

КАЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА ТОРФА СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ СЫМ-ДУБЧЕСКОГО МЕЖДУРЕЧЬЯ
И ПЕРСПЕКТИВА ЕГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

L.V. Karpenko

QUALITATIVE ESTIMATION OF PEAT OF THE NORTHERN PART OF SYM-DUBCHES INTERFLUVE
AND THE PROSPECT OF ITS USING IN AGRICULTURE

Карпенко Л.В. – канд. биол. наук, ст. науч. сотр. лаб. фитоценологии и лесного ресурсоведения Института леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, г. Красноярск.
E-mail: karp@ksc.krasn.ru

Karpenko L.V. – Cand. Biol. Sci., Senior Staff Scientist, Lab. of Phytocenology and Forest Resources, V.N. Sukachev Institute of Forest, SB RAS, Krasnoyarsk.
E-mail: karp@ksc.krasn.ru

Представлены результаты исследования качественного состава торфа в среднетаежной подзоне енисейского левобережья Красноярского края. Цель исследований – классифицировать виды торфа и оценить качество торфяного сырья для перспективного использования в сельском хозяйстве края. Анализы торфа выполнены общепринятыми в болотоведении методиками. Выявлено, что болотообразование в нижнем течении р. Дубчес началось в позднеледниковье и голоцене – 8390–11802 лет назад. Проанализирована стратиграфия пяти полнопрофильных разрезов олиготрофного болота с мощностью торфяной залежи 1,5–5,0 м. Составлена схема классификации торфа, включающая 26 видов. Изучен состав волокна доминирующих видов торфа и средние показатели степени разложения, зольности и влажности торфов. В опорном торфяном разрезе определено валовое содержание 59 макро- и микроэлементов. Их сравнительный анализ показал, что концентрация элементов в верховых (фускум) и переходных (пушицевый) видах торфа отличается слабо. В низинном березовом торфе, в волокне которого обнаружены пожарные прослойки, концентрация всех элементов, за исключением Ca, максимальна. Уровень концентрации Mo, Co, Mn, Cu, Zn, Ni, Cr, Se, как наиболее востребованных растениями, в этом торфе выше, чем в фускум-торфе, в 1,6–70,0 раза и в пушицевом – 4,4–34,4 раза. Оценка экологического состояния торфов показала, что они относятся к градации «экологически чистых». Сделан вывод о возможности перспективного ис-

пользования торфяного ресурса в различных сферах сельского хозяйства Красноярского края.

Ключевые слова: болото, торф, ботанический состав, степень разложения, зольность, микроэлементы.

The results of the research of qualitative composition of peat midtaiga subzone of the Yenisey left bank of Krasnoyarsk Region were presented. The aim of the research was to classify the types of peat and to evaluate the quality of raw materials for future using in agriculture of the region. The analyses of peat were made by the techniques accepted in marsh science. It was revealed that bog formation in the lower current of Dubches river began in postglacial period and Holocene – 8390–11802 years ago. The stratigraphy of five peaty profiles of oligotrophic bog was analyzed with peat deposit thickness of 1.5–5.0 m. The scheme of classification of peat including 26 classes of peat was made. The composition of fiber of dominating types of peat and average values of decomposition extent, ash-content and humidity of peat were studied. In basic peat section gross contents 59 macro- and microelements was defined. Comparative analysis showed that the concentration of elements in oligotrophic (*Sphagnum fuscum* peat) and transitional (cotton grass peat) type of peat differed slightly. In low-lying birch peat in which fiber fire layers were found, the concentration of all elements, except for Ca, was maximum. The level of concentration of Mo, Co, Mn, Cu, Zn, Ni, Cr, Se, as the most demanded by plants, in this peat was above, than in *Sphagnum fuscum* peat 1.6–70.0 times and in cot-

ton grass peat – 4.4–34.4 times. The assessment of ecological condition of peat showed that they belonged to the gradation of "environmentally friendly". The conclusion was drawn on the possibility of perspective peat resource using in various fields of agriculture of Krasnoyarsk Region.

Keywords: bog, peat, botanical composition, degree of decomposition, ash content, microelements.

