

ЭКОЛОГИЯ



УДК 631.452:631.445.124 (571.12)

Г.В. Ларина, Л.И. Инишева, Е.В. Порохина
G.V. Larina, L.I. Inisheva, Ye.V. Porokhina

ФЕРМЕНТАТИВНАЯ АКТИВНОСТЬ БОЛОТ ГОРНОГО АЛТАЯ

ENZYME ACTIVITY IN THE BOGS OF THE ALTAI MOUNTAINS

Ключевые слова: Горный Алтай, торфяные болота, торф, свойства торфов, ферменты, активность, пероксидаза, полифенолоксидаза.

Трансформация органического вещества, мобилизация макро- и микроэлементов в торфяных болотах осуществляются с помощью ферментов, выделенных как живыми организмами, так и находящимися в торфе в адсорбированном состоянии, поэтому ферментативная активность дает полное представление о биологическом состоянии торфяных болот. Представлены характеристика свойств торфов в торфяных залежах болот Республики Алтай и их ферментативная активность. Установлена значительная вариабельность общетехнических свойств торфов по территории Горного Алтая. Богатый флористический состав горных болот определяет свойства формирующихся торфов: высокую степень разложения, состав органического вещества торфов Северного Алтая. Выявлено, что более интенсивно процессы гумификации органического вещества протекают в торфяной залежи эвтрофного типа (болото Турочакское), по сравнению с торфяной залежью мезотрофного типа (болото Кутюшское), что подтверждается значениями ферментов полифенолоксидазы и пероксидазы. Вниз по торфяной залежи как мезотрофного, так и эвтрофного типов активность пероксидазы увеличивается. Общая каталазная активность в торфяных залежах эвтрофного (Турочакское) и мезотрофного (Кутюшское) болот изменялась в пределах 1,58-17,87 мл $O_2/g \cdot 2$ мин.; пределы изменений актив-

ности полифенолоксидазы в торфяных залежах составляют, соответственно, 0,16-3,50 мг 1,4-бензохинона/ $g \cdot 30$ мин. и 0,0-2,56 мг 1,4-бензохинона/ $g \cdot 30$ мин.; пределы изменения пероксидазы – 2,5-27,3 мг 1,4-бензохинона/ $g \cdot 30$ мин. Ферментативные процессы разной направленности активны до подстилающих пород в торфяном профиле обоих типов горноалтайских болот. Сезонная динамика ферментативных процессов в торфяных залежах болот эвтрофного и мезотрофного типов обусловлена погодными условиями вегетационного периода и характеризуется преимущественно их весенне-осенним пиком активности.

Keywords: Altai Mountains, peat bogs, peat, peat properties, enzymes, activity, peroxidase, polyphenol oxidase.

The transformation of organic matter and the mobilization of macro- and microelements in peat bogs are carried out by the enzymes extracted by living organisms and which exist in the adsorbed state of the peat. Therefore the enzyme activity gives a complete picture of biological conditions of peat bogs. The characteristics of peat properties in peat deposits of the bogs of the Altai Republic and their enzyme activity are discussed. A considerable variability of general technical peat properties in the Altai Republic has been revealed. A rich floristic composition of mountain bogs determines peat properties: a high degree of decomposition and the composition of peat organic matter in the Northern Altai. It has

been found that more intensive processes of organic matter humification occur in the peat deposits of eutrophic peat type (Turochakskoye bog) as compared to mesotrophic peat type (Kutyushskoye bog) which is confirmed by the values of polyphenol oxidase and peroxidase enzymes. Down the peat deposits of both mesotrophic and eutrophic types the peroxidase activity increases. The total catalase activity in peat deposits of eutrophic (Turochakskoye) and mesotrophic (Kutyushskoye) bogs changed in the range of 1.58-17,87 mL O₂/g*2 min; the variation limits of polyphenol oxidase activity in peat deposits

make up respectively 0.16-3.50 mg 1.4-benzoquinone / g*30 min and 0.0-2.56 mg 1.4-benzoquinone / g*30 min; variation limits of peroxidase make up 2.5-27.3 mg 1.4-benzoquinone / g*30 min. Enzymatic processes of various orientation are active to the bedrock in the peat profile of both bog types of the Altai Mountains. Seasonal dynamics of enzymatic processes in the peat deposits of bogs of mesotrophic and eutrophic types are determined by the weather conditions of the growing season and are mainly characterized by their spring-autumn peak of activity.

Ларина Галина Васильевна, к.х.н., доцент, Горно-Алтайский государственный университет. Тел.: (38822) 2-67-35. E-mail: knh@gasu.ru.

Инишева Лидия Ивановна, д.с.-х.н., проф., чл.-корр. РАН, Томский государственный педагогический университет. Тел.: (3822) 52-00-99. E-mail: inisheva@mail.ru.

Порохина Екатерина Владимировна, к.б.н., доцент, Томский государственный педагогический университет. Тел.: (3822) 52-00-99. E-mail: porohkatrin@yandex.ru.

Larina Galina Vasilyevna, Cand. Chem. Sci., Assoc. Prof., Gorno-Altaysk State University. Ph.: (38822) 2-67-35. E-mail: knh@gasu.ru.

