

УДК 631.4

М.И. Герасимова¹, Ю.А. Головлева², А.М. Лаврова³, П.В. Красильников⁴

КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА ПОЧВЕННОГО РАЗНООБРАЗИЯ ПРИ РАЗНЫХ МАСШТАБАХ ИССЛЕДОВАНИЯ НА ПРИМЕРЕ РЕСПУБЛИКИ КАРЕЛИИ

Методы количественного изучения строения почвенного покрова (педоразнообразия) получили широкое распространение в географии почв в последние годы. Опыт их применения для разных регионов и разной детальности исследования относительно невелик, а выявленные таким образом закономерности не всегда очевидны и определены. Исследование педоразнообразия почвенного покрова Карелии, мелкоконтурного и относительно однообразного, ориентировано на анализ его факторов. Оно имеет известный методологический интерес, как пример относительно простой модели с однозначной диагностикой почв, а также представляет источник информации в области географии почв. Показано, что педоразнообразие увеличивается на крупномасштабных картах по сравнению с картами среднего и мелкого масштабов и сильно зависит от классификации почв, заложенной в основу легенды карты. При переводе единиц легенды из отечественных классификаций в Международную (WRB) индекс разнообразия Шеннона-Винера заметно уменьшается, что отчасти объясняется характером классификаций в связи с их объектами – почвы СССР или России и почвы мира. Очевидно, что для одной страны, даже со сложным и разнообразным почвенным покровом, детальность классификации почв выше.

Ключевые слова: факторы педоразнообразия, карельский ландшафт, подзолы, торфяные почвы

Введение. Неоднородность и сложность состава почвенного покрова, или педоразнообразия, все больше привлекает внимание западных и российских почвоведов [Guo et al., 2003; Pedodiversity, 2013; Ibáñez et al., 2013; Toomanian et al., 2006; Toomanian, Esfandiarpour, 2010; Алябина, 2018; Красильников и др., 2018]. Состав почвенного покрова оценивается на количественном уровне, что существенно для решения прикладных задач природопользования и экологической безопасности, для объективного и адекватного представления о составе почвенного покрова разных территорий, выявления и охраны типичных для разных ландшафтов и «эндемичных» почв.

Методы изучения педоразнообразия заимствованы из биологии и предполагают использование различных показателей-индексов: обилия (богатства) общего или для отдельных видов, разнообразия объектов на определенной территории и другие [Pedodiversity, 2013; Смирнова, Геннадиев, 2017]. По мнению Х.Х. Ибаньеса – одного из создателей идеологии педоразнообразия, на глобальном уровне оно тесно связано с биоразнообразием [Ibáñez, Feoli, 2013], тогда как Х.А. Камарго [Camargo, 1999] призывает к осторожности, подчеркивая различия в подходах к почвам от живых организмов. Характеристики сложности почвенного покрова, геометрических форм и границ ареалов почв образуют ядро теории структуры почвенного покрова В.М. Фридланда [1972], и они частично используются в совре-

менных исследованиях педоразнообразия [Смирнова, Геннадиев, 2017].

Всеми авторами педоразнообразия оценивается по почвенным картам разного масштаба и времени составления, с разными почвенными классификациями в основе легенд, что создает не только определенные трудности, но и известный скептицизм в отношении результатов [Minasny et al., 2009].

Современное состояние вопроса изложено в статьях П.В. Красильникова с соавторами [2018], М.А. Смирновой и А.Н. Геннадиева [2017, 2019]. При оценке педоразнообразия территории учитывается количество почв, соотношения ареалов почв, равномерность их распределения, иногда генетическая контрастность компонентов через «таксономические расстояния». Однако опыт оценок педоразнообразия конкретных территорий приводит исследователей к мысли о субъективном влиянии ряда факторов на их результаты.

Задачей настоящего исследования является рассмотрение двух факторов, определяющих педоразнообразие: (1) размера территории, следовательно, масштаба карты, и (2) используемой в легенде карты почвенной классификации на примере территории с относительно простым, но контрастным и мелкоконтурным почвенным покровом – Республики Карелия.