Введение. Торфяные ресурсы Красноярского края являются перспективными для пополнения элементов минерального питания и улучшения агрохимических свойств почв земель сельскохозяйственной зоны. Для оценки запасов и способов использования торфа необходимо иметь представление о его качестве – ботаническом составе, степени разложения, зольности и др., а также знать его микроэлементный состав для расчета необходимой дозы микроудобрений. По данным ПГО «Новосибирскгеология», в Красноярском крае имеется 671 торфяное месторождение, площадь которых в промышленных границах составляет 1115 тыс. га, а запас торфа – 3621 млн т [1]. Наибольшая площадь болот и запасы торфа располагаются в Енисейском районе края. Долины крупных (Кас, Сым, Хойба) и мелких (Анциферовка, Рассоха, Черная, Пучеглазиха, Верхняя, Нижняя, Тугулан) рек, которые являются левобережными притоками Енисея, почти полностью заболочены. Особенно высока степень заболоченности северной части левобережья Енисея (между реками Сым и Дубчес), где болота занимают 35 % площади [2]. Наследуя древние днища ложбин стока ледниковых вод, они залегают слитными массивами, а растительность их представлена преимущественно олиготрофными озерно-грядово-мочажинными и рябовыми комплексами. Изученность торфяных ресурсов северной части междуречья, несмотря на проводившиеся здесь исследования [3–4], до сих пор остается слабой из-за удаленности болот и их слабой доступности.

Цель работы. Выявить наиболее распространенные виды торфа в северной части междуречья и оценить качество торфяного сырья для перспективного использования в сельском хозяйстве.

Задачи исследований: выполнить ботанический анализ торфа с целью выявления видового состава; изучить общетехнические свойства торфов; выделить типичные виды торфа и классифицировать их; проанализировать микроэлементный состав торфов.

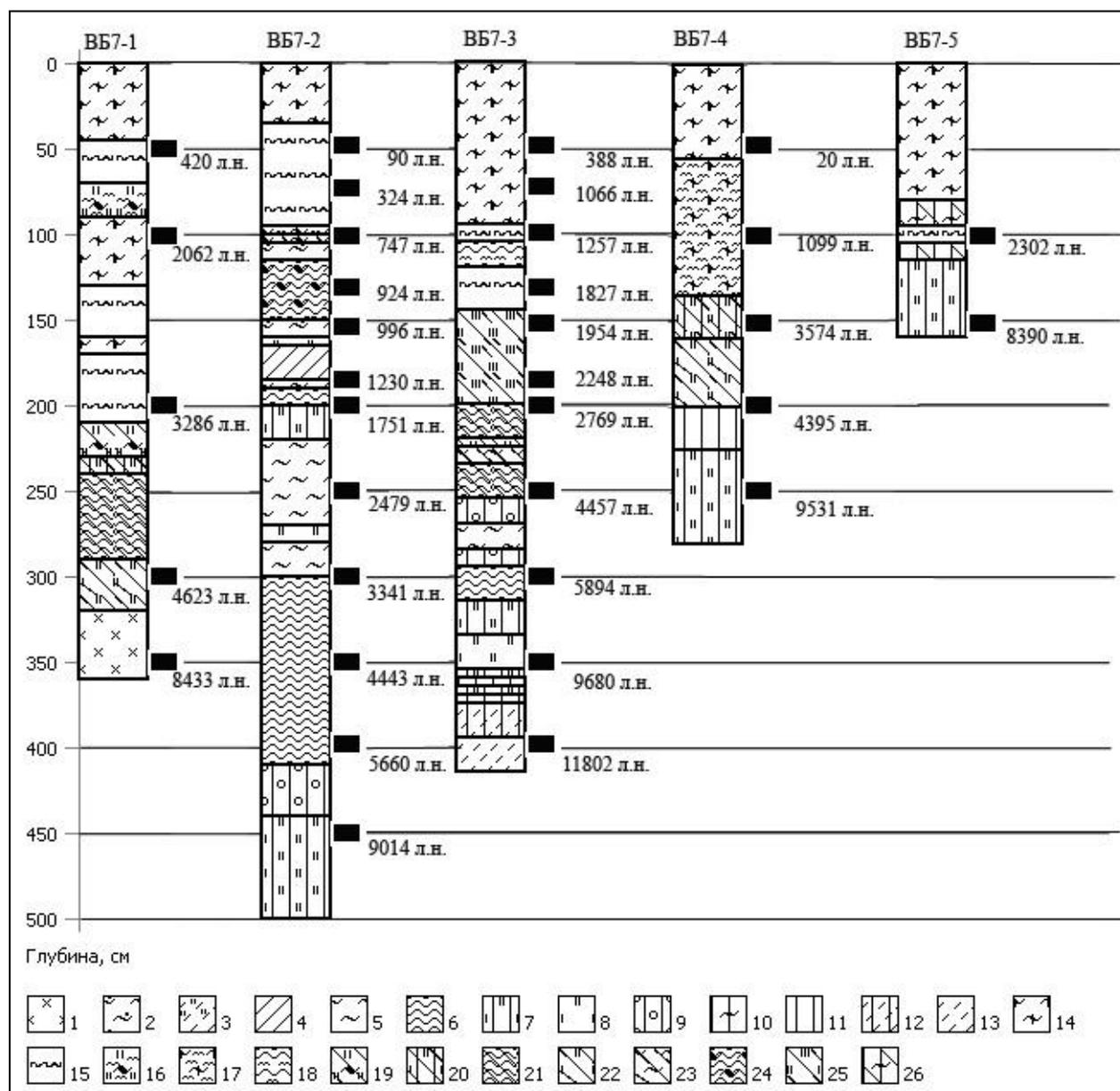
Для района исследований полученные сведения являются актуальными, так как приводятся впервые.

