отбора образцов. Длина актиномицетного мицелия изменялась от 41 до 305 м/г, грибного мицелия – от 0 до 60 м/г.

Наиболее высокая численность бактерий актиномицетного и грибного мицелия и спор грибов была зафиксирована в верхнем деятельном горизонте торфяной залежи (0–50 см), который характеризуется наиболее благоприятными условиями для жизнедеятельности микрофлоры и достаточным количеством легкоразлагаемых органических веществ. С глубиной численность микроорганизмов снижалась, что согласуется с литературными данными [8, 15, 16]. В пределах верхней полуметровой части торфяной залежи болота Турочак обилие бактерий сохранялось на высоком уровне (27–29 млрд кл/г), далее до глубины 3 м оно уменьшалось в 1,5 раза, а в горизонтах глубже 3,5 м численность бактерий снижалась в 5–10 раз. Также неравномерно происходило снижение с глубиной длины актиномицетного мицелия. Если в верхних гори-

зонтах его длина в среднем составила 300 м/г, то уже на глубине 200–225 см она уменьшалась в 3 раза, а в придонных горизонтах – в 5–10 раз. Количество спор грибов от поверхностного к придонному горизонту снижалось равномерно, в среднем с 36 до 13 млн клеток/г торфа. Грибной мицелий обнаруживался лишь до глубины 175 см.

Более интенсивное развитие грибного мицелия в верхних горизонтах торфяной залежи отмечалось в работах других исследователей [8, 10], которые объясняют это физико-химическими свойствами

торфов. Как известно, грибы участвуют в разложении легкогидролизуемых органических веществ [17], а в исследуемой торфяной залежи их содержание с глубиной снижается, а трудногидролизуемых веществ увеличивается, поэтому в нижних горизонтах торфяной залежи грибной мицелий не обнаруживается.

В целом в торфяной залежи болота Турочак суммарная концентрация микроорганизмов варьирует от 0,4 до 5,89 мг/г, снижаясь с глубиной (таблица), при этом преобладает прокариотная

