УДК: 528.946: 631.445.1

DOI: 10.35595/2414-9179-2020-2-26-66-78

Г.В. Ахметова¹, П.Н. Токарев²

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ИДЕНТИФИКАЦИИ БОЛОТНЫХ ПОЧВ ПРИ ОБНОВЛЕНИИ ЭЛЕКТРОННОЙ ПОЧВЕННОЙ КАРТЫ КАРЕЛИИ

АННОТАЦИЯ

Рассмотрен вопрос обновления устаревшей информации на региональных электронных почвенных картах. В процессе перевода почвенной карты Карелии (ПКК) в векторный вариант возникли затруднения при определении классификационной принадлежности большей части контуров болотных почв. В связи с этим была проведена методологическая работа по корректировке и модернизации электронной версии ПКК. Для актуализации и обновления информации при помощи современных геоинформационных технологий были предложены способы идентификации массивов болотных почв. Содержательная часть ПКК изменялась на основе имеющейся информации на тематических картах, космических снимках, современных данных о рельефе и гидрографии территории. На начальном этапе проводили корреляцию легенд исходной карты с дополнительными картографическими материалами. Уточнённые данные вносили в атрибутивную базу почвенных данных, автоматически связанную с контурами почв. В процессе работы был выявлен ряд трудностей, препятствующих определению типологической принадлежности болотных почв, для решения которых были выработаны различные методологические подходы. Добавлен новый блок «Болотные переходно-низинные торфяные» в легенду обновляемой карты, т.к. информация о типологии болотных почв была пополнена за прошедшее с момента создания оригинальной ПКК время. В результате проведённых манипуляций количество неопределённых контуров на электронной ПКК существенно сократилось — с 83,7 до 7,2 %. Таким образом, проделанная работа позволила актуализировать существующую информацию о болотных почвах, имеющих на ПКК. Вместе с тем установлено, что возникает необходимость изменить контурную часть некоторых крупных болотных массивов на следующем этапе работы.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: болотные почвы и массивы, цифровые карты, геоинформационные системы, ГИС-технологии, бумажные и электронные версии карт

¹ Институт леса КарНЦ РАН, ул. Пушкинская, д. 11, 185910, Петрозаводск, Россия;
e-mail: akhmetova@krc.karelia.ru

² Институт биологии КарНЦ РАН, ул. Пушкинская, д. 11, 185910, Петрозаводск, Россия

Gulnara V. Akhmetova¹, Pavel N. Tokarev²

GIS TECHNOLOGY APPLICATION FOR IDENTIFICATION OF PEAT BOG SOILS FOR UPDATING THE DIGITAL SOIL MAP OF KARELIA

ABSTRACT

Updating of information in digital regional soil maps is addressed. The conversion of the soil map of Karelia (SMK) into vector format encountered the problem of properly placing a majority of peat bog soil contours into the existing classification. Therefore, methodological studies were carried out to enable rectification and updating of the SMK digital version. A procedure for identification of peat bog soil massifs was suggested for the purpose of updating the information using modern GIS technology. Corrections were made to the map contents relying on the information available in thematic maps, satellite images, up-to-date relief and hydrographic data. The first step was to establish correlations between legends in the initial map and further cartographic materials. The updated data were fed into the attributive database of soils, which is automatically linked to soil contours. In the process, some hindrances to the typological identification of wetland soils were revealed, and various methodological solutions to deal with them were worked out. The new block of “meso-eutrophic peat bog soils” was added to the legend of the map, since information about the typology of wetland soils has been expanded since the making of the original SMK. As a result of the effort, the number of unidentified mire contours in the digital SMK was reduced from 83.7 to 7.2%. Data regarding the peat bog soils present in SMK were thus updated. That said, the contours of some large mire massifs will have to be modified at the next stage of the work.

KEYWORDS: peat bog soils and mire massifs, digital maps, geographical information systems, GIS technology, paper and digital versions of maps

ВВЕДЕНИЕ

В последние десятилетия в практике научных исследований активно используются электронные носители информации и геоинформационные технологии [Герасимова и др., 2010; Симакова и др., 2012; Цифровая..., 2012; Grunwald et al., 2011; Hartemink, Sonneveld, 2013; Lagacherie et al., 2006]. Возможности электронных карт очень широки [Цифровая..., 2012; Minasny, McBratney, 2015], тем не менее информация, содержащаяся в архивных картографических материалах, не утратила своего значения [Королук, Овечкин, 2010; Yang et al., 2011; Kempen et al., 2015]. Работы по переводу картографических источников в цифровой вариант и создание электронных версий карт в настоящее время весьма актуальны из-за ветхого состояния старых бумажных карт и ограниченной возможности их использования [Савин, Овечкин, 2014; Симакова и др., 2012; Цифровая..., 2012; Savin et al., 2019; Kempen, 2011].