Объекты и методы исследования. Количественная оценка почвенного разнообразия проводи-

¹ Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова, географический факультет, кафедра геохимии ландшафтов и географии почв, профессор, докт. биол. наук; *e-mail:* maria.i.gerasimova@gmail.com

² Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова, факультет почвоведения, кафедра географии почв, инженер 1 категории; *e-mail:* julango85@gmail.com

³ Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова, факультет почвоведения, кафедра географии почв, инженер 1 категории; *e-mail:* ajsylusafarova@yandex.ru

⁴ Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова, факультет почвоведения, кафедра географии почв, профессор, чл.-корр. РАН; *e-mail:* pavel.krasilnikov@gmail.com

лась по оцифрованным почвенным картам трех масштабов на территорию Восточной Фенноскандии: Республики Карелия с частью Кольского полуострова и Карельским перешейком, Карелии в границах СССР и небольшого участка на юге Карелии. Мелкомасштабной картой (1:2 500 000) была широко известная Почвенная карта РСФСР под редакцией В.М. Фридланда [Почвенная карта РСФСР, 1988]. Среднемасштабной картой послужила авторская почвенная карта Карельской АССР, составленная О.Н. Михайловской в 1951 г. в масштабе 1:500 000. Карта не была опубликована, но на ее основе был разработан соответствующий лист Государственной Почвенной карты СССР. В качестве примера карты крупного масштаба (1:10 000) использовалась уточненная и оцифрованная в 2017 году карта почв окрестностей поселка Малая Гомсельга в Южной Карелии. Карта была получена в результате многолетних работ по изучению почвенного покрова на базе паразитологического стационара Института биологии КарНЦ РАН. Ландшафт, отображенный на карте, типичен для антропогенно нарушенных лесов Южной Карелии.

Методом оценки был принят индекс разнообразия Шеннона–Винера, рассчитанный по площадям, занимаемым почвами – единицами легенды:

$$H = -\sum P_i \times \log_2 P_i,$$

где P_i – доля почв i -й таксономической единицы ($P_i = n_i/N$), n_i – площадь почв i -й таксономической единицы a , N – общая площадь почв.

Легенды карт были основаны на разных почвенных классификациях и, несмотря на известное однообразие почв внутри трех ландшафтных общностей (таежных подзолов, торфяных почв болот и переходных между ними полугидроморфных почв), легенды карт заметно различаются. Легенда мелкомасштабной карты РСФСР [Фридланд и др., 1972] основана на авторской классификации В.М. Фридланда, которая считается предшественницей новой классификации почв России [Герасимова и др., 2019]. На среднемасштабной карте О.Н. Михайловской используется оригинальная авторская группировка почв, тем более что в годы создания карты почвенные классификации еще только разрабатывались. Карта на участок «Гомсельга» была составлена в терминах Классификации и диагностики почв СССР [Классификация ..., 1977] с корректировкой по номенклатуре карты РСФСР 1988 г. Легенда каждой карты была конвертирована в систему названий почв последней версии Международной классификации почв, широко известной как WRB [World Reference Base ..., 2015], и по всем картам с легендами в формате WRB был также подсчитан индекс Шеннона–Винера.

Различия в принципах классификаций, используемых при составлении трех карт, весьма существенны, что не может не влиять на состав единиц легенды. В самом общем виде принципы классификаций можно представить следующим образом. Безусловный приоритет свойств почв характерен для

WRB, он выражен менее отчетливо в легендах карт РСФСР и крупномасштабной; приоритет свойств в сочетании с факторами почвообразования, в том числе антропогенными, очевиден в составе легенды карты О.Н. Михайловской.

Карельские ландшафты и почвы своеобразны и определяются положением на Балтийском кристаллическом щите, сочетанием ледниково-аккумулятивных и ледниково-экскариационных форм рельефа, умеренно холодным и влажным климатом, преобладанием сосновых лесов на моренных грядах, озах и сельгах, обилием озер и разнообразием болот. Почвообразующие породы – супесчаные и песчаные, сильно завалуненные маломощные донные морены богатого минералогического состава, встречаются выходы гранитов и гнейсов. К понижениям приурочены озерно-ледниковые и водно-ледниковые отложения разного гранулометрического состава, соответственно, от тяжелых суглинков до грубозернистых песков. Карелия хорошо изучена географами и почвоведом [Морозова, 1991; Карпачевский, 2007].