Объекты и методы. Объектом исследований являлся олиготрофный болотный массив площадью около 3 км², залегающий в долине нижнего течения р. Дубчес (60°43'–60°51' с.ш., 88°57'–89°34' в.д.). В периферийной части болота заложен топтоэкологический профиль, на котором было сделано детальное геоботаническое описание растительности и заложено 5 торфяных разрезов (с условными названиями ВБ7-1, ВБ7-2, ВБ7-3, ВБ7-4, ВБ7-5). В разрезах сплошной колонкой в каждые 5 см слоя произведен отбор образцов на анализ ботанического состава (300 шт.), степени разложения, зольности и влажности, который был выполнен общепринятыми в болотоведении методиками [5–6]. Из подстилающих слоев этих же разрезов и далее с интервалом 1,0 м были отобраны образцы торфа на радиоуглеродный анализ. Возраст торфа был определен методом ускорительной масс-спектропии (3-MV Tandem ion accelerator) в Институте биогеохимии им. Макса Планка (Йена, Германия) [7]. Микроэлементный состав торфа одного из разрезов (ВБ7-3) выполнен атомно-абсорбционным методом в Институте минералогии УрО РАН канд. геол.-минерал. наук В.Н. Удачным. Классификация видов торфа дана по [8]. Стратиграфические колонки построены в программе «Cogni» [9].

Результаты исследований и их обсуждение. Детальное описание растительного покрова болота, его возраст и генезис приводились ранее [10]. Строение стратиграфии торфяных залежей и видов торфа, а также радиоуглеродный возраст отложений пяти заложённых разрезов показаны на рисунке. Согласно абсолютному датированию, заболачивание правобережной долины р. Дубчес началось в позднеледниковье и голоцене (около 13–9 тыс. лет назад (л.н.), что совпадает с радиоуглеродными датами, приведенными ранее для этого

района [4]. Болото в своем развитии прошло три стадии – низинную, переходную и верховую. Временные границы этих стадий подтверждены 35 радиоуглеродными датами. В результате

классификации торфа на территории исследований выделено 5 видов верхового, 8 видов переходного и 13 видов низинного торфа (рис., табл. 1).



