

## Принципы и методы создания цифровой среднемасштабной почвенной карты Ленинградской области

Е. Ю. Сухачева<sup>1, 2</sup>, Б. Ф. Апарин<sup>1, 2</sup>, Т. А. Андреева<sup>1</sup>,  
Э. Э. Казаков<sup>3</sup>, М. А. Лазарева<sup>2, 4</sup>

<sup>1</sup> Санкт-Петербургский государственный университет,  
Российская Федерация, 199034, Санкт-Петербург, Университетская наб., 7–9

<sup>2</sup> Центральный музей почвоведения им. В. В. Докучаева,  
Российская Федерация, 199034, Санкт-Петербург, Биржевой пр., 6

<sup>3</sup> Научный фонд «Международный центр по окружающей среде и дистанционному зондированию им. Нансена»,

Российская Федерация, 199034, Санкт-Петербург, 14-я линия В. О., 7,  
Бизнес-центр «Преображенский», оф. 49

<sup>4</sup> Почвенный институт им. В. В. Докучаева,

Российская Федерация, 119017, Москва, Пыжевский пер., 7, стр. 2

**Для цитирования:** Сухачева, Е. Ю., Апарин, Б. Ф., Андреева, Т. А., Казаков, Э. Э., Лазарева, М. А. (2019). Принципы и методы создания цифровой среднемасштабной почвенной карты Ленинградской области. *Вестник Санкт-Петербургского университета. Науки о Земле*, 64 (1), 100–113. <https://doi.org/10.21638/spbu07.2019.106>

В статье изложены принципы и методы создания цифровой среднемасштабной почвенной карты Ленинградской обл. (ЦПК ЛО), в которой отражено современное состояние почвенного покрова (ПП). Карта создана на основе принципов достоверности, историчности, гармонизации, системности, сочетания генетичности и факторности, современности, открытости и верификации. База данных к ЦПК ЛО содержит информацию о почвенном разнообразии; ресурсном потенциале ПП; факторах, определяющих дифференциацию ПП (рельефе, растительности, почвообразующих породах, климате, антропогенной деятельности); морфологическом строении и свойствах почв. Создан комплексный ГИС-проект, включающий в себя разнообразные тематические карты и спутниковые данные высокого пространственного разрешения. Отраженное на карте почвенное разнообразие территории области представляют более чем 50 подтипов естественных почв, 70 подтипов антропогенно-измененных почв, около 100 почвенных комбинаций с естественными почвами и более 200 комбинаций с антропогенно-измененными и антропогенными почвами. Среди почв Ленинградской обл. (ЛО) преобладают антропогенно-измененные. Широко распространены турбированные и осушенные почвы (1/3 общей площади антропогенно-измененных почв). Комбинации антропогенно-измененных и естественных почв с непочвенными образованиями (НПО) занимают около 50% общего числа почвенных комбинаций. На территории городов преобладают различные типы урбопедокомбинаций. Сочетание современных цифровых технологий и традиционных подходов к картографированию почв на основе новых знаний о формировании почв и почвенного покрова в антропогенно-преобразованных ландшафтах позволило создать новый информационный продукт о ПП ЛО. Цифровая база данных (БД) среднемасштабной ЦПК ЛО позволяет использовать заложенную в ней информацию не только как картографическое произведение, но и созда-

вать самые разнообразные пользовательские сервисы, например: геоинформационные системы в интернете, службы публикации отдельных фрагментов данных на сторонних ресурсах. ЦПК ЛО масштаба 1 : 200 000 является научной основой для разработки региональной политики рационального использования почвенных ресурсов.

*Ключевые слова:* цифровое почвенное картографирование, антропогенно-измененные почвы, структура почвенного покрова, почвы Ленинградской обл.

## **Введение и постановка проблемы**

Необходимость обеспечить продовольственную и экологическую безопасность России ставит неотложной задачей разработку региональной политики рационального использования почвенных ресурсов (Иванов и др., 2014). Эту политику следует основывать на понимании базовой роли почв в обеспечении населения сельскохозяйственной продукцией, сохранении биоразнообразия и генофонда живых организмов, возобновлении и воспроизводстве лесных ресурсов, а также обеспечении экологических основ качества жизни населения.

Научная база для принятия управляющих решений в области рационального использования почвенных ресурсов региона в значительной степени устарела. Среднемасштабная карта Ленинградской обл. (ЛО) (1 : 300 000) была издана в 1967 г. и является на данный момент научным раритетом, а последнее монографическое обобщение материалов по характеристикам почв ЛО вышло в 1973 г. (Почвы..., 1973). За прошедшие с тех пор 50 лет почвенный покров ЛО кардинально изменился: резко возросла доля антропогенно-измененных и антропогенных почв, значительная часть земель была выведена из сельскохозяйственного оборота (Апарин и др., 2007; Апарин и Сухачева, 2013).

Цель работы — разработка принципов и методов создания цифровой среднемасштабной почвенной карты (ЦПК) ЛО в масштабе 1 : 200 000 как базы для создания (впервые для ЛО) регионального реестра антропогенно-измененных почв и оценки ресурсного потенциала почв, разработки региональной политики по рациональному использованию почвенных ресурсов.

## **1. Методика исследования и фактический материал**

Еще в конце XX века среднемасштабные почвенные карты создавались путем генерализации данных крупномасштабной почвенной съемки, которой в советский период были покрыты практически все земли сельскохозяйственных угодий. В современный период создание крупномасштабных почвенных карт таким методом невозможно из-за трудоемкости и высокой затратности полевых исследований.