Контрастность почвенного покрова довольно велика в силу резких различий условий увлажнения почв на разных элементах рельефа: вершины холмов заняты «сухими» иллювиально-железистыми подзолами, на склонах они сменяются иллювиально-гумусовыми, у подножий склонов торфяно-подзолами, ортандовыми и глееватыми; в низинах подзолы замещаются торфяными почвами. Последние переувлажнены слабо минерализованными грунтовыми водами и/или водами поверхностного стока, обогащенными железом- и алюмо-органическими соединениями. Подобные полугидроморфные и гидроморфные почвы встречаются часто и малыми ареалами. В итоге, чередование невысоких гряд, сельг, холмов, понижений между ними, озерных котловин с ленточными глинами создает мелкоконтурность на почвенных картах. Сами почвы, как подзолы в «классических» катенах, так и разные почвы понижений, не вызывают особых трудностей в генетической интерпретации, следовательно, и в картографировании.

Результаты и обсуждение. Результаты проведенных оценок педоразнообразия по картам разного масштаба, созданным на основе разных классификаций, выявили отчетливые тенденции как в отношении размеров территории картографирования, так и почвенных классификаций. Сравнение величин индекса Шеннона показывает тренд возрастания величины индекса от мелкого к крупному масштабу, более резко выраженный в случае использования отечественных классификаций, чем при конвертации названий почв в систему WRB (табл.).

Зависимость оценок педоразнообразия от размеров территории, следовательно, масштаба исходной карты обсуждалась в ранних работах Х.Х. Ибаньеса, отмечавшего увеличение богатства (педоразнообразия) с ростом площади обследования. Так, Го с соавторами показал, что величины индекса Шеннона, рассчитанные для всей территории США, про-

Т а б л и ц а

Значения индекса Шеннона–Винера для разномасштабных карт и при использовании разных почвенных классификаций

Карты разных масштабов, объекты, годы составления (издания)	Индекс Шеннона–Винера в классификациях	
	российских	международной
1:2.500 000. Республика Карелия + Карельский перешеек, 1988	3,24	3,17
1:500 000 Карело-Финская АССР, 1953	4,18	3,32
1:10 000 Участок Гомсельга, 2017	5,33	3,63

порциональны площадям географических районов – групп штатов [Guo et al., 2003]; аналогичную зависимость «глобального» масштаба – для континентов – описывает Б. Минасни с соавторами [Minasny et al., 2010]. Такое же заключение, т. е. увеличение богатства при увеличении площади, было получено ранее для Фенноскандии [Красильников и др., 2000]. В проведенном исследовании результат оказался противоположным, что, скорее всего, связано с используемыми классификациями и с назначением анализируемых карт: мелкомасштабная карта – обобщенное представление о почвах всей страны; среднемасштабная – первый опыт картографирования территории или сбор информации; крупномасштабная – специальное исследование современными методами с целью количественного анализа свойств почв.

Ранее нами отмечалась существенная разница между показателями разнообразия, полученными по картам Карелии и Финляндии, выполненным в Классификации почв СССР и легенды к почвенной карте мира ФАО-ЮНЕСКО [Красильников и др., 2000]. Различия в принципах классификаций, заложенных в построение легенд этих двух карт, значительно больше различий между классификациями, использованными в данной работе.

Наиболее высокое педоразнообразие выявлено для участка Гомсельга, картографированного в формате российской классификации. Примечательно, что разница между оценками по разным классификациям не очень велика, при этом прослеживается аналогичный тренд в отношении масштаба. Минимальные различия между двумя мелкомасштабными картами в двух классификационных системах объясняются их масштабом, требующим значительной генерализации.

Для всех анализируемых карт величина индекса Шеннона–Винера постоянно ниже в случае конвертации легенды в систему WRB, что объясняется правилами этой классификации, которые вынуждают объединять многие таксономические единицы отечественных систем. В первую очередь, это касается почв на разных породах, которые разнообразны в Карелии: от ленточных глин до моренных щебнистых супесей, песков и скальных выходов, и они дают несколько единиц легенды одного генетического таксона отечественных классификаций (типа или подтипа). Второй причиной большей дроб-

ности деления почв в формате российских систем является вынесение на карту почв низкого таксономического уровня – вида, представляющего количественные характеристики почв, например, подзолы маломощные, среднемощные или мелкие, неглубокие; сильно- и среднеподзолистые почвы. На крупномасштабную карту выносятся и собственно гранулометрический состав – уровень «разновидность», в основном песчаный и супесчаный у подзолов. В результате, комбинаторика видов и разновидностей создает немало единиц легенды, к которым прибавляется еще и деление по генезису пород с указанием их гранулометрического состава.