В 1950-х гг. под руководством О.М. Михайловской была создана самая подробная на настоящее время почвенная карта Карелии (ПКК) м-ба 1: 500 000; в оригинальном варианте карта состоит из 6-ти листов [Михайловская, 1951]. Карта имела и имеет большое научное и практическое значение и использовалась для создания тематических почвенных карт. Тем не менее она не была издана и имеется в единственном экземпляре в фонде лаборатории лесного почвоведения Института леса КарНЦ РАН. В связи с этим сотрудниками лаборатории в 2010–2012 гг. была составлена её первая электронная

¹ Forest Research Institute of KarRC RAS, Pushkinskaya str., 11, 185910, Petrozavodsk, Russia;
e-mail: akhmetova@krc.karelia.ru

² Institute of Biology Institute KarRC RAS, Pushkinskaya str., 11, 185910, Petrozavodsk, Russia

версия. Работа выполнена на единообразной картографической основе цифровой карты Карелии ГП «Аэрогеодезия» [Каталог..., 2001]. В итоге проведённых работ был составлен векторный слой «Почвы Карелии», состоящий из 19 345 полигонов, которые соответствуют почвенным контурам с автоматически связанной таблицей атрибутивной информации [Ахметова, Бахмет, 2013].

Перевод в электронный формат ПКК позволяет с помощью ГИС-технологий проводить сопряжённый анализ с другими картографическими материалами и современными космическими снимками с целью её обновления [Королюк, Овечкин, 2010; Савин, Овечкин, 2014; Yang et al., 2011; Kempen et al., 2015]. В процессе анализа созданной электронной ПКК встал вопрос о необходимости актуализации её тематической информации для более точного отражения современного состояния почвенного покрова.

Особую важность имеет обновление информации о болотных почвах региона, где болота и заболоченные земли занимают около 30 % территории, а в отдельных приморских районах — 70–80 % [Болотные экосистемы..., 2006]. С середины XX в. сотрудниками лаборатории болотных экосистем Института биологии КарНЦ РАН были проведены масштабные исследования болотных массивов [Антипин, Токарев, 1991; Елина, Кузнецов, 2006; Структура растительности..., 1983; Торфяные месторождения..., 1979; Юрковская, 1988]. В настоящее время создана геоинформационная система (ГИС) «Болота Карелии» [Токарев, 2005; Токарев, Антипин, 2016], которая содержит в электронном виде серию карт и «бесценную коллекцию» дешифровочных планшетов на всю территорию Карелии, какой «нет не только в нашей стране, но и в каком-либо регионе мира, сравнимым по площади с Карелией» [Юрковская, Елина, 2005, с. 4].

Таким образом, целью данной статьи явилась разработка подходов к идентификации болотных почв для актуализации электронной почвенной карты Карелии м-ба 1:500 000 на основе современных геоинформационных технологий и её обновление с помощью разработанного алгоритма.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

На первой версии электронной ПКК легенда состояла из 12 разделов почв и 33 почвенных разностей, различающихся по генезису и антропогенному использованию [Ахметов, Бахмет, 2013]. В процессе создания электронной версии ПКК при переводе атрибутивной информации с основы бумажной карты в электронную таблицу карты была выявлена проблема идентификации типов болотных почв. В большинстве случаев было затруднительно или невозможно устанавливать различия в оттенках голубого и зеленовато-голубого цветов, которые были использованы для показа различных типов болотных почв. Кроме того, в некоторых местах бумажной карты из-за её ветхого состояния цвета почвенных контуров были искажены.

На рис. 1 представлено обзорное изображение почвенной карты Карелии до проведения работ по идентификации болотных почв. Из-за мелкого масштаба контуры некоторых почвенных типов, близких по квалификационной принадлежности, были объединены. Также не показаны некоторые почвы, которые занимают незначительные площади.

Визуально хорошо прослеживается, что болотные почвы распространены по всей территории республики; количество их контуров очень велико — 11 286 из 19 345 всех контуров ПКК. В связи с возникшими сложностями при идентификации контуров почв, большая часть (96 %) контуров болотных почв была отнесена к блоку «Болотные неопределённые» [Ахметова, Токарев, 2015], т.е. подавляющее большинство болотных контуров не имели чёткой типологической принадлежности (табл. 1).