Развитие геоинформационных технологий и новых методов цифровой картографии, разнообразие материалов спутниковой съемки открывают возможности для создания среднемасштабных карт нового поколения (McBratney et al., 2003; Hartemink et al., 2008; Grunwald, 2009; Minasny and McBratney, 2016). В то же время у ЦПК среднего масштаба остаются те же проблемы, что и при традиционной почвенной съемке — сложно отображать на карте мелкоконтурный почвенный покров и антропогенно-измененные почвы (Апарин и др., 2012; Савин и Овечкин, 2014). Качество карт, составленных методом ЦПК, определяется, с одной стороны,

методологией создания карты, а с другой — объемом и качеством информации о факторах почвообразования и материалах полевого исследования почвенного покрова.

В качестве технической основы для построения базы данных (БД) используется система управления базами данных (СУБД) с открытым исходным кодом PostgreSQL с пространственным расширением PostGIS. Объекты БД создает эксперт в открытой настольной геоинформационной системе QGIS. Для этого создан комплексный ГИС-проект, содержащий следующие элементы:

- топографические карты территории ЛО в масштабах от 1 : 50 000 до 1 : 500 000;
- векторные слои (современных населенных пунктов, дорожной сети и водоемов), обновленные по данным дистанционного зондирования Земли;
- геологические карты, в том числе четвертичных отложений;
- геоморфологические карты масштаба 1 : 200 000;
- карты растительности масштаба 1 : 200 000;
- почвенная карта ЛО масштаба 1 : 300 000 (1962–1971 гг.);
- финские карты территории Карельского перешейка, масштабов 1 : 100 000 и 1 : 20 000 (1930–1940 гг.);
- оптические спутниковые данные высокого и сверхвысокого пространственного разрешения.

Использование этих материалов в комплексе с данными многолетних полевых исследований почв и почвенного покрова в различных ландшафтах ЛО (Почвы..., 1973; Апарин и др., 2007; Апарин и Сухачева, 2009; Апарин и Сухачева, 2013, Гагарина и др., 1995) позволило ввести в БД пространственную информацию о почвенных контурах, а также определить их структуру, состав и свойства.

Картографирование включало в себя анализ комплекса факторов дифференциации почвенного покрова, по совокупности имеющихся в ГИС наборов данных. Главным ориентиром при обозначении пространственной конфигурации почвенных контуров стали следующие спутниковые данные:

- Landsat 7 (мультиспектральные изображения, пространственное разрешение до 30 м на пиксель);
- Landsat 8 (мультиспектральные изображения, пространственное разрешение до 15 м на пиксель);
- SPOT 4 (мультиспектральные изображения, пространственное разрешение до 10 м на пиксель). Снимки SPOT, имеющие более высокое разрешение, использовались в сложных случаях, в качестве уточняющего материала;
- мозаики данных съемки сверхвысокого разрешения в естественных цветах по данным космических аппаратов компании DigitalGlobe (GeoEye, QuickBird и др.) и сервисов Bing Aerial Maps.

Для подготовки материалов спутниковой съемки использовался стандартный для визуального дешифрирования набор операций: синтез естественных и псевдоцветовых композитов, увеличение пространственного разрешения мультиспектральных данных за счет процедуры паншарпенинга (Rahmani et al., 2010).

Хранение всех данных средствами СУБД: обеспечивает возможность работы с данными из любого места, имеющего подключение к интернету; позволяет осу-

ществовать совместную работу (одновременное редактирование многими экспертами), организовать систему резервного копирования.

## 2. Результаты и обсуждение

### 2.1. Принципы создания цифровой среднemasштабной почвенной карты

Почвенная карта ЛО создавалась с учетом основных принципов картографирования:

*Принцип достоверности.* Карта создана на основе фактических данных о почвах, почвенном покрове и закономерностях его формирования. На ЦПК ЛО впервые отражены комбинации почв, сформировавшиеся в результате антропогенного воздействия. Для определения их дешифровочных признаков на ключевых участках исследовались виды почвенного покрова и степень их трансформации под влиянием хозяйственной деятельности.

*Принцип историчности (преемственности).* При составлении ЦПК ЛО использовались почвенные картографические материалы прошлых лет, которые сопоставлялись с современными представлениями о почвах и почвенном покрове территории. Данный подход позволил выявить и отразить на ЦПК ЛО залежные земли (рис. 1).

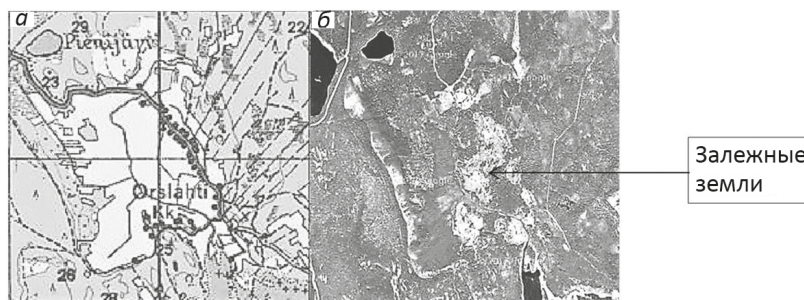


Рис. 1. Участок территории Выборгского района Карельского перешейка ЛО с залежными землями:

*a* — фрагмент Финской карты Карельского перешейка масштаба 1 : 100 000 (1930 г.), *б* — снимок BingAerialMaps того же участка

*Принцип гармонизации.* Накопленные в разные годы данные о почвах и почвенном покрове увязывались между собой путем корреляции различных классификационных схем (Егоров и др., 1977; Шишов и др., 2004; Апарин и др., 2007а; Иванов и др., 2014; Апарин и Сухачева, 2014), использованных при составлении почвенных карт ЛО разного масштаба (1 : 300 000, 1 : 1 000 000, 1 : 1 500 000, 1 : 2 500 000). Корреляция проводилась на таксономическом уровне — по типу почвы, который лежит в основе карт независимо от масштаба.