Повышенное педоразнообразие на крупномасштабной карте можно определить как *количественное и литолого-гранулометрическое*, что полностью соответствует назначению таких карт.

На среднемасштабной карте Карелии рассматриваемой серии почвообразующие породы показаны еще более детально: 14 категорий + «выходы коренных пород». Их комбинаторика с 31 «почвой» обеспечивает высокий уровень педоразнообразия. Совершенно очевидно, что оно отличается от карты Гомсельги большими таксономическими расстояниями между компонентами почвенного покрова за счет подзолистых почв на фоне разнообразных подзолов, болотных и горных почв. Однако эта карта особенно интересна составом антропогенно измененных почв: имеются пахотные и залуженные почвы (подзолистые и подзолисто-болотные), осушенные болотные и даже вторично лесные постпахотные. Можно определить специфику педоразнообразия как *локализованную антропогенно-литогенную*.

Состав почв в легенде мелкомасштабной карты Карелии во многом зависит от концепции карты, разработанной для всей страны, и потому имеет достаточно общий характер, отражающий макрорегиональные особенности почв. Легенда включает еще и дополнительные единицы для части Кольского полуострова и Карельского перешейка. К таким «включенным» почвам можно отнести глееподзолистые, подбуры темные тундровые и буротаежные почвы. Подзолы – «визитная карточка» Карелии, представлены всего тремя единицами легенды против семи на среднемасштабной карте. Показателем неизбежной генерализации по генетическим группам почв может быть количество единиц легенды: 32 против 70–80 на других кар-

тах. Продолжая линию оценки особенностей педоразнообразия, в случае этой карты к нему применимо определение *универсализированное почвенно-генетическое*.

Если вопрос о факторе размера территории может иметь разные объяснения, то в отношении таксономических уровней почв – единиц легенды – ситуация очевидна. Иерархические уровни для крупного масштаба закономерно ниже, что дает много единиц легенды, тогда как для карты масштаба 1:2 500 000 единицы легенды представляют разные генетические группы, которые в формате классификации почв России [2004, 2008] соответствуют типам и отделам, т. е. на 2–3 уровня выше, чем в случае крупного масштаба. Аналогичная закономерность очень четко показана в работе [Guo et al., 2003] для величин индекса Шеннона в американской классификации: в ряду от верхнего уровня (порядков) до пятого (семейства) в целом для США он меняется от 1,96 до 7,36 [Soil Taxonomy, 1999].

Более объективную и полную картину педоразнообразия можно получить, если к расчетам индекса Шеннона–Винера добавить расчеты таксономических расстояний. Они отражают генетическую близость/удаленность почв, свидетельствующую о почвенных процессах и условиях почвообразования практически независимо от классификации. При использовании отечественных классификаций эти почвенно-ландшафтные черты идентифицируются непосредственно по картам, в случае WRB требуется определенная интерпретация, основанная на знании зависимостей между условиями почвообразования и свойствами диагностических горизонтов, материалов и квалификаторов. Легко предположить, что по показателям так-

сономических расстояний объекты исследования будут располагаться в обратном порядке.

Выводы:

– проведенное исследование является одним из примеров реализации количественной оценки педоразнообразия, результаты которого анализируются с позиций традиционной географии почв;

– объект исследования своеобразен как пример территории с многочисленными малыми ареалами преобладающих по площади почв, образующих в педогенетическом плане всего три группы: подзолы, торфяные почвы болот и переходные между ними;

– количественная оценка педоразнообразия по одному наиболее распространенному индексу показала зависимость его величин от принципов используемой в легенде классификации почв и от размеров территории;

– при использовании международной классификации WRB индекс Шеннона–Винера оказывается ниже, чем при использовании отечественных классификаций для объектов изучения близкого размера;

– размеры территории, следовательно, детальность легенды определяют педоразнообразие в аспекте «богатства» – пространственного разнообразия, которое оказалось самым высоким на малом участке с закономерно низким таксономическим уровнем единиц легенды;

– дополнение пространственного аспекта педоразнообразия показателем «таксономические расстояния», представляющим таксономический уровень почв – единиц легенды – целесообразно для демонстрации связей почв через их свойства с ландшафтными особенностями территории.