Inisheva Lidiya Ivanovna, Dr. Agr. Sci., Prof., Corr. Member of Rus. Acad. of Sci., Tomsk State Pedagogic University. Ph.: (3822) 52-00-99. E-mail: inisheva@mail.ru.

Porokhina Yekaterina Vladimirovna, Cand. Bio. Sci., Assoc. Prof., Tomsk State Pedagogic University. Ph.: (3822) 52-00-99. E-mail: porohkatrin@yandex.ru.

Биологические свойства играют особую роль в процессе торфообразования. Хорошо известны микробиологические методы оценки биологического состояния торфов [1-3]. Биологическое состояние торфяных болот наряду с микробиологическими методами может быть оценено с помощью определения активности ферментов [4-8]. Известно, что активность ферментов является даже более стабильным и чувствительным показателем биологической активности, чем активность микроорганизмов. Преобразования органического вещества, мобилизация макро- и микроэлементов в торфяных болотах осуществляются при участии ферментов, выделенных как живыми организмами, так и находящимися в торфе в адсорбированном состоянии. В связи с этим ферментативная активность дает полное представление о биологическом состоянии торфяных болот.

Следует также отметить, что в настоящее время самое серьезное внимание уделяется торфяным болотам, их реакции на изменение климата. Торфяные болота в условиях увеличения содержания углерода в атмосфере обеспечивают постоянный сток в них углерода. Исследование биохимических процессов в торфяных болотах и определение их биогеохимической роли в вещественно-энергетическом обмене системы «торфяные болота – атмосфера» – актуальная проблема современного этапа. Однако, несмотря на, казалось бы, дли-

тельную историю изучения, имеющаяся литература по ферментам весьма ограничена и затрагивает, главным образом, минеральные почвы [9, 10] и значительно реже – органогенные почвы и торфяные болота [11-13].

Целью работы является исследование динамики ферментативной активности торфяных залежей на примере болот эвтрофного и мезотрофного типов.

Объекты и методы исследования

Территория Горного Алтая по типам структуры вертикальной почвенной поясности разделяется на три региона – Северный Алтай, Центральный Алтай и Юго-Восточный Алтай, различающиеся не только высотными уровнями, но и общими биоклиматическими особенностями. С точки зрения болото- и торфообразования наибольший интерес среди многообразия форм горного рельефа представляют такие орграфические элементы, как межгорные котловины и расширенные участки долин, получившие у некоторых авторов название «частные впадины». Наибольшие площади болот сосредоточены в Северо-Восточном Алтае, где выпадает большое количество осадков и значительна мощность снегового покрова при невысоких уклонах стока вод по сравнению с другими районами Горного Алтая. Поэтому на этой территории в Турочакском районе Республики Алтай был

организован болотный стационар, в состав которого вошли 2 болота – Турочакское и Кутюшское. Эвтрофное болото Турочакское (52°13'с.ш. и 87°06'в.д.) можно отнести к присклоновым. Оно формируется в основном за счет резкого замедления скорости поверхностного и внутрипочвенного стока при изменении угла наклона поверхности от крутых склонов к слабонаклонной присклоновой части, которая является генетическим центром этого болота. Растительность характеризуется древесно-осоковым фитоценозом. Древесный ярус представлен березой высотой 8 м, диаметром 10 см, встречается сосна. Подлесок средней густоты, образован ивой, средняя высота – 2 м. Травяной ярус представлен преимущественно осокой, реже отмечены хвощ, папоротник. Микрорельеф кочковатый – осоково-моховые кочки высотой 0,2 м. Возраст болота – 7060±90 лет.

Торфяное мезотрофное болото Кутюшское (52°18'с.ш. и 87°15'в.д.) имеет смешанное атмосферно-грунтовое питание, характеризуется как переходное и относится к долинному типу. Большая часть болота представляет собой безлесное пространство, в отдельных местах произрастает береза высотой 2-4 м с редкой сосной, и, наоборот, на некоторых участках преобладает сосна с редкой березой. В травяном ярусе отмечены осоки, моховой ярус сложен сфагновыми мхами. Более подробно условия торфообразования объектов исследований изложены в [14].

Для изучения биологической активности в мае, июле и сентябре 2013 г. отбирались образцы торфа торфяным буром ТБГ-1 в

соответствии с ботаническим составом. В образцах определяли степень разложения (ГОСТ 28245.2-89), зольность (ГОСТ 11306-83), рН солевой вытяжки (ГОСТ 11623-89), гидролитическую кислотность (ГОСТ 27894.1-88), сумму поглощенных оснований по методу Каппена-Гильковица, подвижные соединения азота, фосфора, калия (ГОСТ 27894.3-88, ГОСТ 27894.6-88, ГОСТ 26718-85). Анализ группового состава органического вещества торфов проводили по методу Инсторфа [15], каталазную активность – газометрическим методом в модификации Ю.В. Круглова и Л.Н. Пароменской, полифенолоксидазную и пероксидазную активности – по методу Л.А. Карягиной и Н.А. Михайловской [16]. Все лабораторные исследования осуществляли в Испытательной лаборатории Томского государственного педагогического университета (№ РОСС RU.0001.516054). Статистическая обработка данных приведена с использованием программы Microsoft Excel.