*Принцип системности.* Почвенный покров рассматривался как комплекс взаимосвязанных элементов, образующих континуальную, целостную и развивающуюся систему, закономерно связанную с факторами дифференциации почвенного покрова. На основе факторного анализа были разработаны многокомпонентные

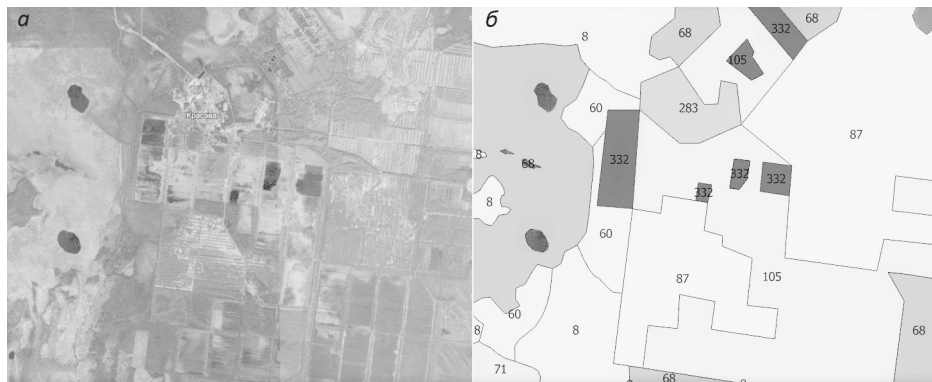


Рис. 2. Снимок BingAerialMaps (а) и фрагмент цифровой почвенной карты участка Бокситогорского района ЛО (б):

8 — подзол иллювиально-железистый; 68 — торфяная олиготрофная; 71 — торфяная эу-трофная; 60 — торфяно-глезем типичный; 87 — агрозем торфяно-минеральный; 105 — тор-фозем; 283 — агрозем альфегумусовый окисленно-глеевый залежный; 332 — непочвенные об-разования

модели почвенно-ландшафтных связей, которые легли в основу определения почвенных выделов. Этот принцип использовался для экстраполяции почв по факторам почвообразования в сильно нарушенных антропогенной деятельностью ландшафтах при реконструкции почвенного покрова области на начало его активного освоения (рис. 2).

*Принцип сочетания генетичности и факторности.* В качестве матрицы для составления почвенной карты использовалась условная модель, в которой почвенная разность является своеобразной конструкцией из генетических горизонтов, формирующихся при строго определенном сочетании горизонтообразующих процессов и факторов почвообразования. Этот принцип имеет особенно важное значение при картографировании антропогенно-измененных почв.

*Принцип открытости.* ЦПК ЛО может обновляться и уточняться. Можно изменять названия почв и почвенных комбинаций, корректировать границы контуров в соответствии с изменениями в почвенном покрове. Возможно динамическое обновление отдельных фрагментов карты, ее дополнение или изменение в любой момент с автоматическим обновлением всех производных продуктов. Новые знания, которые будут получены в рамках перспективных исследований и работ, можно будет учесть без перестройки архитектуры БД и выполнения повторной работы.

Подход к организации хранения данных обеспечивает многообразие возможностей последующего использования данных не только в рамках описываемого исследования, но и для передачи пользователям. Возможна конвертация наборов данных в любые форматы хранения без потери их целостности и качества.

*Принцип верификации.* Информация, заложенная в почвенной пространственно-информационной системе, эмпирически проверяема на достоверность.

### 3.2. Методы создания ЦПК

В рамках решения задачи по созданию ЦПК ЛО ключевым этапом была разработка базы данных, содержащей пространственные (картографические), а также описательные характеристики почв и почвенного покрова.

Классической архитектурой при организации таких цифровых баз данных является построение реляционных баз посредством программного обеспечения СУБД. Структура данных проектируется исходя из: необходимости сохранять жесткость взаимной зависимости различных хранимых параметров, перспектив масштабирования и потенциальной ресурсоемкости.

В проекте была предложена структура базы данных (рис. 3), центральное место в которой занимает таблица почвенных контуров, каждый из которых представляет собой конкретный дискретный объект — отдельную пространственную почвенную единицу. В рамках контура характеристики считаются однородными, поэтому он является объектом дальнейшего картографирования. Почвенный контур, в свою очередь, ссылается на почвы или почвенные комбинации, которые в картографических терминах являются единицами легенды карты, отображаемой уникальным образом при картографической визуализации. Почвенные комбинации ссылаются на несколько записей в таблице «Почвы», где описаны основные характеристики всех встречаемых на территории области почв. Еще одна таблица содержит описания почвенных горизонтов, из различных вариаций которых образуются почвенные профили. Служебные таблицы обеспечивают целостность архитектуры и описывают возможные значения, которые могут принимать поля основных таблиц.