Благодарности. Работа выполнена за счет гранта РНФ (проект № 17-17-01293).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Алябина И.О. Картографическая оценка разнообразия почв России // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 17. Почвоведение. 2018. № 1. С. 8–15.
- Герасимова М.И., Лебедева И.И., Хитров Н.Б. Развитие базовой классификации почв В.М. Фридланда в классификации почв России / Третья Всероссийская открытая конференция «Почвенные и земельные ресурсы: состояние, оценка, использование» к 100-летию В.М. Фридланда. Москва. 2019. С. 58–62.
- Карначевский Л.О. Лесные почвы Карелии // Почвоведение. 2007. № 7. С. 890–891.
- Классификация и диагностика почв СССР. М.: Колос, 1977. 223 с.
- Красильников П.В., Герасимова М.И., Голованов Д.Л., Коношкова М.В., Сидорова В.А., Сорокин А.С. Почвенное разнообразие и его значение в контексте современной географии почв // Почвоведение. 2018. № 1. С. 3–16.
- Красильников П.В., Лантратова И.М., Старр М. Количественная оценка почвенного разнообразия Фенноскандии // Экологические функции почв Восточной Фенноскандии / Под ред. Т.С. Зверевой. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2000. С. 108–123.
- Морозова Р.М. Лесные почвы Карелии. Л.: Наука, 1991. 184 с.
- Почвенная карта РСФСР. Масштаб 1:2 500 000 / Под ред. В.М. Фридланда. М.: ГУГК, 1988 (скорректированная цифровая версия, 2007).
- Смирнова М.А., Геннадиев А.Н. Количественная оценка почвенного разнообразия: теория и методы исследования // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. Геогр. 2017. № 4. С. 3–11.
- Смирнова М.А., Геннадиев А.Н. Количественная оценка почвенного разнообразия Российской Арктики и Субарктики (по картографическим данным) // Почвоведение. 2019. № 1. С. 43–52.
- Фридланд В.М. Структура почвенного покрова. М.: Мысль, 1972. 424 с.
- Фридланд В.М., Караваева Н.А., Руднева Е.Н. и др. Программа почвенной карты СССР масштаба 1:2 500 000. М.: Почв. ин-т им. В.В. Докучаева, 1972. 160 с.
- Camargo J.A. On the concept of pedodiversity and its measurement. A reply. *Geoderma*, 1999, vol. 93, no. 3–4, p. 339–344.
- Guo Y., Gong P., Amundson R. Pedodiversity in the United States of America. *Geoderma*, 2003, vol. 117, no. 1–2, p. 99–115.
- Ibáñez J.J., Feoli E. Global relationships of pedodiversity and biodiversity. *Vadose Zone Journal*, 2013, vol. 12, no. 3, 7 p.
- Ibáñez J.J., Vargas R.J., Vazquez-Hoehne A. Pedodiversity State of the Art and Future Challenges. *Pedodiversity*. London: CRC press, 2013, p. 1–28.

Minasny B., McBratney A.B., Hartemink A.E. Global pedodiversity, taxonomic distance, and the World Reference Base. *Geoderma*, 2010, vol. 155, no. 3–4, p. 132–139.

Pedodiversity. Ed. J.J. Ibáñez, J. Bockheim, London, CRC press, 2013, 250 p.

Soil Taxonomy. A basic system of soil classification for making and interpreting soils surveys. Agric. Handbook 436, Washington, DC, NRCS UN Dep. Agric, 1999, 869 p.

Toomanian N., Esfandiarpour I. Challenges of pedodiversity in soil science. *Eurasian Soil Science*, 2010, vol. 43, no. 13, p. 1486–1502.