Рис. 1. Почвенная карта Карелии до проведения работ по идентификации болотных почв
Fig. 1. Soil map of Karelia before the peat bog soils identification effort

Расшифровка сокращений в легенде

ПжгIII	Подзолы иллювиально-железистые гумусовые среднемошные — мощность горизонта А2 более 5 см (содержание гумуса от 1 до 2–3 %)
ПжгII	Подзолы иллювиально-железистые гумусовые среднемошные языковатые
ПжгI	Подзолы иллювиально-железистые гумусовые маломощные языковатые — мощность А2 менее 5 см
ПП4	Подзолы среднемошные — мощность А2 более 5 см
ПП4	Подзолы среднемошные языковатые
П4	Подзолы маломощные — мощность А2 менее 5 см
П4	Подзолы маломощные языковатые
ПЗ	Сильно-подзолистые почвы
П2	Средне-подзолистые почвы
П1	Сильно-подзолистые почвы (со слабовыраженным дерновым процессом)
вП	Подзолистые вторично лесные бывшие освоенные и видоизменённые
лП	Подзолистые залужённые почвы
пП	Подзолистые пахотные почвы
Пг64	Торфянистые и торфяные подзолы глеевые иллювиально-многогумусовые
Пг63	Торфянистые подзолы глееватые иллювиально-железисто-гумусовые иногда ортзандровые
Пг62	Торфянистые подзолы глееватые иллювиально-железисто-гумусовые ортзандровые
лПб	Подзолисто-болотные залужённые
пПб	Подзолисто-болотные пахотные
Бв	Болотные верховые торфяные
Б	Болотные переходные и смешанные торфяные
Бн	Болотные низинно-переходные и низинные торфяно-перегнойные
Т	Болотные неопределённые
Бо	Болотные осушенные
Д	Дерновые неоподзоленные темноцветные (на шунгитах)
пД	Дерновые темноцветные неоподзоленные (на шунгитах) пахотные
зд	Дерновые темноцветные неоподзоленные (на шунгитах) залужённые
Ам	Аллювиальные маршевые
Ап	Аллювиальные пойменные
Пфр	Фрагментарные подзолы с близким подстилением пород
Щ	Торфянисто-перегнойно-щебёнкастые неоподзоленные на выходах кристаллических пород
Гт	Горно-тундровые примитивные
Гжгп	Горные подзолы иллювиально-железисто-гумусовые

В процессе работы были использованы оцифрованные картографические материалы упомянутой ранее ГИС «Болота Карелии»:

- региональные торфяные карты [Карта торфяного фонда..., 1957; Карта торфяных месторождений..., 1980];
- карта растительности болот Карельской АССР [1968];
- планшеты дешифровки болотной растительности по аэрофотоснимкам и ряд геоботанических описаний болот при наземных исследованиях с использованием материалов дистанционного зондирования Земли по методике Е.А. Галкиной [1964];
- топографические карты масштаба 1: 200 000;
- цифровые космические снимки Landsat 7.

Все работы по идентификации проводились в оболочке программного продукта MapInfo 8.5 с выборкой почвенных контуров из разделов «Болотные почвы» и «Болотные почвы, видоизменённые с.х. культурой». Процесс идентификации проводился с использованием метода последовательного наложения тематических слоёв: выборку болотных почв ПКК на вышеобозначенные слои ГИС «Болота Карелии». Уточнённую информацию внесли в атрибутивную базу почвенных данных, автоматически связанную с контурами почв.

Табл. 1. Болотные почвы на первом варианте электронной ППК
 Table 1. Bog peat soils in the first version of the digital soil map of Karelia

Болотные почвы	Количество контуров		Площадь	
	шт.	%	км ²	%
Болотные верховые торфяные	38	0,3	2 804	9,3
Болотные переходные и смешанные торфяные	139	1,2	1 137	3,8
Болотные низинно-переходные и низинные торфяно-перегнойные	275	2,4	940	3,1
Болотные неопределённые	10 827	96	25 113	83,7
Болотные осушенные	7	0,1	41	0,1
Всего	11 286	100	30 033	100

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Модернизация и корректировка карты проводилась последовательно; была выработана следующая схема. На начальном этапе работы использовалась информация электронной версии Карты торфяных месторождений Карельской АССР (КТМ) [1980]. На данной карте имеется информация о типологической характеристике 4 713 торфяных месторождений общей площадью 26 000 км². Легенда торфяной карты включает следующие типы болотных массивов: «Верховой», «Переходный или смешанный», «Низинный» и «Неопределенный»; в основу их выделения положены одноимённые типы торфяной залежи. Для корректного использования данных этой карты при идентификации болотных почв на ППК была проведена корреляция легенд указанных карт (табл. 2); характер водно-минерального питания по КТМ совпадает с типом болотной почвы на ППК.

В итоге проведённых работ на данном этапе была определена типологическая принадлежность большей части неопределённых контуров болотных почв. Тем не менее значительное количество контуров, распространённых в основном в северной, западной (вдоль государственной границы) и центрально-восточной частях Карелии остались без информации.