Рис. 3. Структура базы данных

Таблица. Дешифровочные признаки некоторых антропогенно-измененных и антропогенных СПП

СПП	Основные дешифровочные признаки	Примеры СПП ЛО	
		Местоположение	Тип СПП
Антропогенно-измененные СПП			
Лесозаготовительный	Тонкие частые неровные линии на участках с четкими ровными границами, имеющем более светлую окраску, чем окружающий темно-зеленый фон леса и преимущественно прямоугольную форму	Участок вырубки в Бокситогорском районе	Часто-полосчатый комплекс дерново-подзолистых, дерново-подзолистых стратифицированных, абрадированных и турбированных почв и абраземов текстурно-дифференцированных
Мелиоративно-лесной	Регулярные ровные параллельные, реже веерообразные светлые полосы на темно-зеленом фоне леса	Мелиоративные каналы в Тосненском районе, регионального комплексного заказника «Лисинский»	Регулярно-линейный комплекс торфяно-подзолисто-окисленно-глеевых почв, турбированных и стратифицированных подтипов и абраземов стратифицированных
Рекреационно-лесной	Светлые извилистые хаотично-расположенные линии на зеленом фоне изреженного лесного массива	Дорожная сеть на участке Приозерского района, окрестности пос. Сосново	Ташет подзолов, подзолов абрадированных и дерново-подзолов по вариации подзолов иллювиально-железистых и подзолов глееватых
Агромелиоративный	Участки прямоугольной формы однородного либо слабопятнистого светло-зеленого, палевого или почти черного цвета (или их чередование) и регулярными параллельными линиями (мелиоративные каналы), образующие единый массив с ровными четкими границами правильных геометрических форм	Мелиорированный пахотный участок во Всеволожском районе, окрестности пос. Щеглово	Регулярно-линейная пятнистость дерново-подзолистых окисленно-глеевых почв по степени осушенности и мощности агрогенного горизонта
Антропогенные СПП			
Горнодобывающий	Одно или несколько округлых светлых пятен значительных размеров (до нескольких километров кв.) с четкими неровными границами и часто с радиально-концентрическим рисунком	Карьер по добыче гранита в Приозерском районе	Радиально-концентрическая технопедокомбинация НПО, подбуров и псаммоземов

СПП	Основные дешифровочные признаки	Примеры СПП ЛО	
		Местоположение	Тип СПП
Агроурбанизированный	Точечный рисунок на участке светлого тона с четкими, как правило, ровными границами, имеющем упорядоченное ячеистое строение в виде прямоугольников	Садовые участки в Кировском районе, ж.-д. станция Невдубстрой	Агроурбопедекомбинация агроземов торфяно-минеральных окисленно-глеевых и НПО

В БД заложены конкретные количественные и качественные показатели свойств почв: название в соответствии с классификациями в работах (Шишов и др., 2004; Егоров и др., 1977) и с мировой реферативной базой почвенных ресурсов (WRB); формула профиля; агроклиматический район; растительность; рельеф; почвообразующая порода; ландшафт; дифференциация почвы; степень дренированности и гидроморфизма; тип водного режима; мощность горизонта; гранулометрический состав; наличие скелета; тип и содержание гумуса; потери при прокаливании (ППП); реакция среды ( $pH_{H_2O}$ ,  $pH_{KCl}$ ); содержание  $SiO_2$ ,  $SiO_2/R_2O_3$ ,  $N_{общ.}$ ,  $P_2O_5$ ,  $K_2O$ ; гидролитическая кислотность (ГК); сумма поглощенных оснований (S); обменная кислотность (ОК); емкость поглощения (ЕКО); степень насыщенности основаниями (V).

Отдельно хранятся данные полевых обследований почв с привязкой к географической точке и результаты непосредственных измерений и описаний, проводимых на местности. При необходимости могут храниться цифровые копии полевых журналов и другие сопутствующие материалы.

В заданном масштабе карты контуры почв выделялись на уровне типов и подтипов. При мелкоконтурности почвенного покрова (ПП) и для повышения информационной емкости карты были использованы данные по структуре почвенного покрова (СПП). Во всех ландшафтах ЛО встречаются значительные по площади территории с антропогенно-преобразованным ПП, компонентами которых наряду с естественными почвами являются антропогенно-измененные, антропогенные почвы и непочвенные образования (рис. 4). Все разнообразие СПП в антропогенно-преобразованных ландшафтах и на урбанизированных территориях предложено систематизировать по типам в зависимости от характера и степени преобразования в них почв и почвенного покрова.

Выделено 19 типов антропогенно-измененных и антропогенных СПП: агрогенные; агрогенно-мелиоративные; агрогенно-лесные; лесохозяйственные; лесомелиоративные; противопожарно-лесные; рекреационно-лесные; рекреационно-парковые; магистральные (линии ЛЭП, газонефтепроводы); постагрогенные; поствоенные; постлесозаготовительные; транспортные (железнодорожные, автодорожные); агроурбанизированные; урбанизированные; горнодобывающие; торфоразработки. В таблице приведены разработанные их дешифровочные признаки.