Стратиграфия и виды торфа района исследований

Низинные виды торфа (1–13): 1 – хвощевой; 2 – терес-торф; 3 – травяно-гипновый; 4 – осоковый; 5 – сфагновый; 6 – пушицевый; 7 – древесно-травяной; 8 – травяной; 9 – березовый; 10 – древесно-сфагновый; 11 – древесный; 12 – древесно-гипновый; 13 – гипновый. Верховые виды торфа (14–18): 14 – фускум-торф; 15 – медиум-торф; 16 – травяно-сфагновый; 17 – комплексный; 18 – пушицевый. Переходные виды торфа (19–26): 19 – травяно-сфагновый; 20 – древесно-травяной; 21 – пушицевый; 22 – травяной; 23 – сфагновый; 24 – пушицево-сфагновый; 25 – шейхцериевый; 26 – древесно-сфагновый

Классификация и общетехнические показатели видов торфа

Тип	Подтип	Группа	Вид торфа	Степень разложения, %	Зольность, %	Влажность, %	
Верховой	Топяной	Травяная	Пушицевый	8,0–10,0	2,6–6,3	93,6	
		Травяно-моховая	Травяно-сфагновый	7,0–10,0	4,5–6,7	92,8	
		Моховая	Фускум	5,0–10,0	2,4–3,0	91,4	
			Медиум	5,0–15,0	3,3–4,8	92,5	
			Комплексный	5,0–10,0	2,3–3,9	91,4	
Переходный	Лесотопяной	Древесно-травяная	Древесно-травяной	30,0–35,0	5,1–6,2	88,7	
	Топяной	Древесно-моховая	Древесно-сфагновый	25,0–30,0	4,8–5,5	90,0	
		Травяная	Травяной	20,0–25,0	2,8–5,7	89,4	
			Пушицевый	25,0–30,0	5,4–8,4	88,7	
			Шейхцериевый	20,0–30,0	5,0–8,2	90,0	
		Травяно-моховая	Пушицево-сфагновый	15,0–25,0	5,6–7,8	88,4	
			Травяно-сфагновый	20,0–25,0	5,0–8,5	87,8	
	Моховая	Сфагновый	15,0–20,0	3,5–5,6	90,8		
	Низинный	Лесной	Древесная	Древесный	20,0–35,0	17,8–35,9	85,7
				Березовый	35,0–40,0	13,8–18,7	85,4
Лесотопяной		Древесно-травяная	Древесно-травяной	25,0–35,0	12,8–37,1	88,7	
		Древесно-моховая	Древесно-сфагновый	25,0–32,0	5,8–22,4	86,9	
			Древесно-гипновый	35,0–35,0	10,9–25,7	90,8	
Топяной		Травяная	Осоковый	25,0–35,0	8,7–14,4	89,2	
			Пушицевый	35,0–40,0	7,9–11,2	88,3	
			Травяной	20,0–25,0	9,9–12,2	87,7	
			Хвощевый	35,0–40,0	10,8–13,6	85,6	
		Моховая	Сфагновый	30,0–33,0	8,5–10,9	87,0	
			Гипновый	25,0–35,0	7,8–12,4	89,5	
			Терес-торф	25,0–30,0	6,3–7,0	90,0	

Торфяная залежь смешанная и образована торфами лесотопяного и топяного подтипов моховой, травяной, древесно-травяной, древесно-моховой и древесной групп. Реакция почвенного раствора торфов находится в пределах 3,6–5,8 и оценивается как кислая и слабокислая. Приводим краткую характеристику доминирующих видов торфа, слагающих залежи. В верховом типе такими являются фускум, медиум и комплексный, образующие верхние пласты залежей.

Главными растениями-торфообразователями этих видов торфа являются сфагновые мхи с абсолютным преобладанием: в фускум-торфе – *Sphagnum fuscum*, медиум-торфе – *S. magellanicum*, в комплексном – *S. balticum*, *S. dusenii* и *S. yensenii*. Около 10 % волокна торфа приходится на макроостатки вересковых кустарничков, а также пушицы и шейхцери. Средняя степень разложения этих торфов варьирует от 5,0 до 15,0 %, зольность – от 2,3 до 3,3 %, влажность – от 85,4 до 93,6 %.