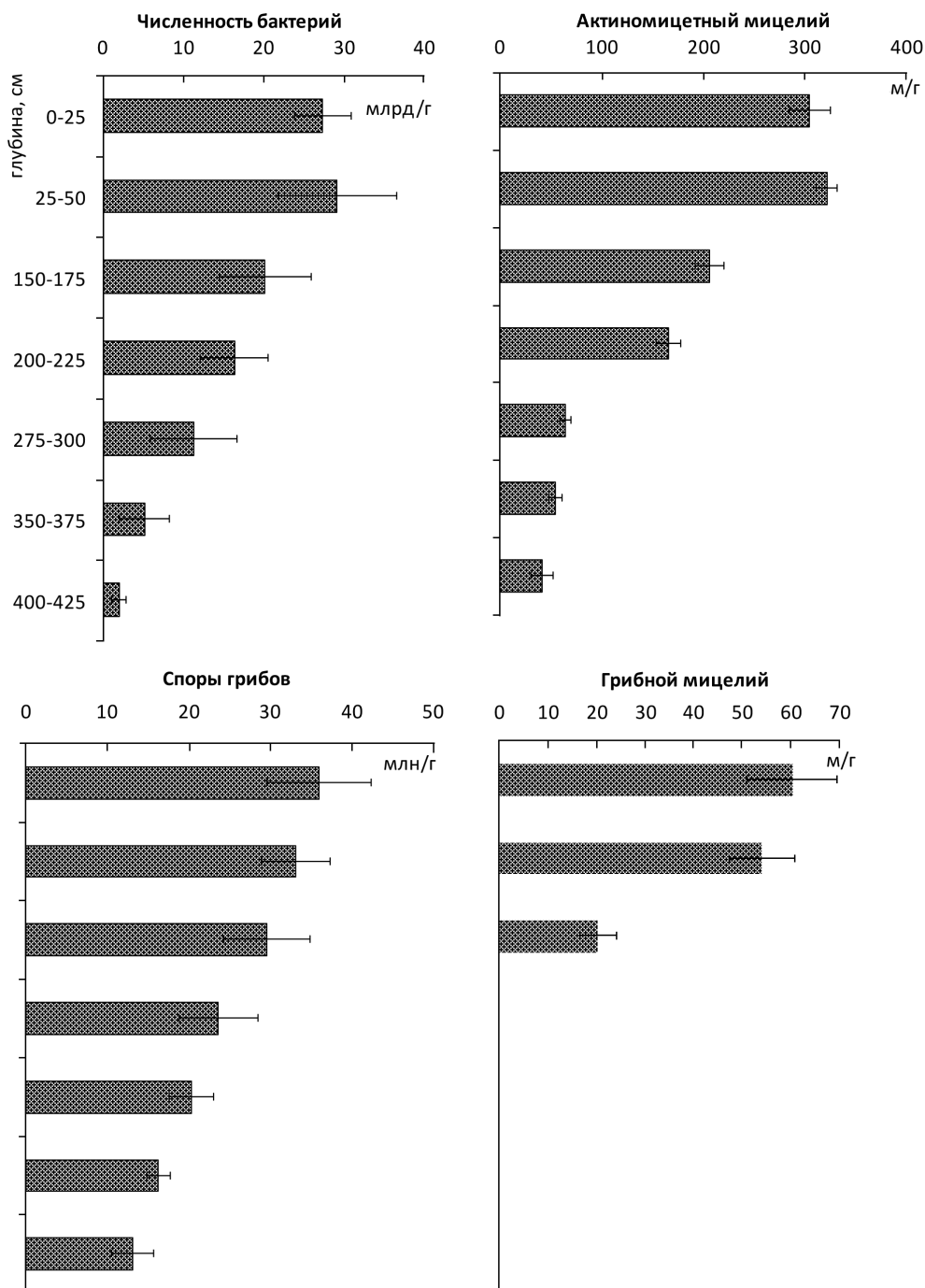


Рис. 2. Численность микроорганизмов в торфяной залежи болота Турочак

Запасы микробной биомассы и доля ее компонентов в торфяной залежи болота Турочак

Глубина, см	Микробная биомасса, мг/г	Относительная доля, %			
		в прокариотном комплексе		в эукариотном комплексе	
		Бактерии	Актиномицетный мицелий	Грибной мицелий	Споры грибов
0–25	5,53	100	0	34	66
25–50	5,89	100	0	33	67
150–175	4,08	100	0	17	83
200–225	3,30	100	0	0	100
275–300	2,28	99	1	0	100
350–375	1,06	100	0	0	100
400–425	0,41	98	2	0	100

составляющая, доля которой по профилю торфяной залежи изменяется от 95 до 99 %. Доля бактерий (98–100 %) в прокариотном комплексе значительно превышала долю актиномицетного мицелия (не более 2 %). В эукариотном комплексе в среднем для всего профиля торфяной залежи споры преобладали над мицелием, в верхних горизонтах на долю грибного мицелия приходилось 17–34 %, в горизонтах глубже 2 м грибной мицелий отсутствовал.

Важную роль в процессах трансформации органического вещества играют ферменты из класса оксидоредуктаз, и в частности каталаза. По мнению некоторых авторов [5], активность каталазы непосредственно связана с общей численностью и деятельностью основных групп микроорганизмов в почве.

Каталазная активность в торфяной залежи исследуемого болота изменялась в пределах 2,26–4,45 ед. при среднем значении 3,23 ед. Наибольшими значениями каталазной активности характеризовались слои 25–50 и 150–175 см торфяной залежи, сложенные высокозольными древесно-осоковым низинным и травяным низинным торфами (рис. 3). В этих же слоях торфяной залежи отмечается и высокое содержание микроорганизмов.

С глубиной активность каталазы изменялась неравномерно. Несмотря на высокую зольность в торфах, активность каталазы в торфяной залежи болота Турочак в среднем ниже, чем в аналогичных высокозольных западносибирских торфах [4, 7]. Возможно, это связано с неблагоприятными для деятельности каталазы значениями рН_{сол}, которые не превышают величины 4,71.