В карте заложена информация о наиболее значимых ландшафтных и агропроизводственных свойствах почв (миграции и аккумуляции веществ, признаках



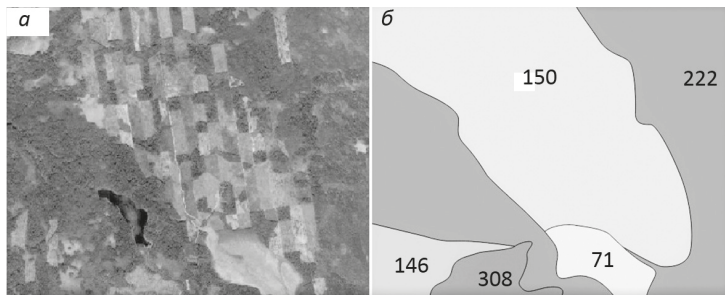


Рис. 4. Снимок BingAerialMaps (а) и фрагмент цифровой почвенной карты участка Подпорожского района ЛО (б):

71 — торфяная эутрофная; 308 — агрозем альфегумусовый; 150 — комбинация дерново-подзолов турбированных и торфяно-подзолов глеевых турбированных; 222 — комбинация дерново-подзолов, торфяно-подзолов глеевых, торфяно-глееземов; 146 — комбинация подзолов глееватых и торфяно-подзолов глеевых

окислительных и восстановительных процессов, содержании азота, фосфора, калия и пр.), признаках антропогенного изменения почвенного профиля (турбации, разрушении, погребении и пр.), антропогенно-преобразованных СПП — площадных (сельскохозяйственных угодьях, мелиорированных землях, вырубках, урбанизированных территориях и пр.), линейных (продуктопроводах, магистралях и пр.), очаговых (карьерах для добычи полезных ископаемых).

При создании легенды ЦПК ЛО использовались классификация и диагностика почв России (КиДПР) (Шишов и др., 2004), авторская классификация почв урбанизированных территорий (Апарин и Сухачева, 2014), типология антропогенно-преобразованных СПП. При выборе цветовой гаммы карты за основу взята шкала красок, широко используемая в отечественной почвенной картографии для естественных почв (Иванов и др., 2014). Все антропогенные СПП и непочвенные образования обозначены оттенками красных цветов, отличных от обозначения естественных почв.

### 2.3. Почвенное разнообразие актуализированной картографической информации

На основе анализа ЦПК ЛО проведена инвентаризация почв и определен систематический список почв и почвенных комбинаций ЛО. Почвы ЛО можно разделить на три группы:

- 1) естественные,
- 2) антропогенно-измененные,
- 3) антропогенные.

К *естественным* относятся почвы, профиль которых не затронут антропогенным влиянием. Для ЛО наиболее характерные естественные почвы — это подзолы, подбуры, дерново-подзолистые, дерново-элювиально-метаморфические, торфяные олиготрофные и эутрофные, торфяно-глеевые, перегнойно-глеевые, аллювиальные серогумусовые, петроземы, псаммоземы, литоземы, карболитоземы.

Выявлено преобладание (более 50 % площади ПП) антропогенно-измененных почв над естественными. *Антропогенно-измененные* почвы — это почвы, горизонты которых изменены человеком. К ним относятся: торфоземы, турбированные, стратифицированные и окисленно-глеевые подтипы естественных почв, агрогенные и постагрогенные почвы. В профиле этих почв могут содержаться признаки урбопедогенеза, сельскохозяйственного использования, мелиорации, механического нарушения горизонтов. Среди антропогенно-измененных преобладают почвы и почвенные комбинации агрогенных почв (более 50 % общей площади антропогенно-измененных почв). На долю турбированных и осушенных почв приходится до 1/3 общей площади антропогенно-измененных почв.

К *антропогенным* относятся почвы, профиль которых сконструирован человеком, так называемые интродуцированные почвы (Апарин и Сухачева, 2014).

В легенде ЦПК ЛО выделено более 50 подтипов естественных почв, 70 подтипов антропогенно-измененных почв, около 100 почвенных комбинаций с естественными почвами и более 200 — с антропогенно-измененными и антропогенными почвами.

Комбинации антропогенно-измененных и естественных почв с НПО занимают около 50 % общего числа почвенных комбинаций. Повсеместно встречаются непочвенные образования (появившиеся в результате добычи полезных ископаемых, заложения трубопроводов, строительства водохранилищ, зданий, сооружений). На территории городов преобладают различные типы урбопедокомбинаций (комбинации антропогенно-преобразованных и антропогенных (интродуцированных) почв с непочвенными образованиями) (Апарин и Сухачева, 2014).

## Заключение

Сочетание современных цифровых технологий и традиционных подходов к картографированию почв на основе новых знаний о формировании почв и почвенного покрова в антропогенно-преобразованных ландшафтах позволило создать новый информационный продукт о ПП ЛО. Цифровая база данных средне-масштабной ЦПК ЛО позволяет использовать заложенную в ней информацию не только как картографическое произведение, но и создавать самые разнообразные пользовательские сервисы, например ГИС в интернете, службы публикации отдельных фрагментов данных на сторонних ресурсах.

На момент создания базы данных и почвенной карты технический доступ к информации имеет ограниченный круг пользователей, даже если передать БД и связанную с ней ГИС на компьютер потенциального потребителя. Ограничения вызваны слишком высоким порогом вхождения, так как для работы с ЦПК требуются: навыки владения QGIS, понимание структуры данных и т. д. Поэтому одна из ближайших перспектив развития — создание пользовательских сервисов доставки данных. В качестве универсального решения такой задачи предлагается создание публичного программного интерфейса на основе архитектуры REST, который посредством стандартных интернет-запросов будет возвращать требуемые данные, их агрегации и производные. Основным клиентом такого программного интерфейса станет веб-портал, посвященный почвам ЛО. Его создание планиру-

ется начать на следующем этапе работ, после полноценной редакции цифровой карты. Веб-портал будет содержать следующие разделы и возможности:

- информационно-справочный раздел, содержащий: общие сведения о почвах ЛО, описания различных типов почв, а также фотографические и прочие мультимедиа-материалы, связанные с почвенным покровом;
- рекомендации, связанные с ведением хозяйственной деятельности в различных частях ЛО, исходя из характеристик почвенного покрова;
- интерактивную веб-карту, предоставляющую доступ к цифровой карте с инструментами навигации по ней, характеристику произвольного участка карты, возможность подключения набора внешних картографических данных (например, публичной кадастровой карты);
- интерфейс для осуществления запросов с получением интерактивных ответов в виде наборов ГИС-данных или статистических таблиц;
- набор метаданных о почвенной или смежной с ней информации, хранящейся на ресурсах других поставщиков, которая может быть интересна пользователям.

