

## МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

УДК 551.438.222:004.42

### КОМПЬЮТЕРНАЯ ПРОГРАММА ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ СТРАТИГРАФИЧЕСКИХ ДИАГРАММ СОСТАВА ТОРФА «KORPI»

**С. А. Кутенков**

*Институт биологии Карельского научного центра РАН*

Дана краткая история развития иллюстративно-графических способов отображения послойного строения озерно-болотных отложений. Описана разработанная автором программа «Korpi», предназначенная для визуализации данных по ботаническому и химическому составу слоев торфа. Программа может применяться в работах по болотоведению, палеоботанике, лесомелиорации и смежным наукам для построения диаграмм состава озерно-болотных отложений.

**К л ю ч е в ы е с л о в а:** графическое отображение, торфяная залежь, ботанический состав, динамика.

#### **S. A. Kutenkov. KORPI SOFTWARE FOR PLOTTING STRATIGRAPHIC DIAGRAMS OF PEAT COMPOSITION**

An overview of how the graphical layer-wise representation of lacustrine-peatland deposits evolved is given. The Korpi software developed by the author for visualization of the data on the botanical and chemical composition of peat layers is described. The application can be used in mire science, palaeobotany, forest reclamation and related sciences for plotting the diagrams of lake-mire deposit structure.

**К e y w o r d s:** graphical representation, peat deposit, botanical composition, dynamics.

Иллюстративный материал является важной составляющей научных работ, позволяющей выразить результаты исследований в удобном для восприятия виде. Одним из основных графических материалов в болотоведении, наряду с различными картами и картосхемами, являются рисунки, отображающие строение торфяной залежи<sup>1</sup>. Они представляют собой информативные

разрезы (колонки) торфяных залежей, базирующиеся на результатах различных видов анализов торфа – спорово-пыльцевого, химического, ботанического, степени разложения и т. п.

Подобный графический материал необходим как для отображения конечного результата в отчете и публикации, так и на промежуточном этапе, поскольку способствует более быстрому осмыслению и интерпретации имеющегося материала. Особенностью используемых графиков является то, что они отражают распределение полученных величин по глубине разреза и для удобства восприятия должны также

<sup>1</sup> Торф является основным объектом применения описываемых методик и компьютерной программы, которые также используются и при анализе других озерно-болотных отложений – сапропеля, глин с растительными остатками и т. п.