Табл. 2. Корреляция легенд почвенной карты Карелии и карты торфяного фонда
 Table 2. Correlation between the legends of the soil map and the map of peat reserves

Блоки типов болотных почв по легенде ППК	Занимаемая площадь, %	Тип торфяных месторождений по легенде КТФ	Занимаемая площадь, %
Болотные верховые торфяные	9,3	Верховой	22,4
Болотные переходные и смешанные торфяные	3,8	Переходный или смешанный	35,7
Болотные низинно-переходные и низинные торфяно-перегнойные	3,1	Низинный	11,7
Болотные неопределённые	83,7	Неопределённый	30,6

На следующем этапе работы использовались сведения Карты растительности болот Карельской АССР м-ба 1: 600 000 (КРБ), легенда которой впоследствии была обновлена Т.К. Юрковской [Юрковская, Елина, 2009]. Основной единицей в легенде КРБ являются типы болотных массивов, которые выделялись по преобладающему типу растительности и её распределению в экологическом ряду от центра к окраинам. Электронная версия данной карты, составленная с использованием контуров болот топографических карт м-ба

1: 200 000, содержит 13 674 контуров, общая площадь которых составляет 19 300 км² [Токарев, Антипин, 2016].

Проведена корреляция легенд карт ППК и КРБ (табл. 3). К блоку почв «Болотные верховые торфяные» отнесены три типа болотных массивов дистрофного и олиготрофного типов питания. Блок «Болотные переходные и смешанные торфяные» соответствуют 4 типам болот с преимущественно мезоолиготрофным и мезотрофным типами питания. Блок «Болотные низинно-переходные и низинные торфяно-перегнойные» соотнесён с осоковыми и лесными болотами с евтрофным и евтрофно-мезотрофным типами питания.

В процессе работы было решено добавить новый блок болотных почв в легенду обновляемой ППК с названием «Болотные переходно-низинные торфяные». В данную категорию, в соответствии с КРБ, внесены доминирующие на севере региона евтрофно-мезотрофные грядово-мочажинные и грядово-озерковые в центре болотные массивы типа аапа. На севере Карелии широко распространены аапа-болота с низинным торфом; данные болотные массивы не могут относиться ни к блоку «Болотные переходные и смешанные торфяные», ни к блоку «Болотные низинно-переходные и низинные торфяно-перегнойные». Выделение отдельно болотных почв переходно-низинного типа связано с тем, что они являются своеобразными природными образованиями, их торфяная залежь может относиться к низинной и переходной.

Табл. 3. Корреляция легенд почвенной карты Карелии и карты растительности болот
Table 3. Correlation between the legends of the soil map and the map of mire vegetation

ППК, типы болотных почв	Номер и типы болотных массивов по КРБ с изменениями [Юрковская, Елина, 2005]
Болотные верховые торфяные	1. Кустарничково-лишайниковые дистрофные со вторичными озёрками и денудированными мочажинами в центре (южноприбеломорский тип)
	2. Сфагновые с олиготрофным грядово-мочажинным комплексом в центре и кустарничково-травяно-сфагновой облесённой или безлесной периферией
	3. Сосново-кустарничково-сфагновые или кустарничково-сфагновые олиготрофные и мезоолиготрофные
Болотные переходные и смешанные торфяные	4. Пушицево-сфагновые мезоолиготрофные с очень разреженной сосной по краю
	5. Осоково-сфагновые мезотрофные с редкой берёзой и сосной
	6. Сфагновые с мезоолиготрофным грядово-мочажинным центром и кустарничково-пушицево-сфагновой периферией
	7. Травяно-моховые (травяно-гипновые, молиниевые-осоково- или шейхцериево-сфагновые) в центре с облесённой периферией, преимущественно мезотрофные
Болотные переходно-низинные торфяные	8. Евтрофно-мезотрофные грядово-мочажинные и грядово-озерковые в центре (гряды — сфагновые, мочажины травяные или гипновые) с сосново-кустарничково-травяно-сфагновой периферией (тип аапа)
Болотные низинно-переходные и низинные торфяно-перегнойные	9. Крупно- или мелкоосоковые евтрофные, иногда с гипновым или слабо развитым сфагновым покровом
	10. Лесные евтрофные и мезотрофные, преимущественно сосновые с примесью берёзы и ели, иногда берёзовые или еловые
Болотные осушенные	11. Осушенные для добычи торфа болотные массивы
Болотные неопределённые	12. Неустановленного типа

Для выявления современного состояния болотных почв Карелии привлечены материалы дистанционного зондирования — космические снимки, на которых чётко видны тёмные линии мелиоративных каналов на фоне более светлых участков болот [Токарев, 2005]. Данная информация способствовала более эффективной идентификации болот, которые были подвергнуты мелиорационным работам; было выявлено более 1 000 контуров осушенных болотных почв общей площадью 4 296 км².