Такой веб-портал может стать информационным центром всех знаний о почвах регионального уровня, который будет востребован: органами муниципальной власти, научно-исследовательским сообществом, образовательными учреждениями, а также предпринимателями, занимающимися хозяйственным освоением территории ЛО.

Также возможно, по мере появления потребительских сценариев работы с почвенной информацией, развитие других, более специализированных интерфейсов и средств доступа к информации БД.

Важная продукция, производная от цифровой почвенной карты, — печатные карты для учебных пособий и буклетов, настенного полноформатного исполнения и др. Подготовка такой продукции — отдельная специальная работа, в которой необходимо учитывать все полиграфические проблемы. Особое место здесь занимает настенная полноформатная карта, разработка которой требует отдельной проработки принятой почвенной систематизации, а также а также группировки и типологической генерализации почвенных комбинаций, чтобы обеспечить удобство и эффективность восприятия печатной неинтерактивной версии карты.

## Литература

- Апарин, Б. Ф., Абакумов, Е. В., Касаткина, Г. А., Матинян, Н. Н., Русаков, А. В., Рюмин, А. Г., Сухачева, Е. Ю., 2012. Почвенное картирование. Изд-во Санкт-Петерб. ун-та, Санкт-Петербург.
- Апарин, Б. Ф., Герасимова, М. И., Лебедева, И. И., Тонконогов, В. Д., Сухачева, Е. Ю., 2007. Верификация «Классификации и диагностики почв России» (2004) по коллекции почвенных монолитов Центрального музея почвоведения им. В. В. Докучаева. Почвоведение 40(5), 478–484. URL: <https://doi.org/10.1134/S106422930705002X>
- Апарин, Б. Ф., Касаткина, Г. А., Матинян, Н. Н., Сухачева, Е. Ю., 2007b. Красная книга почв Ленинградской области. Аэроплан, Санкт-Петербург.
- Апарин, Б. Ф., Сухачева, Е. Ю., 2013. Почвенный покров Санкт-Петербурга: «из тьмы лесов и топи блат» к современному мегаполису. Биосфера 5(3), 327–352.
- Апарин, Б. Ф., Сухачева, Е. Ю., 2014. Принципы создания почвенной карты мегаполиса (на примере Санкт-Петербурга). Почвоведение 47(7), 650–661. URL: <https://doi.org/10.1134/S1064229314070035>

- Апарин, Б. Ф., Сухачева, Е. Ю., 2009. Эволюция почв и почвенного покрова мелиорированных земель. Изд-во Санкт-Петербург. ун-та, Санкт-Петербург.
- Гагарина Э. И., Матинян Н. Н., Счастливая Л. С., Касаткина Г. А., 1995. Почвы и почвенный покров Северо-Запада России. Изд-во Санкт-Петербург. ун-та, Санкт-Петербург.
- Егоров, В. В., Фридрих, В. М., Иванова, Е. Н., Розов, Н. Н., Носин, В. А., Фриев, Т. А., 1977. Классификация и диагностика почв СССР. Колос, Москва.
- Иванов, А. Л., Шоба, С. А., Столбовой, В. С., Алябина, И. О., Андроханов, В. А., Вершинин, В. В., Волков, С. Н., Ганжара, Н. Ф., Добровольский, Г. В., Иванов, А. В., Иванова, Е. А., Ильин, Л. И., Карпачевский, М. Л., Кашистанов, А. Н., Киришин, В. И., Колесникова, В. М., Колесникова, Л. Г., Лойко, П. Ф., Манылов, И. Е., Маречек, М. С., Махинова, А. Ф., Молчанов, Э. Н., Прохоров, А. Н., Пягай, Э. Т., Рожков, В. А., Рыбальский, Н. Н., Савин, И. Ю., Самойлова, Н. С., Сапожников, П. М., Сизов, В. В., Суханов, П. А., Урусевская, И. С., Чочаев, А. Х., Шеремет, Б. В., Яковлев, А. С., 2014. Единый государственный реестр почвенных ресурсов России. Версия 1.0. Почвенный ин-т им. В. В. Докучаева, Москва.
- Почвы Ленинградской области, 1973 / Пестряков, В. К. (под ред.). Лениздат, Ленинград.
- Савин, И. Ю., Овечкин С. В., 2014. Об обновлении среднemasштабных почвенных карт. Почвоведение 47(10), 987–994. URL: <https://doi.org/10.1134/S1064229314100111>
- Шишов, Л. Л., Тонконогов, В. Д., Лебедева, И. И., Герасимова, М. И., 2004. Классификация и диагностика почв России. Ойкумена, Смоленск.
- Grunwald, S., 2009. Multi-criteria characterization of recent digital soil mapping and modeling approaches. Geoderma 152(3), 195–207. URL: <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2009.06.003>
- Hartemink, A. E., McBratney, A., Mendonca-Santos, M. L., 2008. Digital soil mapping with limited data. Springer Science+Business Media B.V. URL: [https://doi.org/10.1007/978-1-4020-8592-5\\_1](https://doi.org/10.1007/978-1-4020-8592-5_1)
- McBratney, A. B., Santos, M. L. M., Minasny, B., 2003. On digital soil mapping. Geoderma 117, 3–52. URL: [https://doi.org/10.1016/S0016-7061\(03\)00223-4](https://doi.org/10.1016/S0016-7061(03)00223-4)
- Minasny B., McBratney A. B., 2016. Digital soil mapping: A brief history and some lessons. Geoderma 264, 301–311. URL: <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2015.07.017>.
- Rahmani, S., Strait, M., Merkurjev, D., Moeller, M., & Wittman, T., 2010. An adaptive IHS pan-sharpening method. IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters 7(4), 746–750.