влажность – от 91,0 до 92,0 %. Два других вида торфа – пушицевый и травяно-сфагновый – встречаются гораздо реже. Срединные слои залежи образованы переходным типом торфа, в котором доминирует травяная группа торфов – травяной, пушицевый и шейхцериевый. Растительное волокно травяного торфа в основном сложено остатками разнообразных осок: волосистоплодной, топяной, шаровидной, а также пушицы, шейхцери и вахты, причем ни один из травянистых остатков не превышает 40 %. Примерно 20 % волокна торфа приходится на остатки олиготрофных и мезотрофных сфагновых, реже – гипновых мхов. Пушицевый торф на 35–40 % сложен пушицей с большой примесью шейхцери и мезотрофных видов осок: волосистоплодной, вздутой двутычинковой и др. В волокне торфа в небольшом количестве встречаются остатки сфагновых мхов, древесины сосны и березы. Волокно шейхцериевого торфа на 40–50 % образовано шейхцерией. Остальная часть сложена верховыми сфагновыми – *Sphagnum magellanicum*, *S. angustifolium* и низинными – *S. obtusum* мхами, а также осокой топяной. Степень разложения этих видов торфа варьирует от 20,0 до 30,0 %, зольность – от 2,8 до 22,0 %, влажность – от 89,0 до 95,0 %. Низинный тип залежи представлен 13 видами торфа, среди которых наиболее часто встречаются древесно-травяной и березовый. Древесно-травяной торф слагает придонные пласты залежи. Он образован осоками, пушицей и разнотравьем, на долю которых приходится 50–60 % волокна. От 5 до 35 % составляют древесные остатки березы, сосны, пихты, ели. Небольшой процент приходится на макроостатки сфагновых и гипновых мхов. Этот вид торфа характеризуется средней и высокой степенью разложения – 25,0–35,0 % и высокой зольностью – 12,8–37,1 %. Березовый торф встречается прослойками мощностью 0,2–0,3 м в нижних частях залежи. Его растительное волокно на 40–55 % образовано корой и древесиной березы, в примеси встречаются остатки ели, пихты, кедра. Остальная часть волокна состоит из остатков болотного разнотравья, евтрофных сфагновых и гипновых мхов. Торф характеризуется высокой степенью разложения (35,0–40,0 %) и

средней зольностью (13,8–18,7 %). В целом высокую величину зольности низинных видов торфа в долине р. Дубчес можно объяснить длительной аккумуляцией в залежи (более 7 тыс. лет) разнообразных химических элементов за счет вертикальной фильтрации атмосферных осадков, а также питания болота высокоминерализованными грунтовыми водами в инициальный период его развития. Величины степени разложения, зольности и влажности других видов торфа приведены в таблице 1.

При оценке агрономической ценности торфяного сырья важную роль играет содержание в нем макро- и микроэлементов. Содержание валовых форм элементов в опорном разрезе ВБ7-3 в доминирующих видах торфа – фускум, пушицевом и березовом – представлено в таблице 2. Сравнительный анализ показал, что в фускум и пушицевом видах содержание макроэлементов (Ca, Mg, Na, Fe, Al) довольно близко. Исключением является содержание K, которого в фускум-торфе больше в 2,3 раза, и Fe, которого в пушицевом торфе больше в 1,7 раза. По содержанию микроэлементов эти два вида торфа также различаются незначительно. Следует отметить только, что фускум-торф в 2,0–2,5 раза больше концентрирует Cr, Mn, As, Sb, Cs, Bi, а свинца – в 6,0 раза. Пушицевый торф отличается небольшим превышением содержания Mo, Ba, Cd. Березовый торф концентрирует максимальное количество щелочных, щелочно-земельных и редкоземельных элементов, за исключением Ca. На такой высокий уровень концентрирования элементов оказали влияние, по нашему мнению, лесные пожары. Например, содержание в березовом торфе таких наиболее востребованных растениями микроэлементов, как Mo, Co, Mn, Cu, Zn, Ni, Cr, Se и др., выше, чем в фускум и пушицевом торфах: в 24,8; 70,0; 2,4; 14,7; 1,6; 18,1; 26,6 и 7,4; 34,4; 4,6; 9,9; 2,9; 33,5; 26,4 раза соответственно. Для оценки экологического состояния торфов всех типов мы сравнили содержание в них микроэлементов с ПДК почв [11]. Анализ показал, что их концентрация не превышает ПДК, поэтому эти торфа можно отнести к «экологически чистым».