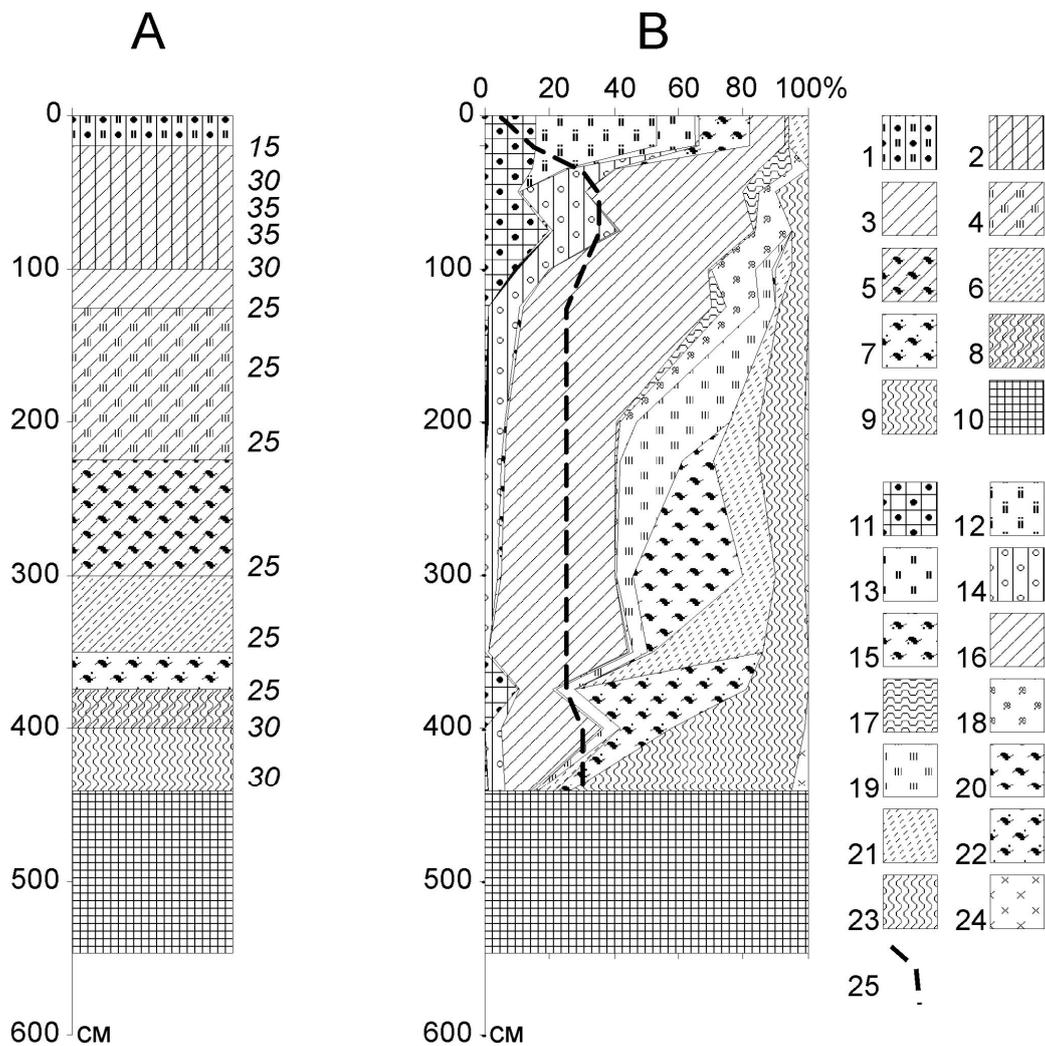


Рис. 1. А – стратиграфический столбик озерно-болотных отложений по видам торфа. Слева – значения глубины, справа – степени разложения торфа. В – то же (колонка) по торфообразователям. Составлены на основе данных ботанического состава торфа (табл.)

Условные обозначения: 1–10 – виды торфа (см. табл.); 11–24 – остатки растений: 11 – сосны, 12 – молинии, 13 – трав неопр., 14 – березы, 15 – *Sphagnum warnstorffii*, 16 – осок, 17 – пушицы, 18 – вахты, 19 – шейхцерии, 20 – *Sphagnum sect. Subsecunda*, 21 – гипнов, 22 – *Sphagnum teres*, 23 – тростника, 24 – хвоща; 25 – степень разложения, %

строиться в координатах, где ось ординат соответствует глубине, значения которой увеличиваются сверху вниз.

С развитием болотоведения развивались и методы отображения материала по стратиграфии болот. Уже в ранних работах по болотоведению приводятся схемы строения торфяных залежей, на которых при помощи заливки (штриховки) отмечаются слои различного торфа [Сукачев, 1923].

В 1939 году вышел двухтомник «Методы исследования торфяных болот» под редакцией М. И. Нейштадта, где были, во-первых, определены критерии выделения конкретных видов торфа и их графическое обозначение, во-вторых, даны инструкции по созданию графического материала, в частности различных диаграмм

торфа. Все это сделано на основе уже имевшихся к тому моменту наработок отечественных и зарубежных авторов. Один из авторов книги, А. В. Полосихина, в главе «Графическая обработка материалов» указывает, что существует несколько способов графического показа распределения и характера залегания видов торфа в торфянике. Наиболее простой из них – *стратиграфические столбики*. Этот способ употребляется в тех случаях, когда имеются разрозненные, не связанные друг с другом пункты бурения (скважины) или пункты взятия образцов торфа. Для его составления берется отдельный такой пункт. По результатам анализа торфа определяются слои различного типа, которые при помощи условных знаков (штриховки) наносятся поглубинно на график. Степень разложения на стол-