Статья поступила в редакцию 17 июля 2018 г.  
Статья рекомендована в печать 7 декабря 2018 г.

#### Контактная информация:

Сухачева Елена Юрьевна — [lenasoil@mail.ru](mailto:lenasoil@mail.ru)  
 Андреева Татьяна Александровна — [chippo\\_@mail.ru](mailto:chippo_@mail.ru)  
 Казаков Эдуард Эдуардович — [silentdiedie@gmail.com](mailto:silentdiedie@gmail.com)  
 Лазарева Маргарита Александровна — [margoflams@mail.ru](mailto:margoflams@mail.ru)  
 Апарин Борис Федорович — [soilmuseum@bk.ru](mailto:soilmuseum@bk.ru)

### Principles and methods of a digital medium scale soil map creation of the Leningrad region

E. Y. Sukhacheva<sup>1, 2</sup>, B. Fedorovich. Aparin<sup>1, 2</sup>, T. A. Andreeva<sup>1</sup>,  
 E. E. Kazakov<sup>3</sup>, M. A. Lazareva<sup>2, 4</sup>

<sup>1</sup> Institute of Earth Sciences, St. Petersburg State University,  
 7–9, Universitetskaya nab., St. Petersburg, 199034, Russian Federation

<sup>2</sup> V. V. Dokuchaev Central Soil Museum,  
 6, Birzhevoy pr., St. Petersburg, 199034, Russian Federation

<sup>3</sup> Scientific Foundation "Nansen International Environmental and Remote Sensing Center",  
 of. 49, 7, 14<sup>th</sup> Line, Vasilievsky Island, St. Petersburg, 199034, Russian Federation

<sup>4</sup> V. V. Dokuchaev Soil Science Institute,  
 7, building 2, Pyzhyovskiy lane, Moscow, 119017, Russian Federation

**For citation:** Sukhacheva, E. Yu., Aparin B. F., Andreeva, T. A., Kazakov E. E., Lazareva M., A., 2019. Principles and methods of a digital medium scale soil map creation of the Leningrad region. *Vestnik of Saint Petersburg University. Earth Sciences*, 64 (1), 100–113. <https://doi.org/10.21638/spbu07.2019.106> (In Russian)

Principles and methods of a digital medium scale soil map (DSM) creation of the Leningrad region, demonstrating the modern state of soil cover (SC) are told in this article. The base of the DSM creation of the Leningrad region are the following principles: reliability, historicity, data harmonization, complexity, a combination of genetic features and factors, modernity, openness, verification. A database to the DSM of the Leningrad region includes the information about soil diversity, resource potential of the SC, factors of soil cover's differentiation (relief, vegetation, soil forming rocks, climate, anthropogenic activity), morphological construction and soil properties. A complexity GIS-project with different thematic maps and optical satellite data of the high spatial resolution is made. Soil diversity of the Leningrad region (more than 50 natural soil subtypes, 70 anthropogenically changed soil subtypes, about 100 soil combinations with natural soils, more than 200 soil combinations with anthropogenically changed and anthropogenic soils) are demonstrated on the DSM. A predominance of anthropogenic-changed over natural soils is determined. Soils with mixed material of soil horizons and soils with oxidized-gley horizons are wide spread and consist about 1/3 from the total amount of anthropogenically changed soils. Anthropogenically changed, and natural soil combinations with not soil formations consist of about 50 % of the total amount of soil combinations (SC). Different types of urbopedocombinations are dominated in the city territories. A digital soil map of the Leningrad region (1: 200 000 scale) is a scientific base for the regional policy's development of the soil resources' rational using.

**Keywords:** digital medium scale soil map creation, anthropogenically changed soils, a structure of soil cover, soils of the Leningrad region.