Обсуждение результатов

Торфяная залежь (ТЗ) болота Турочакское с поверхности и до глубины 150 см сложена древесно-осоковым торфом, степень разложения которого 20-35% и зольность 30-38%. Глубже (до глубины 350 см) ТЗ сложена травяным и древесно-травяным торфом с включениями вахты (до 25%) и хвоща (20-30%), степень разложения которого достигает 40-60% и зольность – 21-34%. На глубине 350-450 см ТЗ представлена травяным торфом с большой примесью вахты (до 65%) (табл. 1).

Таблица 1

Физико-химическая характеристика торфов, болото Турочакское

| Глубина, см | Вид торфа | R | A | рН сол. | H _г | S | ГК | ФК | Подвижные соединения, мг/100 г с.т. | | | |
|-------------|---------------------|----|----|---------|-------------------|---------|-----------------|-----------------|-------------------------------------|------------------|-----|----|
| | | % | | | мг-экв/100 г с.т. | % от ОВ | NO ₃ | NH ₄ | P ₂ O ₅ | K ₂ O | | |
| 0-100 | Древесно-осоковый | 20 | 24 | 4,41 | 83 | 67 | 44,0 | 15,0 | 25 | 83 | 60 | 28 |
| 100-150 | Осоковый низинный | 30 | 30 | 4,36 | 84 | 67 | 45,6 | 18,0 | 29 | 80 | 124 | 25 |
| 150-200 | Травяной низинный | 40 | 38 | 4,47 | 80 | 68 | 50,0 | 15,0 | 29 | 54 | 34 | 24 |
| 200-250 | Древесно-травяной | 45 | 26 | 4,46 | 90 | 62 | 50,0 | 15,0 | 27 | 83 | 59 | 23 |
| 250-325 | Травяной низинный | 55 | 32 | 4,66 | 94 | 69 | 58,0 | 10,0 | 33 | 93 | 61 | 13 |
| 325-450 | Травяной (вахтовый) | 60 | 21 | 4,71 | 77 | 60 | – | – | 33 | 58 | 146 | 14 |

Примечание. «–» – не определяли; H_г – гидролитическая кислотность; S – сумма поглощенных оснований; ГК – гуминовые кислоты; ФК – фульвокислоты; ОВ – органическое вещество; г с.т. – грамм сухого торфа.

Торф характеризуется кислой реакцией. Сумма поглощенных оснований и гидролитическая кислотность равномерно изменяются по профилю ТЗ. Наибольшее количество подвижных соединений калия сосредоточено в верхних горизонтах ТЗ – 28 мг/100 г. С увеличением глубины их содержание снижается. Распределение подвижных соединений фосфора по профилю ТЗ неравномерно. Значительное их количество аккумулируется в слое 100-150 см и в придонном слое. В целом следует отметить довольно высокое количество в ТЗ болота Турочакское соединений подвижного фосфора и азота. Особенно выделяется высоким содержанием нитратный азот. Содержание аммонийного азота изменяется от 54 до 93 мг/100 г, и это невысокие значения.

В групповом составе органического вещества торфов преобладают гуминовые кислоты (ГК), содержание которых вниз по профилю возрастает до 58%. Торфяная залежь с глубины от 50 до 425 см характеризуется гуматным составом органического вещества. Содержание фульвовых кислот (ФК) значительно меньше и изменяется в пределах 10,0-18,0%. Торфяная залежь болота Кутюшское до 125 см сформирована верховыми торфами со степенью разложения 5-10% и зольностью 2,8-7,9%. Глубже залегает переходный шейхцериевый торф (содержание шейхцериин достигает 70%), в котором резко повышается степень разложения по сравнению с вышерасположенным слоем (до 35%). Далее следует шейхцерииво-осоковый переходный торф со степенью разложения 40% и зольностью 8,3%. Торф нормальнозольный, кислый (табл. 2).

Гидролитическая кислотность имеет такие же значения, что и в низинных торфах болота Турочакское, но сумма поглощенных оснований несколько выше. Особенностью органического вещества торфов Кутюшского болота является значительное содержание в групповом составе органического вещества торфов ФК. Поэтому его состав, в отличие от торфов Турочакского болота, можно охарактеризовать как гуматно-фульватный.

Наибольшее количество подвижных соединений азота, калия и фосфора сосредоточено в верхних горизонтах ТЗ. Важно отметить, что содержание аммонийного и нитратного азота в торфах Кутюшского болота значительно больше, по сравнению с эвтрофным болотом. Таким образом, торф болот Горного Алтая характеризуется высоким содержанием гуминовых кислот и подвижных соединений нитратного азота и этими свойствами отличается от торфа Западной Сибири, что отмечалось нами ранее [17].