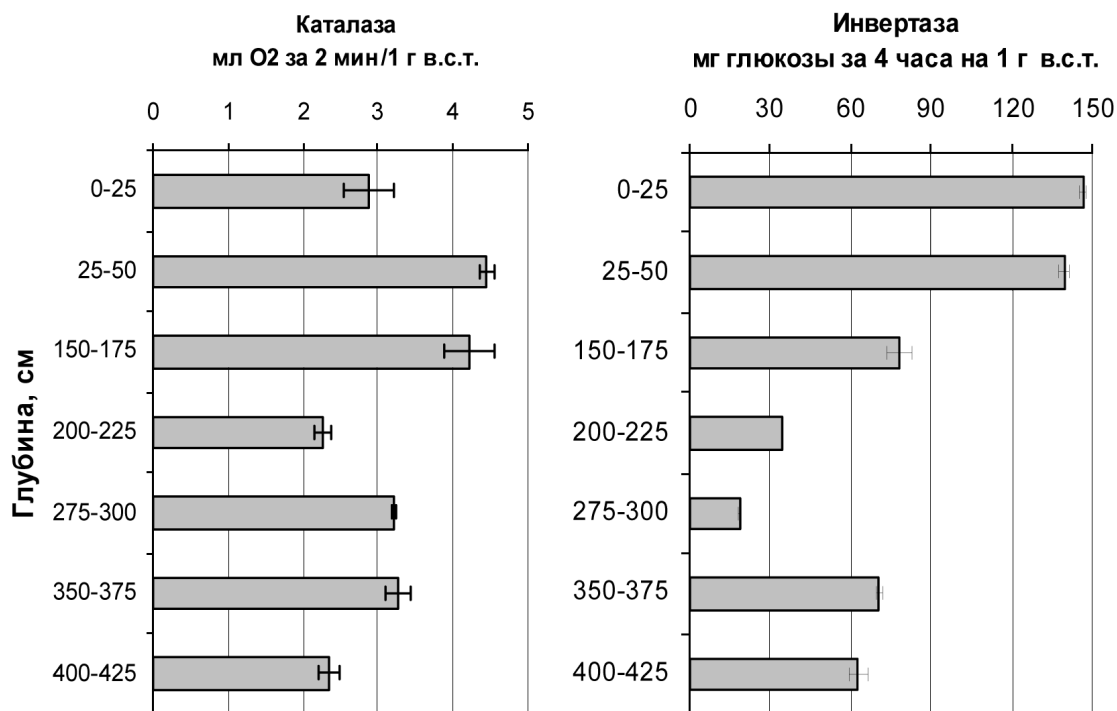


Рис. 3. Активность каталазы и инвертазы в торфяной залежи болота Турочак

Высокое содержание водорастворимых и легко-гидролизующихся веществ, а также микроорганизмов в верхнем, хорошо аэрируемом слое (0–50 см) торфяной залежи обуславливает интенсивное разложение углеводов, что подтверждается наибольшими значениями инвертазной активности. Активность инвертазы в торфяной залежи болота Турочак варьировала от 18,41 до 146,75 ед. при среднем значении 78,55 ед. В средней части торфяной залежи, сложенной травяными и древесно-травяными торфами, инвертазная активность минимальна, а в более глубоких слоях, образованных сильно разложившимся вахтовым торфом, активность данного фермента в 2–3 раза выше по сравнению с выше-расположенными слоями. В целом результаты исследований инвертазной активности соответствуют литературным данным [5, 7, 18].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Запасы микробной биомассы изменялись от 0,4 до 5,89 мг/г, в прокариотном комплексе споры бактерий доминировали над актиномицетным мице-

лием, в комплексе микромицетов большую долю составили споры.

По мере увеличения степени разложения и уменьшения количества водорастворимых и легко-гидролизующихся веществ запасы микробной биомассы снижаются.

Максимальная активность каталазы наблюдалась в высокозольных слоях 25–50 и 150–175 см торфяной залежи.

Наиболее активно гидролиз углеводов при участии фермента инвертазы протекает в верхнем слое 0–50 см.

Анализ численности микроорганизмов, структуры микробного сообщества и энзимологической активности позволяет сделать вывод, что торфяная залежь эвтрофного болота Турочак биологически активна по всей глубине.

Исследования поддержаны грантами РФФИ (12-04-31716; 13-05-00548) и государственным заданием Минобрнауки (5.1161.2011).