Ботанический состав озерно-болотных отложений (ОБО) (содержание торфообразователей послойно, %)

Вид ОБО	1	2				3	4			5	6	7	8	9	10		
Глубина, см*	20	35	50	75	100	125	200	225	300	350	375	400	440	450	515	547	
Разложение (%)	15	30	35	35	30	25	25	25	25	25	25	30	30				
<i>Betula</i>	+	15	20	20	10	10	5	5	5	+	+	5	5				
<i>Juniperus</i>	5																
<i>Pinus</i>	15	15	10	20	10	+						10					
<i>Salix</i>	+		+	5	+	+							+				
Древесина неоп.												5	+				
Кустарнички	5	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+					
<i>Carex lasiocarpa</i>	5	40	35	20	30	35	15	15	30	40	5	20	10	+	+	+	
<i>C. chordorrhiza</i>	5	5	5	10	5	5	5	5	5	+	5	5			+		
<i>C. limosa</i>			5	5	10	15	10	10	+	5				5	+		
<i>C. rostrata</i>			5	5	5	5	5	5	+	+	+	5					
<i>Equisetum</i>							+	+	+			+	5	5	5	10	
<i>Eriophorum</i>	+	10	5	+	+	5	+	+	+	+			+				
<i>Menyanthes</i>		5	5	10	15	10	5	+	+	+	+	+					
<i>Molinia caerulea</i>	35	10	+														
<i>Phragmites</i>			10	5	5	10	15	15	10	15	20	40	70	85	80	50	
<i>Potamogeton</i>															+	5	
<i>Scheuchzeria</i>					5	5	30	20	5	5	5	5	+		+		
<i>Typha</i>															5	5	
Гидрофиты неоп.															5	5	
Прочие травы	10	+		+	+		+										
<i>Calliergon</i>							5	5	3	5	+		+		+		
<i>Drepanocladus</i>							5	+	3	5					+		
<i>Meesia</i>	5				5	+	+	5	5	5	+		+		+		
<i>Scorpidium</i>								5	+	20	+		5	5			
<i>Sph angustifolium</i>	+							+									
<i>Sph s. Subsecunda</i>					+			10	35	+							
<i>Sph teres</i>											55	15	5	+	+	+	
<i>Sph warnstorffii</i>	15	+		+		+	+	+	+					+		+	
Раковины, мшанки																25	

Примечание. Торф отобран в сосняке сфагново-молиниевом в 2,5 км на юго-восток от пос. Тивдия (Карелия, Кондопожский р-н). Виды торфа (1–9): 1 – древесно-травяной, 2 – древесно-осоковый, 3 – осоковый, 4 – шейхцеригово-осоковый, 5 – осоково-сфагновый, 6 – осоково-гипновый, 7 – терес-торф, 8 – тростниково-осоковый, 9 – тростниковый; 10 – сапрпель. Значение «+» соответствует низкому (< 1 %) содержанию остатков. \* – нижняя граница образца.

биках может быть указана просто цифрами по глубинам отбора проб, с правой стороны от ботанического состава, но может быть изображена также и в виде кривой. Для этого на линии ординат отлагают глубины, а на оси абсцисс – проценты степени разложения (через 5–10 %). Таким образом, ботанический состав изображается условными знаками, а степень разложения – цифрами или кривой. Пример такого графика приведен на рис. 1, А. Стратиграфические столбики используются в большинстве работ, посвященных строению торфяной залежи [Тюренов, 1949; Болота..., 1964].

Более сложный способ – *стратиграфические профили*, показывают смену видов торфа на развернутом вертикальном разрезе торфяной залежи по заданной линии, обычно на протяжении от одного конца торфяника до другого. Стратиграфические профили – одна из основных задач графической обработки материалов по исследованию и оценке торфяника. Однако их отображение выходит за рамки данной публикации. Отметим лишь, что стратигра-

фические столбики, выстроенные в ряд в соответствии с болотным профилем, создают основу для наглядного отображения профиля.