Рассмотрим динамику ферментативной активности на примере вегетационного периода 2013 г. Вегетационный период этого года в северо-восточной части Республики Алтай можно охарактеризовать как умеренно теплый и избыточно влажный (ГТК-1,6). Сумма осадков за данный период была несколько ниже среднемноголетней нормы. Количество осадков близкое к среднемноголетним показателям отмечалось в мае, июле и августе, в остальные месяцы выпадение осадков было меньше нормы, особенно в июне (36,3 мм при среднемноголетних 115 мм, табл. 3).

Таблица 2

Физико-химическая характеристика торфов, болото Кутюшское

| Глубина, см | Вид торфа | R | A | pH сол. | H _r | S | ГК | ФК | Подвижные соединения, мг/100 г с.т. | | | |
|-------------|--------------------------|----|-----|---------|-------------------|---------|------|-----------------|-------------------------------------|-------------------------------|------------------|----|
| | | % | | | мг-экв/100 г с.т. | % от ОБ | | NO ₃ | NH ₄ | P ₂ O ₅ | K ₂ O | |
| 0-50 | Магелланикум-торф, В | 0 | 2,8 | 3,82 | 52 | 127 | – | – | 33 | 233 | 16 | 51 |
| 50-100 | Магелланикум-торф, В | 5 | 3,2 | 4,01 | 36 | 172 | 14,0 | 25,0 | 27 | 167 | 13 | 22 |
| 100-125 | Балтикум-торф, В | 5 | 3,2 | 4,41 | 60 | 180 | 20,0 | 20,0 | 39 | 162 | 10 | 11 |
| 125-175 | Шейхцериевый, П | 35 | 5,7 | 4,07 | 60 | 180 | 40,0 | 16,0 | 25 | 150 | 10 | 11 |
| 175-200 | Шейхцериевый-осоковый, П | 40 | 8,3 | 4,22 | 66 | 180 | – | – | 25 | 153 | 10 | 11 |

Примечание. «–» – не определяли; H_r – гидролитическая кислотность; S – сумма поглощенных оснований; ГК – гуминовые кислоты; ФК – фульвокислоты; ОБ – органическое вещество; г с.т. – грамм сухого торфа; В – верховой; П – переходный.

Погодные условия, Турочак, ГМС, 2013 г.

| Дата | Месяц | | | | | Май-сентябрь |
|---|-------|-------|-------|--------|----------|--------------|
| | май | июнь | июль | август | сентябрь | |
| Среднемесячная температура °С | 9,3 | 15,1 | 18,8 | 17,5 | 9,8 | 14,1 |
| Среднемноголетняя температура воздуха, °С | 9,9 | 14,4 | 16,8 | 14,7 | 8,4 | 12,8 |
| Осадки, мм | 93,8 | 36,3 | 120,4 | 116,2 | 50,2 | 417,0 |
| Среднемноголетние осадки, мм | 80 | 115 | 135 | 127 | 78 | 535,0 |
| ГТК по Селянинову | 0,9 | 0,8 | 2,1 | 2,2 | 0,7 | 1,6 |
| Среднемноголетний ГТК | 0,8 | 1,7 | 1,8 | 1,6 | 1,5 | 1,5 |
| Сумма температур за период с температурой выше 10°С | 162,1 | 452,3 | 582,1 | 541 | 198,1 | 1935,7 |

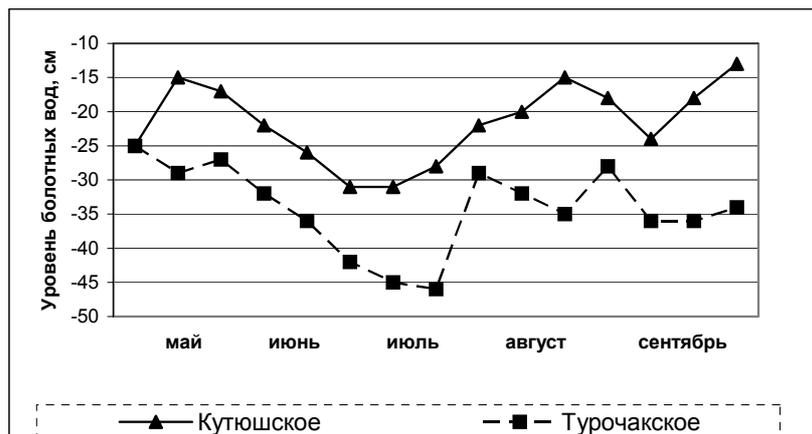


Рис. 1. Динамика уровней болотных вод

На болоте Турочакское уровни болотных вод (УБВ) характеризовались значительными колебаниями в течение вегетационного периода и опускались на 10-20 см ниже по сравнению с УБВ на болоте Кутюшское (рис. 1).

Поэтому верхние слои ТЗ болота Турочакское были теплее по сравнению с болотом Кутюшское. Отмечаются весенний пик

и повышение УБВ в середине августа и в конце сентября.

В таких погодных условиях общая каталазная активность в торфяных залежах эвтрофного болота Турочакское и мезотрофного болота Кутюшское изменялась в пределах 1,58-17,87 мл O₂/г*2 мин. (далее по тексту – ед.) и 1,49-16,16 ед. соответственно (рис. 2).