Toomanian N., Jalalian A., Khademi H., Eghbal M.K., Papritz A. Pedodiversity and pedogenesis in Zayandeh-rud Valley, Central Iran. *Geomorphology*, 2006, vol. 81, no. 3–4, p. 376–393. DOI:10.1016/j.geomorph.2006.04.016.

World Reference Base for Soil Resources 2014, update 2015. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. World Soil Resources Report, no. 106. FAO, Rome, 2015, 192 p. <http://www.fao.org/3/i3794en/I3794en.pdf>.

Поступила в редакцию 12.12.2018

После доработки 25.09.2019

Принята к публикации 20.12.2019

**M.I. Gerasimova¹, Yu.A. Golovleva²,
A.M. Lavrova³, P.V. Krasilnikov⁴**

QUANTITATIVE ASSESSMENT OF SOIL DIVERSITY AT DIFFERENT SCALES OF STUDY (CASE STUDY IN THE REPUBLIC OF KARELIA)

Recently the quantitative methods became popular in soil geography to study the structure of soil cover tackled as pedodiversity. The experience gained in their application to different territories and at different scales is not large yet, and the regularities revealed are not always obvious and unambiguous. The study of pedodiversity in the Republic of Karelia with its rather monotonous small-contour soil cover is targeted at the analysis of pedodiversity factors. It is of considerable methodological interest as an example of rather simple model with definitive soil diagnostics, and also a source of data in soil geography. Pedodiversity is shown to be higher when calculated basing on large-scale maps versus small- and medium-scale ones, and it strongly depends on soil classification applied for the soil map legend. When soil names are transferred from classification systems used in Russia to the International (WRB) system the Shannon-Wiener index becomes lower. This could be partly attributed to the nature of classification systems in relation to their objects, i.e. soils of the USSR or Russia and soils of the world. It is obvious that soils of one country, even with a complicated and variegated soil cover, require more detailed classification.

Key words: factors of pedodiversity, Karelian landscape, podzols, peat soils Histosols

Acknowledgements. The research was financially supported by the Russian Science Foundation (project № 17-17-01293).

REFERENCES

Alyabina I.O. Kartograficheskaya ocenka raznoobraziya pochv Rossii [Cartographic assessment of soil diversity in Russia]. *Vestn. Mosk. un-ta*, Ser. 17, Pochvovedenie, 2018, no. 1, p. 8–15. (In Russian)

Camargo J.A. On the concept of pedodiversity and its measurement. A reply. *Geoderma*, 1999, vol. 93, no. 3–4, p. 339–344.

Fridland V.M. Struktura pochvennogo pokrova [The structure of the soil cover]. Moscow, Mysl' Publ., 1972, 424 p. (In Russian)

Fridland V.M., Karavaeva N.A., Rudneva E.N. et al. Programma pochvennoj karty SSSR masshtaba 1:2 500 000 [The program of the USSR soil map scale 1:2 500 000]. Moscow, Dokuchaev Soil Institute Publ., 1972, 160 p. (In Russian)

Gerasimova M.I., Lebedeva I.I., Khitrov N.B. Razvitie bazovoy klassifikazii pochv Fridlanda v Klassifikazii pochv Rossii [Development of basic soil classification by V.M. Fridland in the Classification of soils of Russia] / Tretia Vserossiyskaya otkrytaya

konferentzia «Pochvy i zemel'nye resursy» k 100-letiyu so dnya rozhdeniya V.M. Fridlanda, Moscow, 2019, 72–75.

Guo Y., Gong P., Amundson R. Pedodiversity in the United States of America. *Geoderma*, 2003, vol. 117, no. 1–2, p. 99–115.

Ibáñez J.J., Vargas R.J., Vazquez-Hoehne A. Pedodiversity State of the Art and Future Challenges. *Pedodiversity*, London, CRC press, 2013, p. 1–28.

Ibáñez J.J., Feoli E. Global relationships of pedodiversity and biodiversity. *Vadose Zone Journal*, 2013, vol. 12, no. 3, 7 p.

World Reference Base for Soil Resources 2014, update 2015. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. World Soil Resources Report, no. 106. FAO, Rome, 2015, 192 p. <http://www.fao.org/3/i3794en/I3794en.pdf>.