Средние значения валового содержания химических элементов в торфах различного вида, мг/кг

Элемент	Фускум	Пушицевый	Березовый	Элемент	Фускум	Пушицевый	Березовый
Ca	3365,0	5641,0	450,0	Sn	0,10	0,086	0,970
Mg	819,0	658,0	1510,0	Sb	0,044	0,022	0,43
K	310,0	132,0	3758,0	Te	0,013	<0,009	0,047
Na	163,0	111,0	3220,0	Cs	0,049	0,029	2,54
Fe	698,0	1204	9950,0	Ba	19,4	68,5	199
Al	728,0	729,0	45980,0	La	0,45	0,45	12,9
Li	0,12	0,056	8,80	Ce	0,96	0,97	25,6
Be	0,022	0,036	1,04	Pr	0,102	0,096	3,01
Sc	0,17	0,24	8,16	Nd	0,41	0,42	10,60
Ti	25,7	20,6	2320,0	Sm	0,081	0,078	2,87
V	2,55	5,09	91,0	Eu	0,018	0,018	0,51
Cr	3,25	1,76	59,0	Gd	0,087	0,097	2,44
Mn	36,0	18,8	87,0	Tb	0,010	0,013	0,29
Co	0,30	0,61	21,0	Dy	0,058	0,066	2,16
Ni	2,23	4,38	49,0	Ho	0,010	0,013	0,34
Cu	2,17	3,21	32,0	Er	0,034	0,044	1,19
Zn	14,0	7,69	22,0	Tm	0,004	0,007	0,167
Ge	0,057	0,067	2,26	Yb	0,027	0,039	1,18
As	0,48	0,16	15,4	Lu	0,004	0,007	0,155
Se	0,07	0,09	1,43	Hf	0,010	0,014	1,56
Rb	0,68	0,36	15,0	Ta	0,005	0,112	0,49
Sr	22,6	39,0	51,0	W	0,031	<0,001	0,73
Y	0,30	0,44	9,7	Ti	<0,001	<0,001	0,378
Zr	0,40	0,46	72,0	Pb	1,76	0,24	12,5
Nb	0,026	0,017	8,04	Bi	0,010	0,004	0,124
Mo	0,054	0,181	1,34	Th	0,074	0,088	3,65
Cd	0,118	0,060	0,23	U	0,040	0,041	1,98

Заключение. Анализ стратиграфии торфяной залежи пяти полнопрофильных торфяных разрезов, заложенных на болотном массиве в нижнем течении р. Дубчес, показал, что он образовался путем слияния отдельных очагов заболачивания. Об этом свидетельствует сложная стратиграфия торфяной залежи каждого из разрезов (от 5 до 18 чередований пластов торфа). В результате классификации торфов выделено 26 видов, которые относятся к верховому, переходному и низинному типам. Величины степени разложения и зольности торфов варьируют в широких пределах, значительно увеличиваясь в низинных видах торфа древесной и древесно-травяной групп. Торфа верхового и переходного типов содержат значительно меньше агрономически ценных микроэлементов (меди, никеля,

цинка, молибдена и др.), чем торфа низинного типа. Низинные виды торфа – древесный, древесно-осоковый, древесно-гипновый – максимально концентрируют все исследованные макро- и микроэлементы. Эти виды торфа в первую очередь нужно использовать в качестве компонента для производства органо-минеральных удобрений. Кроме высокой концентрации микроэлементов, они отличаются также повышенным содержанием гуминовых кислот (7,5–7,8 %), высокой степенью разложения, повышенной зольностью и слабокислой реакцией среды [12]. В целом необходимо отметить, что запасы торфа в долине р. Дубчес по сути являются неисчерпаемыми, а качественный состав и экология торфов позволяют в перспективе использовать этот ре-