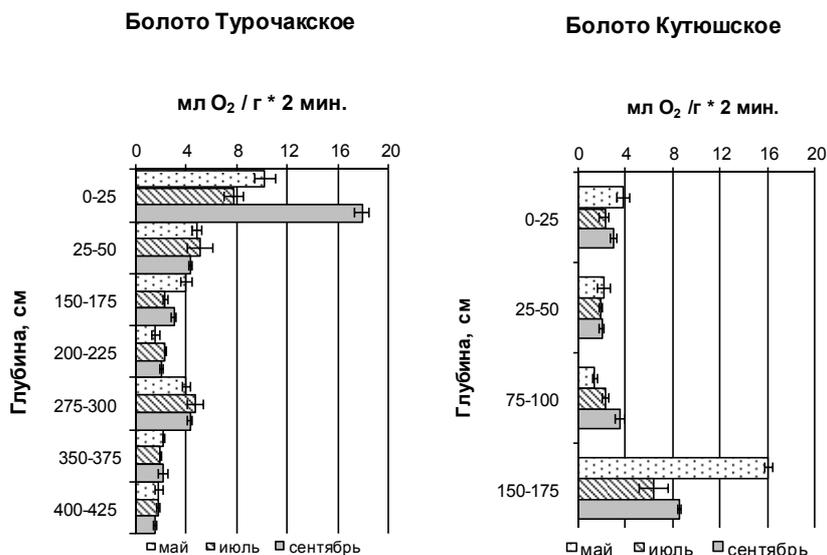


Рис. 2. Динамика общей каталазной активности в торфяных залежах болот Горного Алтая, 2013 г.

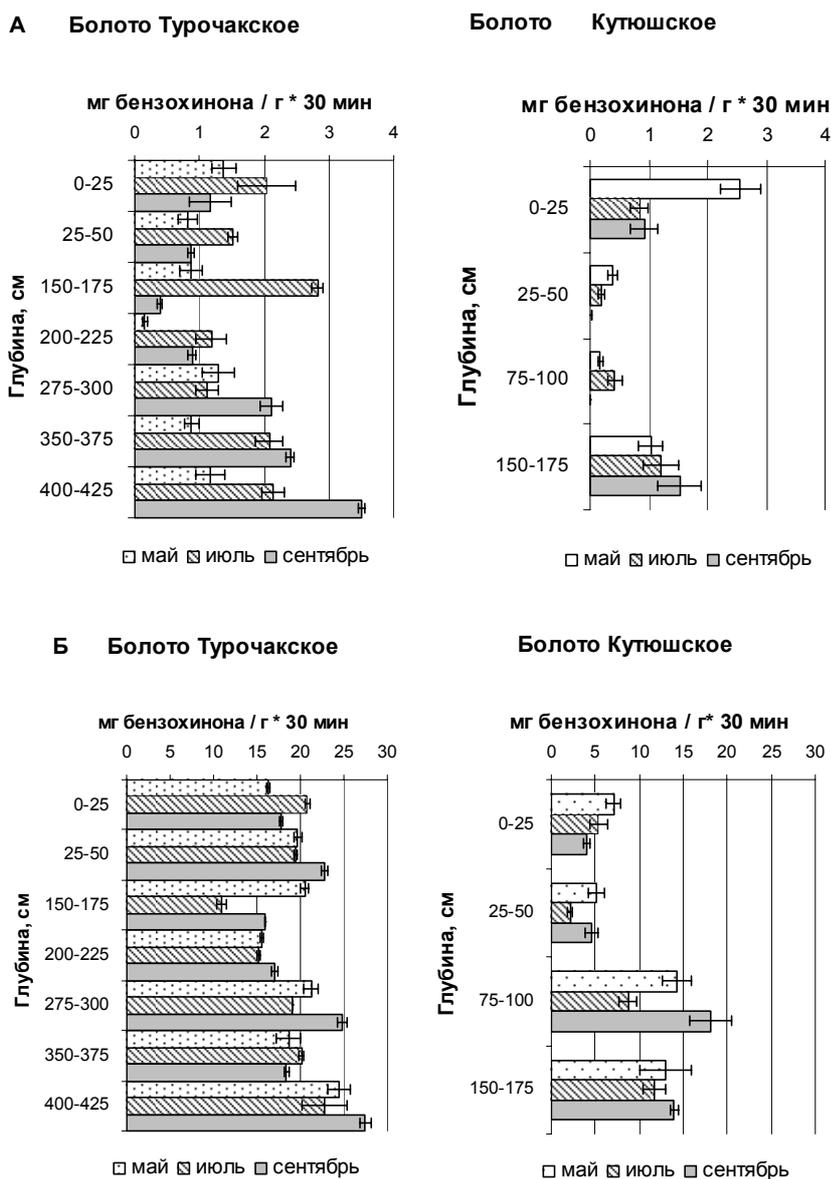


Рис. 3. Динамика полифенолоксидазной (А) и пероксидазной (Б) активности в торфяных залежах болот Горного Алтая, 2013 г.