В этой же книге [Методы..., 1939], в главе «Анализ пыльцы» М. И. Нейштадт описывает методики построения *спорново-пыльцевой диаграммы*, которая «представляет графически колебания состава пыльцевой флоры в последовательности слоев торфяного болота или другого отложения». Так, диаграмма по методу Л. Поста строится в системе координат, где на оси абсцисс откладываются доли содержания пыльцы отдельных растений в процентах, а на оси ординат – глубины, обозначаемые с левой стороны. На уровнях, с которых были проанализированы пробы, проводятся сплошные горизонтальные линии. Каждый пыльцевой спектр откладывается на соответствующей ему глубине, после чего одноименные пробы всех спектров соединяются линиями.

Другим принципом построения диаграммы является такой способ графического изображения последовательной смены пыльцевых спек-

тров, в котором каждая отдельная порода имеет свою самостоятельную, отдельно стоящую кривую. Для породы берут отдельную вертикальную линию, соответствующую глубине торфяника, и на определенных глубинах, где производится подсчет пыльцы, откладывают по горизонтальной линии процент этой породы. Затем, соединив все точки сплошной линией, затушевывают сплошь всю внутреннюю часть вертикальной линии. То же самое производят затем со второй породой, третьей и т. д. [Методы..., 1939]. Данный метод в усовершенствованном виде используется палинологами и в настоящее время.

Таким образом, методы исследования торфяных болот, разработанные к 1939 году, предполагали создание подробных диаграмм спорово-пыльцевого анализа и простых обобщенных «столбиков» ботанического состава торфа. Это связано с тем, что первый анализ проводился исключительно в научных целях, тогда как второй имел производственное значение и использовался для разработки технического проекта по эксплуатации торфяника. В последнем случае достаточно было знать тип торфа, не вдаваясь подробно в соотношение отдельных торфообразователей.

Позже, с развитием болотоведения, стал использоваться следующий вид *стратиграфических столбиков (колонок)*, в которых уже учитывается содержание отдельных торфообразователей [Елина, 1969]. Ширина такого столбика берется за 100 %. На уровне каждого отобранного слоя последовательно, исходя из общих 100 %, отмечается содержание отдельных остатков торфообразователей, после чего происходит создание областей по содержанию того или иного торфообразователя по всей глубине торфа (рис. 1, В). Такие колонки есть в работах Г. А. Елиной [Елина, 1969, 1971, 1981; Елина и др., 1984], Ю. А. Львова [1974], их применяют авторы ряда статей сборника «Болотные экосистемы Европейского Севера» [1988] и др. Зачастую они дополняют рисунки с подробными спорово-пыльцевыми диаграммами. В этих же работах приводятся стратиграфические разрезы болот.

Неудобством таких колонок является то, что при малом или непостоянном содержании остатков определенный торфообразователь сложно отобразить на графике. При большом числе торфообразователей колонка становится сложной для восприятия, необходимо группировать экологически близкие торфообразователи.

Развитие геоботанического направления болотоведения, изучение динамики отдельных болотных участков на основе ботанического анализа торфа вызвало необходимость улуч-

шения и иллюстративно-графического материала. Результатом стало применение диаграмм, подобных спорово-пыльцевым, использовавшимся М. И. Нейштадтом [Методы..., 1939] и другими исследователями того времени, и для отображения ботанического состава торфа. Так, в книге Н. Rydin и J. K. Jeglum [2006] приводится график состава макроостатков торфа из диссертационной работы Е. Bohlin [1993], построенный по принципу пыльцевой диаграммы. Подобные диаграммы в большом числе представлены в работе J. Turunen с соавт. [2002] и других.