Karpachevskij L.O. Lesnye pochvy Karelii [Forest soils of Karelia]. *Pochvovedenie*, 2007, no. 7, p. 890–891. (In Russian)

¹ Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Department of Landscape Geochemistry and Soil Geography, Professor, D.Sc. in Biology; *e-mail:* maria.i.gerasimova@gmail.com

² Lomonosov Moscow State University, Faculty of Soil Science, Department of Soil Geography, Engineer of 1 category; *e-mail:* julango85@gmail.com

³ Lomonosov Moscow State University, Faculty of Soil Science, Department of Soil Geography, Engineer of 1 category; *e-mail:* ajsylusafarova@yandex.ru

⁴ Lomonosov Moscow State University, Faculty of Soil Science, Department of Soil Geography, Professor D.Sc., Corresp. member. RAS. in Biology; *e-mail:* pavel.krasilnikov@gmail.com

Klassifikatsiya i diagnostika pochv SSSR [Classification and diagnostics of soils of the USSR]. Moscow, Kolos Publ., 1977, 223 p. (In Russian)

Krasil'nikov P.V., Gerasimova M.I., Golovanov D.L., Konjushkova M.V., Sidorova V.A., Sorokin A.S. Pochvennoe raznoobrazie i ego znachenie v kontekste sovremennoj geografii pochv [Soil diversity and its importance in the context of modern soil geography]. *Pochvovedenie*, 2018, no. 1, p. 3–16. (In Russian)

Krasil'nikov P.V., Lantratova I.M., Starr M. Kolichestvennaja ocenka pochvennogo raznoobrazija Fennoskandii [Quantitative assessment of soil diversity of Fennoscandia] *Ekologicheskie funkcii pochv Vostochnoj Fennoskandii*, Ed. T.S. Zverevoy, Petrozavodsk, Karelian Science Center RAS, 2000, p. 108–123. (In Russian)

Minasny B., McBratney A.B., Hartemink A.E. Global pedodiversity, taxonomic distance, and the World Reference Base. *Geoderma*, 2010, vol. 155, no. 3–4, p. 132–139.

Morozova R.M. Lesnye pochvy Karelii [Forest soils of Karelia]. Leningrad, Nauka Publ., 1991, 184 p. (In Russian)

Pedodiversity. Ed. J.J. Ibáñez, J. Bockheim. London, CRC press, 2013, 250 p.

Pochvennaja karta RSFSR. Masshtab 1:2 500 000 [Soil map of the RSFSR. Scale 1:2 500 000] Ed. V.M. Fridland. Moscow, State Administration of Geodesy and Cartography, 1988 (revised digital version, 2007). (In Russian)

Smirnova M.A., Gennadiev A.N. Kolichestvennaya ocenka pochvennogo raznoobrazija: teoriya i metody issledovaniya [Quantitative assessment of soil diversity: theory and research methods]. *Vestn. Mosk. un-ta*, Ser. 5, Geogr., 2017, no. 4, p. 3–11. (In Russian)

Smirnova M.A., Gennadiev A.N. Kolichestvennaya ocenka pochvennogo raznoobrazija Rossiyskoi Arktiki i Subarktiki (po kartograficheskim dannym) [Quantitative assessment of soil diversity of Russian Arctic and Sub-Arctic using cartographic data]. *Pochvovedenie*, 2019, no. 1, p. 43–52. (In Russian)

Soil Taxonomy. A basic system of soil classification for making and interpreting soils surveys. Agric. Handbook 436, Washington, DC, NRCS UN Dep. Agric, 1999, 869 p.

Toomanian N., Esfandiarpour I. Challenges of pedodiversity in soil science. *Eurasian Soil Science*, 2010, vol. 43, no. 13, p. 1486–1502.

Toomanian N., Jalalian A., Khademi H., Eghbal M.K., Papritz A. Pedodiversity and pedogenesis in Zayandeh-rud Valley, Central Iran. *Geomorphology*, 2006, vol. 81, no. 3–4, p. 376–393. DOI:10.1016/j.geomorph.2006.04.016.

World Reference Base for Soil Resources 2014, update 2015. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. World Soil Resources Report, no. 106, FAO, Rome, 2015, 192 p. <http://www.fao.org/3/i3794en/i3794en.pdf>.

Received 12.12.2018

Revised 25.09.2019

Accepted 20.12.2019