Следует отметить, что под воздействием каталазы происходит расщепление перекиси водорода, образующейся в результате других биохимических реакций, на воду и свободный кислород, который и принимает участие в окислении органических соединений. Наличие каталазы также свидетельствует о присутствии кислорода в ТЗ болот. В торфяной залежи эвтрофного болота наибольшей напряженностью окислительно-восстановительных процессов характеризуется верхний, аэробный, слой (0-25 см), о чем свидетельствуют и значения каталазной активности (рис. 2). Вглубь по залежи отмечается тенденция к снижению активности фермента, что объясняется ухудшением окислительно-восстановительных условий в

нижней части залежи и уменьшением содержания легкоразлагаемых органических веществ.

В верхней и средней частях торфяной залежи мезотрофного болота до глубины 75-100 см общая каталазная активность в целом невысокая (не превышает 3,84 ед.) и распределяется по ТЗ равномерно. В слое 150-175 см, сформированном шейхцериевым переходным видом торфа, активность каталазы резко возрастает (в 3-5 раз). Сезонная динамика активности каталазы наиболее отчетливо наблюдается в верхних слоях ТЗ обоих болот, а на болоте Кутюшское также и в слое 150-175 см. При этом наибольшая каталазная активность зафиксирована в мае и сентябре.

Нами было установлено, что в ТЗ исследуемых болот преобладает катализа биогенного происхождения, а на долю абиотического катализа приходится 10,4% (Турочакское) и 17% (Кутюшское).

Торфяная залежь эвтрофного болота Турочакское отличается более высокой активностью полифенолоксидазы (ПФО) (в среднем в 1,9 раз), чем ТЗ болота Кутюшское (рис. 3). Высокая ПФО активность в ТЗ эвтрофного типа предположительно может быть связана с более высоким содержанием ГК в залежи эвтрофного типа (44-58% от органического вещества), по сравнению с залежью мезотрофного типа (14-40% от органического вещества). Так, некоторые исследователи полагают [18], что активность ПФО определяется содержанием гуминовых кислот, и по мере того, как происходит накопление гуминовых кислот в торфяной залежи и повышение степени их полимеризации, наблюдается и увеличение активности ПФО.

Пределы изменений активности ПФО в ТЗ эвтрофного и мезотрофного типа составляют, соответственно, 0,16-3,50 мг 1,4-бензохинона/г*30 мин. и 0,0-2,56 мг 1,4-бензохинона/г*30 мин. В целом, результаты по активности ПФО согласуются с литературными данными, полученными для эвтрофных ТЗ Западной Сибири [19]. Вниз по профилю ТЗ болота Турочакское активность фермента изменяется неравномерно, при этом в сезонной динамике максимум ПФО активности наблюдается преимущественно в июле и сентябре, в то время как на болоте Кутюшском – в мае.

Наибольшей пероксидазной активностью (ПДО) (в среднем в 2,2 раза выше) характеризуется ТЗ эвтрофного типа. С глубиной отмечается тенденция к увеличению активности ПДО как в залежи эвтрофного, так и мезотрофного типов.

Сравнивая биохимическую активность горноалтайских болот с аналогичными по типам торфяными болотами юго-восточной части Западно-Сибирской низменности [20], можно отметить значительно большую активность ферментативных процессов в болотах Горного Алтая.

Выводы

Особенности торфообразования, состава органического вещества определяют и активность биохимических процессов в торфяных болотах Горного Алтая.

Выявлено, что в погодных условиях 2013 г. более интенсивно процессы гумификации органического вещества протекают в торфяной залежи эвтрофного типа (болото Турочакское), по сравнению с торфяной залежью мезотрофного типа (болото Кутюшское), что подтверждается количественным содержанием ферментов полифенолоксидазы и пероксидазы. Вниз по торфяной залежи как мезотрофного, так и эвтрофного типов активность пероксидазы увеличивается.

Ферментативные процессы разной направленности активны в ТЗ обоих типов горно-алтайских болот до подстилающих пород.

Сезонная динамика ферментативных процессов в ТЗ болот Турочакское и Кутюшское обусловлена погодными условиями отдельных месяцев вегетационного периода и характеризуется преимущественно их весенне-осенним пиком активности

Библиографический список

1. Зименко Т.Г. Микробиологические процессы в мелиорированных торфяниках Белоруссии и их направленное регулирование. – Минск: Наука и техника, 1977. – 206 с.
2. Зименко Т.Г., Самсонова А.С., Мисник А.Г. и др. Микробные ценозы торфяных почв и их функционирование. – Минск: Наука и техника, 1983. – 181 с.
3. Методы почвенной микробиологии и биохимии / под ред. Д.Г. Звягинцева. – М.: МГУ, 1980. – 224 с.
4. Купревич В.Ф. Биологическая активность почвы и методы ее определения // Доклады АН СССР. – 1951. – Т. 79 – № 5. – С. 863-866.
5. Славнина Т.П., Инишева Л.И. Биологическая активность почв Томской области. – Томск: Изд-во ТГУ, 1987. – 216 с.
6. Щербакова Т.А. Ферментативная активность почв и трансформация органического вещества. – Минск: Наука и техника, 1983. – 222 с.
7. Яковлев В.А. Ферментативная кинетика // Ферменты. – М.: Наука, 1964. – 311 с.
8. Хазиев Ф.Х. Методы почвенной энзимологии. – М.: Наука. 2005. – 252 с.
9. Чундерова А.И. Активность полифенолоксидазы и пероксидазы в дерново-подзолистых почвах // Почвоведение. – 1970. – № 7. – С. 22-27.