Принцип построения таких диаграмм ботанического состава торфа заключается в следующем. Система координат для каждого отдельного торфообразователя строится на основе оси ординат, отражающей глубины, и оси абсцисс, где откладываются относительные значения содержания макроостатков. При этом ось ординат одинакова для всех торфообразователей, что позволяет выстроить все графики в один ряд в пределах одного рисунка. Отдельные точки соединяются линией, отсекающей область графика, которая затем для наглядности заливается. Результатом является серия графиков содержания отдельных торфообразователей, объединенная в колонке общей шкалой глубины.

Недостатком данного метода является плавность отображения изменений содержания торфообразователей, тогда как в реальности часто наблюдается достаточно контрастная смена слоев различного ботанического состава и разной степени разложения. При отборе образцов торфа целесообразно руководствоваться именно контрастными сменами слоев торфа, а не шкалой с равным шагом, как это происходит при спорово-пыльцевом анализе. В случае анализа на ботанический состав мощность слоев торфа, для которых отбираются образцы из одной скважины, может варьировать от 1–2 до 25 и даже 50 см, в зависимости от степени его однородности. Получаемые в результате анализа значения содержания макроостатков характеризуют при этом целиком слои торфа, для которых был сделан отбор. Соответственно, и графики должны иметь ступенчатую форму, где отдельные «ступени» по высоте соответствовали бы масштабируемой толщине отобранных слоев. Подобные графики приводятся в ряде относительно недавних работ по болотоведению [Кузнецов и др., 1998; Елина и др., 2000].

Изначально такие графики строились на миллиметровой бумаге, расчеты масштаба прово-

дились «вручную». При развитии компьютерной техники и программного обеспечения построенные на миллиметровой бумаге графики сканировались и дорабатывались в графических редакторах. Специальной программы, которая бы использовала табличные данные для построения графиков ботанического состава торфа, до недавнего времени нам известно не было. Хотя программы построения спорово-пыльцевых диаграмм существуют уже достаточно давно, например TILIA и TILIA GRAPH [Grimm, 1992], используемые и в отечественном болотоведении при построении соответствующих диаграмм [Филимонова, 2009].

Все это потребовало разработки оригинальной компьютерной программы для построения стратиграфических диаграмм состава торфа, первичными данными для которой служат электронные таблицы MS Excell, содержащие результаты анализа торфа на ботанический состав. Изначально программа была написана мной на языке Visual Basic for Application (VBA) как макрос в табличном редакторе MS Excell. Она строила графики на основе автофигур, создавая и составляя по области графика множество прямоугольников, каждый из которых соответствовал содержанию определенного остатка на определенной глубине залежи. Полученные векторные рисунки можно было переводить в растровый вид или продолжать редактировать в векторных графических редакторах. Хотя это заметно ускорило создание графиков по сравнению с ручной

работой, тем не менее результат работы программы не был полноценным графиком и требовал определенной доработки.

Позднее программа была переписана на языке Visual Basic 6.0 и доработана. При этом использовались возможности его работы с функциями Windows API, связанными, в частности, с графическим выводом [Эпплман, 2002]. Программа стала полностью самостоятельной и получила название «Korpi».

Программа «Korpi» обеспечивает выполнение следующих функций:

- Загрузку первичных данных из электронных таблиц MS Excell. Строки таблицы содержат ряды по глубинам залежи, содержания отдельных торфообразователей, степени разложения, при необходимости – химические показатели и т. п. Столбцы соответствуют отдельным образцам отложений (см. табл.).
- Возможно сочетание на одной общей диаграмме как относительных данных по торфообразователям (в %), так и абсолютных показателей (степень разложения, индекс влажности, содержание химических элементов и т. п.).
- Имеется выбор основных параметров диаграммы – размеры, тип графика (с плавным переходом значений или ступенчатым), положение подписей (снизу или сверху графика) и некоторых других.
- В графическом режиме имеется возможность изменения порядка следования областей, соответствующих отдельным торфообра-