## References

- Aparin, B. F., Abakumov, E. V., Kasatkina, G. A., Matinyan, N. N., Rusakov, A. V., Ryumin, A. G., Sukhacheva, E. Yu., 2012. Pochvennoe kartirovanie [Soil mapping]. St. Petersburg University, St. Petersburg. (In Russian)
- Aparin, B. F., Gerasimova, M. I., Lebedeva, I. I., Tonkonogov, V. D., Sukhacheva, E. Yu., 2007. Verifikatsiia «Klassifikatsii i diagnostiki pochv Rossii» (2004) po kollektzii pochvennykh monolitov Tsentral'nogo muzeia pochvovedeniia im. V. V. Dokuchaeva [Verification of the classification and diagnostic system of Russian soils (2004) on the materials of a collection of soil monoliths from the V. V. Dokuchaev Central Soil Museum]. *Pochvovedenie [Eurasian Soil Science]* 40(5), 478–484. URL: <https://doi.org/10.1134/S106422930705002X>. (In Russian)
- Aparin, B. F., Kasatkina, G. A., Matinyan, N. N., Sukhacheva, E. Yu., 2007. Krasnaia kniga pochv Leningradskoi oblasti [Red data soil book of the Leningrad region]. Aeroplan, St. Petersburg. (In Russian)
- Aparin, B. F., Sukhacheva, E. Yu., 2009. Evoliutsiia pochv i pochvennogo pokrova meliorirovannykh zemel' [Evolution of soils and soil cover on the drained lands]. St. Petersburg University, St. Petersburg. (In Russian)
- Aparin, B. F., Sukhacheva, E. Yu., 2014. Printsipy sozdaniia pochvennoi karty megapolisa (na primere Sankt-Peterburga). [Principles of soil mapping of a megalopolis with St. Petersburg as an example]. *Pochvovedenie [Eurasian Soil Science]*, 47(7), 650–661. URL: <https://doi.org/10.1134/S1064229314070035>. (In Russian)
- Aparin B. F., Sukhacheva E. Yu., 2013. Pochvennyi pokrov Sankt-Peterburga: «iz t'my lesov i topi blat» k sovremennomu megapolisu [The soil cover of St. Petersburg: from swampy forests to a modern megalopolis]. *Biosfera* 5(3), 327–352. (In Russian)
- Egorov, V. V., Fridland, V. M., Ivanova, E. N., Rozov, N. N., Nosin, V. A., Friev, T. A., 1977. Klassifikatsiia i diagnostika pochv SSSR [Classification and diagnostics of soils of the USSR]. Kolos, Moscow. (In Russian)

- Gagarina E. I., Matinyan, N. N., Schastnaya L. S., Kasatkina G. A., 1995. Pochvy i pochvennyi pokrov Severo-Zapada Rossii [Soils and soil cover of the North-Western part of Russia]. Izd-vo Petersb. un-ta, St. Petersburg. (In Russian)
- Grunwald, S., 2009. Multi-criteria characterization of recent digital soil mapping and modeling approaches. *Geoderma* 152(3), 195–207. URL: <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2009.06.003>.
- Hartemink, A. E., McBratney, A., Mendonca-Santos, M. L., 2008. Digital soil mapping with limited data. Springer Science+Business Media B.V. URL: [https://doi.org/10.1007/978-1-4020-8592-5\\_1](https://doi.org/10.1007/978-1-4020-8592-5_1).
- Ivanov, A. L., Shoba, S. A., Stolbovoy, V. S., Alyabina, I. O., Androkhanov, V. A., Vershinin, V. V., Volkov, S. N., Ganzhara, N. F., Dobrovol'skiy, G. V., Ivanov, A. V., Ivanova, Ye. A., Il'in, L. I., Karpachevskiy, M. L., Kash-tanov, A. N., Kiryushin, V. I., Kolesnikova, V. M., Kolesnikova, L. G., Loyko, P. F., Manylov, I. Ye., Marechek, M. S., Makhinova, A. F., Molchanov, E. N., Prokhorov, A. N., Pyagay, E. T., Rozhkov, V. A., Rybal'skiy, N. N., Savin, I. YU., Samoylova, N. S., Sapozhnikov, P. M., Sizov, V. V., Sukhanov, P. A., Urusevskaya, I. S., Chochayev, A. KH., Sheremet, B. V., Yakovlev, A. S., 2014. Edinyi gosudarstvennyi reestr pochvennykh resursov Rossii. Versiia 1.0. [Unified state register of soil resources of Russia. Version 1.0.]. Pochvennyi in-t im. V. V. Dokuchaeva, Moscow. (In Russian)
- McBratney, A. B., Santos, M. L. M., Minasny, B., 2003. On digital soil mapping. *Geoderma* 117, 3–52. URL: [https://doi.org/10.1016/S0016-7061\(03\)00223-4](https://doi.org/10.1016/S0016-7061(03)00223-4).
- Minasny B., McBratney A. B., 2016. Digital soil mapping: A brief history and some lessons. *Geoderma* 264, 301–311. URL: <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2015.07.017>.
- Pochvy Leningradskoi oblasti [Soils of the Leningrad region], 1973 / Pestryakov, V. K. (Ed.). Lenizdat, Leningrad. (In Russian)
- Rahmani, S., Strait, M., Merkurjev, D., Moeller, M., & Wittman, T., 2010. An adaptive IHS pan-sharpening method. *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters* 7(4), 746–750.
- Savin, I. Y., Ovechkin, S. V., 2014. Ob obnovenii srednemashtabnykh pochvennykh kart [On the updating of medium-scale soil maps]. *Pochvovedenie [Eurasian Soil Science]* 47 (10), 987–994. URL: <https://doi.org/10.1134/S1064229314100111>. (In Russian)
- Shishov, L. L., Tonkonogov, V. D., Lebedeva, I. I., Gerasimova, M. I., 2004. Klassifikatsiia i diagnostika pochv Rossii [Classification and diagnostics of soils of Russia], Oikumena, Smolensk. (In Russian)

Received: July 17, 2018  
Accepted: December 7, 2018

#### Author's information:

Elena Yu. Sukhacheva — [lenasoil@mail.ru](mailto:lenasoil@mail.ru)  
Boris F. Aparin — [soilmuseum@bk.ru](mailto:soilmuseum@bk.ru)  
Tatyana A. Andreeva — [chippo\\_@mail.ru](mailto:chippo_@mail.ru)  
Eduard E. Kazakov — [silenteddie@gmail.com](mailto:silenteddie@gmail.com)  
Margarita A. Lazareva — [margoflams@mail.r](mailto:margoflams@mail.r)