10. Киреева Н.А., Новоселова Е.И., Онегова Т.С. Активность каталазы и дегидрогеназы в почвах, загрязненных нефтью и нефтепродуктами // *Агрохимия*. – 2002. – № 8. – С. 64-72.

11. Dec J., Bollag J.-M. Dehalogenation of Chlorinated Phenols during Binding to Humus. In: T.A. Anderson, J.R. Coats, eds. *Bioremediation through Rhizosphere Technology*. ACS Symposium Series 563. Washington, DC: American Chemical Society, 1994, pp. 102-111.

12. Szajdak, L.W., Inisheva L.I., Styla K., Gaca W., Meysner T. Transformation of different form of nitrogen by enzymes in the two depths of "Tagan" peatland. // [in] *Necessity of peatlands protection*. Wydawnictwo-Drukarnia "Prodruk". – Poznan. – 2012. – P. 376-381;

13. Порохина Е.В., Инишева Л.И., Дырин В.А. Биологическая активность и сезонные изменения CO₂ и CH₄ в торфяных залежах эвтрофного болота // *Вестник Томского гос. ун-та. – Серия: Биология*. – 2015. – № 3 (31). – С. 157-176.

14. Инишева Л.И., Виноградов В.Ю., Голубина О.А., Ларина Г.В., Порохина Е.В., Шинкеева Н.А., Шурова М.В. Болотные стационары Томского государственного педагогического университета. – Томск: Изд-во ТГПУ, 2010. – 148 с.

15. Базин Е.Т., Копенкин В.Д., Косов В.И. и др. *Технический анализ торфа* / под общ. ред. Е.Т. Базина. – М.: Недра, 1992. – 431 с.

16. Инишева Л.И., Ивлева С.Н., Щербак Т.А. *Руководство по определению ферментативной активности торфяных почв и торфов*. – Томск: Изд-во Том. ун-та, 2003. – 122 с.

17. Инишева Л.И., Дырин В.А., Ларина Г.В. Биологическая активность торфяных почв разного генезиса // *Вестник Алтайского ГАУ*. – 2015. – № 9 (131). – С. 47-53.

18. Савичева О. Г. Ферментативная активность низинных торфяных почв // *Болота и биосфера: матер. первой Всерос. с междунар. участием Научной Школы*. – Томск, 2003. – С. 143-151.

19. Порохина Е.В., Голубина О.А. Ферментативная активность в торфяных залежах болота Таган // *Вестник Томского гос. пед. ун-та. – Томск: Изд-во Том. гос. пед. ун-та. – 2012. – Т. 122. – № 7. – С. 171-177.*

20. Сергеева М.А., Порохина Е.В., Голубина О.А. Биологическая активность

торфяной залежи болота Турочак // *Вестник Томского гос. пед. ун-та. – Томск: Изд-во Том. гос. пед. ун-та. – 2013. – Вып. 8 (136). – С. 131-137.*

References

1. Zimenko T.G. *Mikrobiologicheskie protsessy v meliorirovannykh torfyanikakh Belorussii i ikh napravlennoe regulirovanie*. – Minsk: Nauka i tekhnika, 1977. – 206 s.

2. Zimenko T.G., Samsonova A.S., Misnik A.G. i dr. *Mikrobnye tsenozy torfyanikh pochv i ikh funktsionirovanie*. – Minsk: Nauka i tekhnika, 1983. – 181 s.

3. *Metody pochvennoy mikrobiologii i biokhimii* / pod red. Zvyagintseva D.G. – M.: MGU, 1980. – 224 s.

4. Kuprevich V.F. *Biologicheskaya aktivnost' pochvy i metody ee opredeleniya* // *Doklady AN SSSR*. – 1951. – Т. 79. – № 5. – С. 863-866.

5. Slavnina T.P., Inisheva L.I. *Biologicheskaya aktivnost' pochv Tomskoy oblasti*. – Tomsk: Izd-vo TGU, 1987. – 216 s.

6. Shcherbakova T.A. *Fermentativnaya aktivnost' pochv i transformatsiya organicheskogo veshchestva*. – Minsk: Nauka i tekhnika, 1983. – 222 s.

7. Yakovlev V.A. *Fermentativnaya kinetika* // *Fermenty*. – М.: Nauka, 1964. – 311 s.

8. Khaziev F.Kh. *Metody pochvennoy enzimologii*. – М.: Nauka. 2005. – 252 s.

9. Chunderova A.I. *Aktivnost' polifeno-loksidazy i peroksidazy v dernovo-podzolistykh pochvakh* // *Pochvovedenie*. – 1970. – № 7. – С. 22-27.

10. Kireeva N.A., Novoselova E.I., Onegova T.S. *Aktivnost' katalazy i degidrogenazy v pochvakh, zagryaznennykh nef'yu i nefteproduktami* // *Agrokhiimiya*. – 2002. – № 8. – С. 64-72.