Литература

1. *Запывалов Н.П.* Торфяные ресурсы – нетронутые богатства Сибири // Геология и минерально-сырьевые ресурсы Сибири. – 2001. – № 3. – С. 59–65.
2. *Прокушкин А.С., Карпенко Л.В., Токарева И.В.* [и др.]. Углерод и азот в болотах северной части Сым-Дубчесского междуречья // География и природные ресурсы. – 2017. – № 2. – С. 114–123.
3. *Глебов Ф.З.* Болота и заболоченные леса лесной зоны енисейского левобережья. – М.: Наука, 1969. – 131 с.
4. *Schulze E.D., Lapshina E., Filippov I.* [et al.]. Carbon dynamics in boreal peatlands of the Yenisey region, western Siberia // Biogeosciences. – 2015. – № 12. – P. 1–14.
5. ГОСТ 28245-89. Торф. Методы определения ботанического состава и степени разложения / Государственный комитет по стандартам. – М., 1989. – 9 с.
6. ГОСТ 6801-86. Торф. Метод определения зольности в залежи / Государственный комитет по стандартам. – М., 1986. – 4 с.
7. *Beerling D.J.* Long-Term Responses of Boreal Vegetation to Global Change: An experimental and Modelling Investigation // Global Change Biol. – 1999. – № 5. – P. 55–74.
8. *Тюремнов С.Н.* Торфяные месторождения. – М.: Недра, 1976. – 488 с.
9. *Кутенков С.А.* Компьютерная программа для построения стратиграфических диаграмм состава торфа «KORPI» // Методы исследований: тр. Карельск. науч. центра РАН. – Петрозаводск, 2013. – № 6. – С. 171–176.
10. *Карпенко Л.В., Прокушкин А.С.* Генезис и история послеледникового развития лесного болота в долине р. Дубчес // Сибирский лесной журнал. – 2018. – № 5. – С. 33–44.
11. *Виноградов А.П.* Геохимия редких и рассеянных химических элементов в почвах. – М.: Изд-во АН СССР, 1957. – 238 с.
12. *Инишева Л.И.* Агрономическая природа торфа // Химия растительного сырья. – 1998. – № 4. – С. 17–22.
1. *Zapivalov N.P.* Torfjanye resursy – netronutyte bogatstva Sibiri // Geologija i mineral'no-syr'evye resursy Sibiri. – 2001. – № 3. – S. 59–65.
2. *Prokushkin A.S., Karpenko L.V., Tokareva I.V.* [i dr.]. Uglerod i azot v bolotah severnoj chasti Sym-Dubchesskogo mezhdurech'ja // Geografija i prirodnye resursy. – 2017. – № 2. – S. 114–123.
3. *Glebov F.Z.* Bolota i zabolochennye lesa lesnoj zony enisejskogo levoberezh'ja. – M.: Nauka, 1969. – 131 s.
4. *Schulze E.D., Lapshina E., Filippov I.* [et al.]. Carbon dynamics in boreal peatlands of the Yenisey region, western Siberia // Biogeosciences. – 2015. – № 12. – P. 1–14.
5. GOST 28245-89. Torf. Metody opredelenija botanicheskogo sostava i stepeni razlozhenija / Gosudarstvennyj komitet po standartam. – M., 1989. – 9 s.
6. GOST 6801-86. Torf. Metod opredelenija zol'nosti v zalezhi / Gosudarstvennyj komitet po standartam. – M., 1986. – 4 s.
7. *Beerling D.J.* Long-Term Responses of Boreal Vegetation to Global Change: An experimental and Modelling Investigation // Global Change Biol. – 1999. – № 5. – P. 55–74.
8. *Tjuremnov S.N.* Torfjanye mestorozhdenija. – M.: Nedra, 1976. – 488 s.
9. *Kutenkov S.A.* Komp'juternaja programma dlja postroenija stratigraficheskikh diagramm sostava torfa «KORPI» // Metody issledovanij: tr. Karel'sk. nauch. centra RAN. – Petrozavodsk, 2013. – № 6. – S. 171–176.
10. *Karpenko L.V., Prokushkin A.S.* Genezis i istorija poslednikovogo razvitija lesnogo bolota v doline r. Dubches // Sibirskij lesnoj zhurnal. – 2018. – № 5. – S. 33–44.
11. *Vinogradov A.P.* Geohimija redkih i rassejannyh himicheskikh jelementov v pochvah. – M.: Izd-vo AN SSSR, 1957. – 238 s.
12. *Inisheva L.I.* Agronomicheskaja priroda torfa // Himija rastitel'nogo syr'ja. – 1998. – № 4. – S. 17–22.