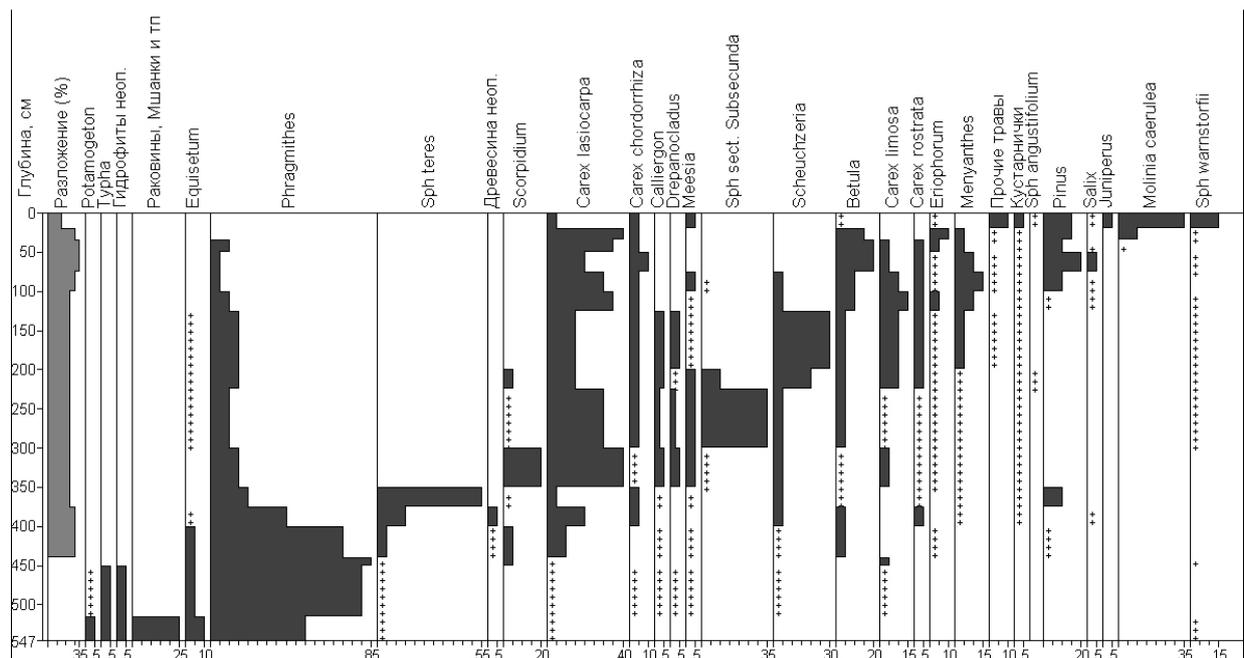


Рис. 2. Диаграмма содержания растительных остатков в торфе, построенная в программе «Korpi» на основе данных табл.

зователям (и химическим элементам), их удаления и объединения. Это позволяет группировать остатки, соответствующие определенным палеосообществам, в ходе проведения реконструкции развития торфоотлагающих сообществ, повышая наглядность материала.

- Возможно также изменение ряда параметров диаграммы (шкалы глубин, шрифтов, названий, масштабных линеек).

- Составление стратиграфического столбика по типам торфа в графическом режиме с использованием имеющихся в виде графических файлов шаблонов заливки.

- Добавление новых элементов (текста и линий) в графическом режиме.

- Сохранение результата в виде растрового графического файла.

Пример диаграммы, построенной в программе «Korpi» на основе данных из таблицы, приведен на рис. 2.

Компьютерная программа для построения стратиграфических диаграмм состава торфа «Korpi» имеет Свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ № 2011615777 от 22.07.2011. Правообладатель: ИБ КарНЦ РАН.