11. Dec J., Bollag J.-M. Dehalogenation of Chlorinated Phenols during Binding to Humus. In: T.A. Anderson, J.R. Coats, eds. *Bioremediation through Rhizosphere Technology*. ACS Symposium Series 563. Washington, DC: American Chemical Society, 1994, pp. 102-111.

12. Szajdak, L.W., Inisheva L.I., Styla K., Gaca W., Meysner T. Transformation of different form of nitrogen by enzymes in the two depths of "Tagan" peatland. // [in] *Necessity of peatlands protection*. Wydawnictwo-Drukarnia "Prodruk". – Poznan. – 2012. – P. 376-381.

13. Porokhina E.V., Inisheva L.I., Dy-rin V.A. *Biologicheskaya aktivnost' i sezonnye izmeneniya SO₂ i SN₄ v torfyanikh zalezakh*

evtrofnogo bolota // Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Biologiya. – 2015. – № 3 (31). – S. 157-176.

14. Inisheva L.I., Vinogradov V.Yu., Golubina O.A., Larina G.V., Porokhina E.V., Shinkееva N.A., Shurova M.V. Bolotnye statsionary Tomskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta. – Tomsk: Izd-vo TGPU, 2010. – 148 s.

15. Bazin E.T. Tekhnicheskii analiz torfa / Bazin E.T., Kopenkin V.D., Kosov V.I. i dr. Pod obshch. red. Bazina E.T. – M.: Nedra, 1992. – 431 s.

16. Inisheva L.I., Ivleva S.N., Shcherbakova T.A. Rukovodstvo po opredeleniyu fermentativnoy aktivnosti torfyanykh pochv i torfov. – Tomsk: Izd-vo Tom. un-ta, 2003. – 122 s.

17. Inisheva L.I., Dyrin V.A., Larina G.V. Biologicheskaya aktivnost' torfyanykh pochv raznogo genezisa // Vestnik Altayskogo

gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2015. – № 9 (131). – S. 47-53.

18. Savicheva O.G. Fermentativnaya aktivnost' nizinykh torfyanykh pochv // «Bolota i biosfera»: materialy pervoy Vserossiyskoy s mezhdunarodnym uchastiem Nauchnoy Shkoly. – Tomsk, 2003. – S. 143-151.

19. Porokhina E.V. Golubina O.A. Fermentativnaya aktivnost' v torfyanykh zalezhakh bolota Tagan // Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta. – 2012. – T. 122. – № 7. – S. 171-177.

20. Sergeeva M.A., Porokhina E.V., Golubina O.A. Biologicheskaya aktivnost' torfyanykh zalezhi bolota Turochak // Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta. – 2013. – Vyp. 8 (136). – S. 131-137.

Работа выполнена при поддержке Минобрнауки РФ: гос. задание ТГПУ № 174; гос. задание ГАГУ № 01201458966.



УДК 574:631.4:628.544(571.15)

С.В. Макарычев, Д.Ю. Эллерт
S.V. Makarychev, D.Yu. Ellert

**ОСОБЕННОСТИ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА
ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ СУЛЬФАТА НАТРИЯ
(НА ПРИМЕРЕ ОАО «КУЧУКСУЛЬФАТ»
БЛАГОВЕЩЕНСКОГО РАЙОНА АЛТАЙСКОГО КРАЯ)**

**THE FEATURES OF ENVIRONMENTAL POLLUTION OF SOIL COVER AT SODIUM SULPHATE
PRODUCTION (CASE STUDY OF THE OAO "KUCHUKSULFAT",
BLAGOVESHCHENSKIY DISTRICT OF THE ALTAI REGION)**

Ключевые слова: экологическая ситуация, антропогенное воздействие, промышленные отходы, почво-грунты, засоление, сульфаты, хлориды.

Антропогенное влияние на различные составляющие окружающей среды в районе Кучукского месторождения минеральных солей носит комплексный характер и формируется под воздействием промышленных, сельскохозяйственных, транспортных и социально-бытовых объектов. Особенности природных и техногенных условий приводят к формированию своеобразных, зачастую уникальных особенностей геохимического фона, миграции и накопления загрязняющих веществ. При анализе химического загрязнения почвенного покрова было определено, что в химическом составе промышленных сбросов преобладают хлориды и сульфаты. Также загрязняющими

веществами для природной среды являются нефтепродукты и соединения азота, но при существующих объемах и качестве промышленных стоков их воздействие на экосистему оз. Кучук не достигает опасного уровня и не приводит к интенсивному возрастанию содержания вредных веществ в его рапе. По степени засоления почвы относятся к умеренно и интенсивно засоленным сульфатами и хлоридами. Общее содержание водорастворимых солей в поверхностном слое почв колеблется в пределах от 359 до 12543 мг/кг, что значительно отличается от фоновых значений. Установлено, что существующий уровень антропогенного влияния на почвенный покров достаточно высок лишь на узкой полосе вдоль восточного побережья оз. Селитренного, где основная причина деградации почв состоит в дефляции солей из садового бассейна под воздействием эоловых процессов.