В отдельных случаях для определения типов болотных массивов при отсутствии информации на картах КТМ и КРБ использовалась информация, имеющаяся на планшетах дешифровки растительности болот по аэрофотоснимкам, и сами аэрофотоснимки.

Процессу идентификации контуров болотных почв препятствовал ряд проблем, для преодоления которых были выработаны определённые методические приёмы:

1. При наложении слоя болотных почв ПКК на слои «Торфяные месторождения» ГИС «Болота Карелии» некоторые контуры болотных почв располагаются на месте распространения двух и более полигонов, относящихся к различным типам болот. Согласно принципу генерализации для идентификации подобных «спорных» контуров использовалось название преобладающего по площади типа болотного массива.

2. В случаях, когда в границы контура ПКК попадали полигоны разных типов болотных массивов примерно в равных долях, почвенный полигон делился на соответствующие им части.

3. На севере Карелии в приграничной зоне на картах ГИС «Болота Карелии» выявлено наличие небольших по площади (1–2 км²) болотных массивов, которые на ПКК не были нанесены. Решено внести в атрибутивную базу данных ПКК в строку «Сопутствующие комплексы» распространённой в данном месте почвы сведения о включениях в их состав комплексов болотных почв.

4. При наложении контуров болотных почв ПКК на космоснимки и топографические карты выяснилось, что значительное количество (878 шт.) небольших по площади полигонов попали на незаболоченные территории. В этих случаях объект удалялся из болотных почв и переводился в блок «Почвы, выведенные из болотного фонда». Впоследствии данные контуры соединялись с контурами прилегающих почв.

5. Некоторое количество контуров (134 шт.) при наложении на гидрографическую основу совпали по конфигурации и местоположению с водными объектами (озёрами, реками). Данные объекты элиминировались из почвенных блоков и временно переведены в блок «Водные объекты».

В результате проведённых действий большая часть неопределённых контуров были идентифицированы и переведены в блоки: «Болотные верховые торфяные», «Болотные переходные и смешанные торфяные», «Болотные переходно-низинные торфяные», «Болотные низинные торфяно-перегнойные» и «Болотные осушенные» (табл. 4). Вместе с тем остались неопределёнными 2 026 контуров с общей площадью 2 148 км². В основном это объекты, имеющие площадь менее 1 км² и, как правило, расположенные в приграничной территории Карелии, где болотные почвы и торфяно-болотный фонд недостаточно изучены.

Табл. 4. Болотные почвы на почвенной карте Карелии после работ по их идентификации
Table 4. Wetland soils on the soil map of Karelia after their identification effort

Болотные почвы	Количество контуров		Площадь	
	шт.	%	км ²	%
Болотные верховые торфяные	2 719	23,6	9 639	32,2
Болотные переходные и смешанные торфяные	1 899	16,5	6 380	21,3
Болотные переходно-низинные торфяные	2 590	22,4	6 212	20,8
Болотные низинные торфяно-перегнойные	105	0,9	284	1,0
Болотные неопределённые	2 026	17,6	2 148	7,2
Болотные осушенные	1 190	10,3	4 296	14,4
Почвы, выведенные из блоков болотных почв	878	7,6	797	2,7
«Водные объекты»	134	1,2	134	0,4
Всего	11 541	100	29 890	100

Рис. 2. Почвенная карта Карелии после работ по идентификации болотных почв
 Fig. 2. Soil map of Karelia after the identification of wetland soils

На основе актуализированных данных построена новая картосхема почв Карелии (рис. 2), которая наглядно демонстрирует внесённые изменения.

Согласно ей, в северной части Карелии преобладают болотные переходно-низинные торфяные почвы типа аапа. Центральная часть республики характеризуется разнообразием типов болотных почв. В районе побережья Белого моря широко распространены почвы верховых болот. Болотные низинные торфяно-перегнойные почвы занимают небольшие территории и в основном распространены в южной части республики и на Заонежском полуострове.

ВЫВОДЫ

Представлен подход идентификации типологической принадлежности болотных почв на электронных почвенных картах, основанный на применении ГИС-технологий. В результате проведённых работ площадь неопределённых болотных контуров на почвенной карте Карелии м-ба 1: 500 000 сократилась с 83,7 до 7,2 %. На данном этапе работы главное внимание уделялось актуализации информации о типах болотных почв в базе атрибутивных данных электронной карты. Вместе с тем в процессе работы было установлено, что возникает необходимость изменить некоторые контуры болотных почв на следующем этапе обновлении ПКК.

БЛАГОДАРНОСТИ

Финансовое обеспечение исследований осуществлялось из средств федерального бюджета на выполнение государственного задания Института леса КарНЦ РАН.