Список литературы

1. Инишева Л. И., Шурова М. В., Ларина Г. В., Хмелева И. Р. Перспективы использования болотных ресурсов Республики Алтай // Торф и бизнес. 2009. № 2 (16). С. 15–19.
2. 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.
3. Инишева Л. И., Шурова М. В., Хмелева И. Р., Ларина Г. В. Экспедиции по болотам Горного Алтая. Современные проблемы геоэкологии и природопользования горных территорий // Материалы IV Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 60-летию высшего образования в Горном Алтае (1–4 октября 2009). Горно-Алтайск: РИ Горно-Алтайского госуниверситета, 2009. С. 39–43.
4. Инишева Л. И., Ивлева С. Н., Щербаклова Т. А. Руководство по определению ферментативной активности торфяных почв и торфов. Томск: Изд-во Том. ун-та, 2003. 122 с.
5. Зименко Т. Г. Микробиологические процессы в мелиорированных торфяниках Белоруссии и их направленное регулирование. Минск: Наука и техника, 1977. 208 с.
6. Щербаклова Т. А. Ферментативная активность и трансформация органического вещества. Минск: Наука и техника, 1983. 221 с.
7. Славнина Т. П., Инишева Л. И. Биологическая активность почв Томской области. Томск: Изд-во ТГУ, 1987. 216 с.
8. Головченко А. В., Тихонова Е. Ю., Звягинцев Д. Г. Численность, биомасса, структура и активность микробных комплексов низинных и верховых торфяников // Микробиология. 2007. Т. 76, № 5. С. 711–719.
9. Савичева О. Г., Инишева Л. И. Ферментативная активность торфяных почв // Сибирский экологический журнал. 2000. № 5. С. 607–614.
10. Golovchenko A. V., Semenova T. A., Polyakova A. V., Inisheva L. I. The structure of the micromycete complexes of oligotrophic peat deposits in the southern Taiga subzone of West Siberia // Микробиология. 2002. № 5. С. 667–674.
11. Головченко А. В., Добровольская Т. Г., Звягинцев Д. Г. Микробиологические основы оценки торфяника как профильного почвенного тела // Вестн. Том. гос. пед. ун-та. 2008. № 4 (78). С. 46–53.
12. Добровольская Т. Г., Головченко А. В., Кухаренко О. С., Якушев А. В., Семенова Т. А., Инишева Л. И. Структура микробных сообществ верховых и низинных торфяников Томской области // Почвоведение. 2012. № 3. С. 317–326.
13. Ларина Г. В., Иванов А. А., Казанцева Н. А. Групповой состав органического вещества торфов Горного Алтая и некоторые характеристики гуминовых кислот // Вестн. Том. гос. пед. ун-та. 2009. № 3. С. 110–114.
14. Методы почвенной микробиологии и биохимии / под ред. Д. Г. Звягинцева. М.: МГУ, 1991. 303 с.
15. Инишева Л. И., Головченко А. В. Характеристика микробиоценоза в торфяных залежах ландшафтного профиля олиготрофного торфогнеза // Сиб. эколог. журн. 2007. № 3. С. 363–373.
16. Головченко А. В., Добровольская Т. Г., Инишева Л. И. Структура и запасы микробной биомассы в олиготрофных торфяниках южно-таежной подзоны Западной Сибири // Почвоведение. 2002. № 12. С. 1468–1473.
17. Мирчинк Т. Г. Почвенная микология. М.: Издательство МГУ, 1998. 210 с.
18. Порохина Е. В., Голубина О. А. Ферментативная активность в торфяных залежах болота Таган // Вестн. Том. гос. пед. ун-та. 2012. Т. 122, № 7, С. 171–177.

Сергеева М. А., доцент, кандидат биологических наук.
Томский государственный педагогический университет.
Ул. Киевская, 60, Томск, Россия, 634061.
E-mail: Margaret80@yandex.ru

Порохина Е. В., доцент, кандидат биологических наук.
Томский государственный педагогический университет.
Ул. Киевская, 60, Томск, Россия, 634061.
E-mail: agroecol@yandex.ru

Голубина О.А., доцент, кандидат химических наук.
Томский государственный педагогический университет.
Ул. Киевская, 60, Томск, Россия, 634061.
E-mail: mtgolubin@yandex.ru

Материал поступил в редакцию 28.02.2013.

M. A. Sergeeva, E. V. Porokhina, O. A. Golubina

BIOLOGICAL ACTIVITY OF PEAT DEPOSIT TUROCHAK BOG

The results of the investigation of biological activity of eutrophic peat deposits Turochak bog are presented in the article. Microbial biomass and enzymes activity (catalase, invertase), which characterize the basic biochemical properties, are estimated. Concentration of microbial biomass was recorded to decrease as the degree of decomposition and reduce light-hydrolyzing substances. Peat deposit Turochak bog full-depth biological activity.

Key words: *bog, peat deposit, biological activity, microbial biomass, enzymes, catalase, invertase.*

Sergeeva M. A.
Tomsk State Pedagogical University.
Ul. Kievskaya, 60, Tomsk, Russia, 634061.
E-mail: Margaret80@yandex.ru

Porokhina E. V.
Tomsk State Pedagogical University.
Ul. Kievskaya, 60, Tomsk, Russia, 634061.
E-mail: agroecol@yandex.ru

O. A. Golubina
Tomsk State Pedagogical University.
Ul. Kievskaya, 60, Tomsk, Russia, 634061.
E-mail: mtgolubin@yandex.ru