*Автор выражает благодарность О. Л. Кузнецову и Н. В. Стойкиной (ИБ КарНЦ РАН) за помощь при написании статьи.*

## Литература

*Болота и заболоченные земли Карелии // Ученые зап. Петрозаводского гос. ун-та. Петрозаводск: Карельское книжное издательство, 1964. Том XII, вып. 2. 170 с.*

*Болотные экосистемы Европейского Севера: сборник статей. Петрозаводск: Карельский филиал АН СССР, 1988. 206 с.*

*Елина Г. А. К истории развития болот юго-восточной части Прибеломорской низменности // Бот. журн. 1969. Т. 54, № 4. С. 545–553.*

*Елина Г. А. Принципы и методы реконструкции и картирования растительности голоцена. Л.: Наука, 1981. 159 с.*

*Елина Г. А. Типы болот Прибеломорской низменности // Болота Карелии и пути их освоения. Петрозаводск: Карельский филиал АН СССР, 1971. С. 51–79.*

## СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ:

### **Кутенков Станислав Анатольевич**

старший научный сотрудник, к. б. н.  
Институт биологии Карельского научного центра РАН  
ул. Пушкинская, 11, Петрозаводск, Республика Карелия,  
Россия, 185910  
эл. почта: effort@krc.kareli.ru  
тел.: 89114012678

*Елина Г. А., Кузнецов О. Л., Максимов А. И. Структурно-функциональная организация и динамика болотных экосистем Карелии. Л.: Наука, 1984. 128 с.*

*Елина Г. А., Похилько А. А., Бойчук М. А. Болотные экосистемы полуострова Рыбачий (Мурманская область) // Динамика болотных экосистем Северной Евразии в голоцене: материалы симпозиума. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2000. С. 38–48.*

*Кузнецов О. Л., Шевелин П. Ф., Максимов А. И. Растительность, генезис и динамика болот западного побережья озера Пяозеро (северо-западная Карелия) // Биоразнообразие, динамика и охрана болотных экосистем Восточной Фенноскандии. Петрозаводск: КНЦ РАН, 1998. С. 31–63.*

*Львов Ю. А. Методические материалы к типологии и классификации болот Томской области // Типы болот СССР и принципы их классификации. Л.: Наука, 1974. С. 188–194.*

*Методы исследования торфяных болот / Под ред. М. И. Нейштадт. В 2 частях // Труды центральной торфяной опытной станции. М., 1939. Ч. 1. 171 с.; ч. 2. 319 с.*

*Сукачев В. Н. Болота. Их образование, развитие и свойства. Петроград: Изд-во Народного комиссариата земледелия «Новая деревня», 1923. 127 с.*

*Тюремнов С. Н. Торфяные месторождения. Изд. 2-е. М.; Л.: Государственное энергетическое издательство, 1949. 464 с.*

*Филимонова Л. В. Динамика растительности восточного побережья Финского залива в голоцене // Труды КарНЦ РАН. Сер. «Биогеография». 2009. Вып. 9. № 4. С. 11–29.*

*Эпплман Д. Win32 API и Visual Basic. Для профессионалов. СПб.: Питер, 2002. 1120 с.*

*Bohlin E. M. Botanical Composition of Peat: Implications on Chemical, Microbiological and Physical Properties. PhD thesis, Umeå: Swedish University of Agricultural Science, 1993. 30 p.*

*Grimm E. S. TILIA and TILIA GRAPH: Pollen spreadsheet and graphics program // 8<sup>th</sup> International Palynological Congress. Program and Abstracts. Aix-en-Provence, France, 1992. 56 p.*

*Rydin H., Jeglum J. K. The Biology of Peatlands. New York: Oxford University Press. 343 p.*

*Turunen J., Rätty A., Kuznetsov O., Maksimov A., Shevelin P., Grabovik S., Tolonen K., Pitkänen A., Turunen C., Meriläinen J., Jungner H. Development History of Patvinsuo Mire, Eastern Finland // Julkaisusarja: Metsähallituksen luonnonsuojelujulkaisu. Sarja A, N 138. Metsähallitus, Vantaa, 2002. 72 s.*

### **Kutenkov, Stanislav**

Institute of Biology, Karelian Research Centre,  
Russian Academy of Sciences  
11 Pushkinskaya St., 185910 Petrozavodsk,  
Karelia, Russia  
e-mail: effort@krc.kareli.ru  
tel.: 89114012678