ACKNOWLEDGEMENTS

The study was carried out under state order to the Karelian Research Centre of the Russian Academy of Sciences (Forest Research Institute of KRC RAS).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Антипин В.К., Токарев П.Н. Охраняемые болота Карелии. Петрозаводск: КарНЦ АН СССР, 1991. 46 с.
2. Ахметова Г.В., Бахмет О.Н. Цифровая версия почвенной карты Карелии масштаба 1: 500 000. Разнообразие лесных почв и биоразнообразие лесов. Сборник материалов V Всерос. науч. конф. по лесному почвоведению с междунар. участием. Пущино: ИФХиБПП РАН, 2013. С. 27–29.
3. Ахметова Г.В., Токарев П.Н. Использование ГИС «Болота Карелии» для коррекции и обновления электронной почвенной карты региона. Болота Северной Европы: разнообразие, динамика и рациональное использование. Международный симпозиум (Петрозаводск, 2–5 сентября 2015 г.). Тезисы докладов. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2015. С. 12.
4. Болотные экосистемы севера Европы: разнообразие, динамика, углеродный баланс, ресурсы и охрана. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2006. 396 с.
5. Галкина Е.А. Методы использования аэрофотоснимков для типизации и картирования болотных массивов. Болота и заболоченные земли Карелии. Петрозаводск: Карельское книжное издательство, 1964. С. 5–33.
6. Герасимова М.И., Гаврилова И.П., Богданова М.Д. Мелкомасштабное почвенное картографирование. М.: Географический факультет МГУ, 2010. 119 с.
7. Елина Г.А., Кузнецов О.Л. История и современное состояние исследования болот Карелии (55 лет лаборатории болотных экосистем). Болотные экосистемы севера Европы: разнообразие, динамика, углеродный баланс, ресурсы и охрана. Петрозаводск: Институт биологии КарНЦ РАН, 2006. С. 11–34.
8. Карта растительности болот Карельской АССР. Рукопись. Фонды Института биологии КарНЦ РАН. Петрозаводск, 1968. 2 л.

9. Карта торфяного фонда Карельской АССР. М-б 1: 600 000. М., 1957. 1 л.
10. Карта торфяных месторождений Карельской АССР. М-б 1: 500 000. М., 1980. 4 л.
11. Каталог озёр и рек Карелии. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2001. 290 с.
12. *Королюк Т.В., Овечкин С.В.* Подходы к модернизации государственной почвенной карты России на основе методов цифровой картографии. Почвоведение, 2010. № 5. С. 527–537.
13. *Михайловская О.Н.* Обзорная почвенная карта КФССР для Всесоюзной сельскохозяйственной выставки. Научная сессия, посвященная итогам научно-исследовательских работ Филиала за 1946–1950 гг. Петрозаводск: Карело-Финский филиал Академии наук СССР, 1951. С. 25.
14. *Савин И.Ю., Овечкин С.В.* Об обновлении среднемасштабных почвенных карт. Почвоведение, 2014. № 10. С. 1184–1192. DOI: 10.7868/S0032180X14100128.
15. *Симакова М.С., Рухович Д.И., Королёва П.В., Вильчевская Е.В., Калинина Н.В.* Цифровая версия государственной почвенной карты масштаба 1:1 млн, проблемы и решения. Почвоведение, 2012. № 4, С. 387–397.
16. Структура растительности и ресурсы болот Карелии. Петрозаводск: КНЦ РАН, 1983. 178 с.
17. *Токарев П.Н.* Разработка методики дешифрирования на космоснимках основных типов болотных участков Карелии с использованием материалов наземных и дистанционных исследований на основе ГИС-технологий. Труды Карельского научного центра РАН, 2005. Вып. 8. С. 65–78.
18. *Токарев П.Н., Антипин В.К.* Геоинформационная система «Болота Карелии». Роль науки в решении проблем региона и страны: фундаментальные и прикладные исследования. Материалы Всероссийской научной конференции с международным участием, посвящённой 70-летию КарНЦ РАН (г. Петрозаводск, 24–27 мая 2016 г.). Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2016. С. 216–217.
19. Торфяные месторождения Карельской АССР. М., 1979. 636 с.
20. *Федорец Н.Г., Морозова Р.М., Синькевич С.М., Загуральская Л.М.* Оценка продуктивности лесных почв Карелии. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2000. 195 с.
21. Цифровая почвенная картография: теоретические и экспериментальные исследования. М.: Почвенный институт имени В.В. Докучаева, 2012. 350 с.
22. *Юрковская Т.К.* География и картография растительности болот европейской России и сопредельных территорий. СПб.: Ботанический институт имени В.Л. Комарова РАН, 1992. 255 с.
23. *Юрковская Т.К.* Картографирование болотных систем. Геоботаническое картографирование. Л.: АН СССР, Ботанический институт имени В.Л. Комарова, 1988. С. 13–28.
24. *Юрковская Т.К., Елина Г.А.* Восстановленная растительность Карелии на геоботанической и палеокартах. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2009. 136 с.
25. *Юрковская Т.К., Елина Г.А.* Картографический анализ болот Северо-Востока Карелии. Биоразнообразие, динамика и ресурсы болотных экосистем Восточной Фенноскандии. Труды Карельского научного центра Российской академии наук, 2005. Вып. 8. С. 6–14.
26. *Grunwald S., Thompson J.A., Boettinger J.L.* Digital soilmapping and modeling at continental scales: Finding solutions for global issues. Soil Science Society of America Journal, 2011. V. 75. Iss. 4. P. 1201–1213. DOI: 10.2136/sssaj2011.0025.
27. *Hartemink A.E., Sonneveld M.P.W.* Soil maps of the Netherlands. Geoderma, 2013. V. 204–205. P. 1–9. DOI: 10.1016/j.geoderma.2013.03.022.
28. *Kempen B.* Updating soil information with digital soil mapping. PhD thesis. Wageningen: Wageningen University, 2011.
29. *Kempen B., Brus D.J., de Vries F.* Operationalizing digital soil mapping for nationwide updating of the 1: 50 000 soil map of the Netherlands. Geoderma, 2015. No. 241–242. P. 313–329. DOI: 10.1016/j.geoderma.2014.11.030.

30. *Lagacherie P., McBratney A., Voltz M.* Digital soil mapping: An introductory perspective. Elsevier, 2006. V. 31. P. 12–28.
31. *Minasny B., McBratney A.B.* Digital soil mapping: A brief history and some lessons. *Geoderma*, 2015. V. 184. P. 301–311. DOI: 10.1016/B978-0-12-386941-8.00021-6.
32. *Savin I.Yu., Zhogolev A.V., Prudnikova E.Yu.* Modern trends and problems of soil mapping. *Eurasian Soil Science*, 2019. V. 52. P. 471–480. DOI: 10.1134/S1064229319050107.
33. *Yang L., Jiao Y., Fahmy S., Zhu A., Hann S., Burt J.E., Qi F.* Updating conventional soil maps through digital soil mapping. *Soil Science Society of America Journal*, 2011. V. 75. No 3. P. 1044–1053. DOI:10.2136/sssaj2010.0002.

REFERENCES

1. *Akhmetova G.V., Bakhmet O.N.* Digital version of soil map of Karelia, scale 1: 500 000. Soil diversity and biodiversity in the middle-taiga ecosystem. Proceedings of IV All-Russian conference devoted forest soil science. Pushchino: Institute of Physicochemical and Biological Problems of Soil Science of RAS, 2013. P. 27–29 (in Russian).
2. *Akhmetova G.V., Tokarev P.N.* Applying of GIS “Mires of Karelia” for updating electronic soil map. Mires of northern Europe: biodiversity, dynamics, management (Russia, Petrozavodsk, September 2–5, 2015). Petrozavodsk: KarRC RAS, 2015. P. 12 (in Russian).
3. *Antipin V.K., Tokarev P.N.* Reserved mires of Karelia. Petrozavodsk: KarRC of the USSR Academy of Sciences, 1991. 46 p. (in Russian).
4. Catalog of Karelian lakes and rivers. Petrozavodsk: KarRC RAS, 2001. 290 p. (in Russian).
5. Digital soil mapping: theoretical and experimental studies. Moscow: Dokuchaev Soil Science Institute, 2012. 350 p. (in Russian).
6. *Elina G.A., Kuznetsov O.L.* History and current state of Karelian mires research. Mires ecosystem of northern Europe: diversity, dynamics, carbon balance, resources, protection. Petrozavodsk: KarRC RAS, 2006. P. 11–34 (in Russian).
7. *Fedorets N.G., Morozova R.M., Sin'kevich S.M., Zagural'skaya L.M.* Productivity assessment of forest soils of Karelia. Petrozavodsk: KarRC RAS, 2000. 195 p. (in Russian).
8. *Galkina E.A.* Methods of applying aerosatelite images for mire typification and mapping. Mires and wetlands of Karelia. Petrozavodsk: KarRC RAS, 1964. P. 5–33 (in Russian).
9. *Gerasimova M.I., Gavrilova I.P., Bogdanova M.D.* Small scale soil mapping: study guide. Moscow: Faculty of Geography of MSU, 2010. 119 p. (in Russian).
10. *Grunwald S., Thompson J.A., Boettinger J.L.* Digital soilmapping and modeling at continental scales: Finding solutions for global issues. *Soil Science Society of America Journal*, 2011. V. 75. Iss. 4. P. 1201–1213. DOI: 10.2136/sssaj2011.0025.
11. *Hartemink A.E., Sonneveld M.P.W.* Soil maps of the Netherlands. *Geoderma*, 2013. V. 204–205. P. 1–9. DOI: 10.1016/j.geoderma.2013.03.022.
12. *Kempen B.* Updating soil information with digital soil mapping. PhD thesis. Wageningen: Wageningen University, 2011.
13. *Kempen B., Brus D.J., de Vries F.* Operationalizing digital soil mapping for nationwide updating of the 1: 50 000 soil map of the Netherlands. *Geoderma*, 2015. No 241–242. P. 313–329. DOI: 10.1016/j.geoderma.2014.11.030.
14. *Korolyuk T.V., Ovechkin S.V.* Approaches of updating of Russian State Soil Map on basis of digital mapping. *Eurasian Soil Science*, 2010. No 5. P. 527–537 (in Russian).
15. *Lagacherie P., McBratney A., Voltz M.* Digital soil mapping: An introductory perspective. Elsevier, 2006. V. 31. P. 12–28.
16. *Mikhailovskaya O.N.* Overview soil map of Karelian ASSR for nationwide agriculture exhibition. Scientific session devoted to scientific-research results of Karelian research branch. Petrozavodsk: Karelian-Finnish branch of the USSR Academy of Sciences, 1951. P. 25 (in Russian).
17. *Minasny B., McBratney A.B.* Digital soil mapping: A brief history and some lessons. *Geoderma*, 2015. V. 184. P. 301–311. DOI: 10.1016/B978-0-12-386941-8.00021-6.

18. Mires ecosystems of the North of Europe: diversity, dynamics, carbon balance, resources and conservation. Petrozavodsk: KarRC RAS, 2006. 396 p. (in Russian).
19. Mires vegetation map of Karelia. Manuscript. Fond of Institute of Biology of KarSC RAS. Petrozavodsk, 1968. 2 sh. (in Russian).
20. Peat deposits of Karelian ASSR. Moscow, 1979. 636 p. (in Russian).
21. Peat deposits map of Karelian ASSR. Scale 1: 500 000. Moscow, 1980. 4 sh. (in Russian).
22. Peat fond map of Karelian ASSR. Moscow, 1957. 1 sh. (in Russian).
23. Savin I.Yu., Ovechkin S.V. On the updating of medium-scale soil maps. Eurasian soil science, 2014. No 10. P. 1184–1192 (in Russian).
24. Savin I.Yu., Zhogolev A.V., Prudnikova E.Yu. Modern trends and problems of soil mapping. Eurasian Soil Science, 2019. V. 52. P. 471–480. DOI: 10.1134/S1064229319050107.
25. Simakova M.S., Rukhovich D.I., Koroleva P.V., Vil'chevskaya E.V., Kalinina N.V. Digitized version of the State Soil Map on a scale of 1: 1 mn: problems and solutions. Eurasian Soil Science, 2012. No 4. P. 387–397 (in Russian).
26. Structure of vegetation and resources of Karelian mires. Petrozavodsk: KarRC RAS, 1983. 178 p. (in Russian).
27. Tokarev P.N. The development of methods for designation of main mire types from space images with using data of land surface and distant sampling based on GIS-technologies. Transactions of the Karelian Research Centre of RAS, 2005. Iss. 8. P. 65–78 (in Russian).
28. Tokarev P.N., Antipin V.K. GIS “Mires of Karelia”. Role of science in solution of problems of region and state: fundamental and applied investigations. Proceedings of All-Russian conference, devoted to 70th anniversary of KarRC of RAS. Petrozavodsk: KarRC RAS, 2016. P. 216–217 (in Russian).
29. Yang L., Jiao Y., Fahmy S., Zhu A., Hann S., Burt J.E., Qi F. Updating conventional soil maps through digital soil mapping. Soil Science Society of America Journal, 2011. V. 75. No 3. P. 1044–1053. DOI:10.2136/sssaj2010.0002.
30. Yurkovskaya T.K. Geography and mapping of mire vegetation of European Russia and neighbouring territories. Saint-Petersburg: Komarov Botanical Institute of RAS, 1992. 256 p. (in Russian).
31. Yurkovskaya T.K. Mapping of mire systems. Geobotanical mapping. Leningrad: USSR Academy of Sciences, Komarov Botanical Institute, 1988. P. 13–28 (in Russian).
32. Yurkovskaya T.K., Elina G.A. Mapping analysis of mires of North-East of Karelia. Biodiversity, dynamic and resources of mires ecosystems of Eastern Fennoscandia. Transactions of the Karelian Research Centre of RAS, 2005. Iss. 8. P. 6–14 (in Russian).
33. Yurkovskaya T.K., Elina G.A. Recovering vegetation of Karelia on geobotanical and paleo maps. Petrozavodsk: KarRC RAS, 2009. 136 p. (in Russian).