

УДК 550.4:504.53

ХАРАКТЕРИСТИКА СОСТАВА ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЫ ОНЕЖСКОГО РАЙОНА

Кузнецова И.А., Мироненко К.А., Бедрина Д.Д.

ФГБУН «Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики
им. академика Н.П. Лаврова» РАН, Архангельск, e-mail: kia.iepn@gmail.com

С применением современного оборудования и общепринятых методик впервые охарактеризован состав и физико-химические свойства диагностических горизонтов подзолистой почвы Онежского района Архангельской области. Показано, что наибольшее содержание органического вещества характерно для грубогумусового горизонта, наименьшее – для подзолистого и иллювиально-железистого. Содержание подвижной формы фосфора убывает в ряду: грубогумусовый горизонт, иллювиально-железистый горизонт, подзолистый горизонт. В иллювиально-железистом горизонте характерно накопление Mg, Ca, Al и Fe, а в подзолистом наблюдается снижение содержания Ca, Fe и Mg и увеличение содержания Si и Al, что согласуется с общими закономерностями формирования элементного состава подзолов. Впервые дано описание цвета сухой и влажной почвы с использованием цветовой шкалы почв Манселла. Цвет влажной почвы (по шкале Манселла): грубогумусовый горизонт 2,5/1 10R Reddish black, подзолистый горизонт 4/4 7,5R Brown, иллювиально-железистый 6/2 10 YR Light brownish gray. Дана оценка фракционного состава исследуемых почв. Наличие неотделяемых неразложившихся растительных остатков и песка в составе грубогумусового горизонта проявляется в значительной доле фракций 2–10 мм и 100–250 мкм соответственно. Для иллювиально-железистого горизонта, как и для подзолистого горизонта, характерно преобладание фракций 100, 250 и 45 мкм, при этом самые мелкие фракции преобладают в составе подзолистого горизонта, что можно объяснить процессами разрушения структур почвы в ходе подзолообразования. В ходе катенарного исследования подтверждено влияние типа элементарного ландшафта на элементный состав и мощность диагностических горизонтов подзолистой почвы.

Ключевые слова: северная тайга, альфегумусовые почвы, элементарный ландшафт

CHARACTERISTICS OF THE COMPOSITION OF PODZOLIC SOIL OF ONEGA REGION

Kuznetsova I.A., Mironenko K.A., Bedrina D.D.

N. Laverov Federal Center for Integrated Arctic Research RAS, Arkhangelsk, e-mail: kia.iepn@gmail.com

Applying modern equipment and widely accepted methods, the composition and physicochemical properties of the diagnostic horizons of the podzolic soil of the Onega region of the Arkhangelsk oblast were characterized for the first time. It is shown that the highest content of organic matter is characteristic of the coarse-humus horizon, the smallest – for the podzolic and illuvial-glandular. The content of the mobile form of phosphorus decreases in a row: coarse-humus horizon, illuvial-glandular horizon, podzolic horizon. Accumulation of Mg, Ca, Al, and Fe is characteristic in the illuvial-glandular horizon, while in the podzolic layer, a decrease in the content of Ca, Fe, and Mg and an increase in the content of Si and Al are observed. Description of the color of soil is given using the Mansell soil color scale, coarse-humus horizon – Reddish black, podzolic horizon – Brown, illuvial-glandular – Light brownish gray. The fractional composition of the studied soils is estimated. The presence of inseparable undecomposed plant debris and sand in the coarse-humus horizon is manifested in a significant fraction of fractions of 2-10 mm and 100-250 μm, respectively. The illuvial-glandular horizon, as well as the podzolic horizon, is characterized by a predominance of fractions of 100, 250, and 45 μm, while the smallest fractions prevail in the composition of the podzolic horizon. During the catenary research, the effect of the type of elementary landscape on the elemental composition and thickness of the diagnostic horizons of podzolic soil was established.

Keywords: northern taiga, alphehumus soils, elementary landscape

Подзолистые почвы преобладают на песчаных отложениях территорий, где среднегодовое количество осадков превышает 700 мм, и насчитывают приблизительно 485 млн га во всем мире. Они распространены в основном в умеренных и бореальных регионах Северного полушария: Скандинавии, на северо-западе России и в Канаде. Помимо «зональных» подзолов, встречаются и «внутризональные» подзолы как в умеренной зоне, так и в тропиках. Большинство зональных подзолов сформированы под пологом хвойно-доминирую-

щих растительных сообществ. Онежский район Архангельской области расположен на южной границе подзоны глееподзолистых и подзолистых иллювиально-гумусовых почв Северной тайги Европейско-западно-сибирской таежно-лесной области подзолистых и дерново-подзолистых почв, в почвенном покрове которой широко распространены глееподзолистые почвы на суглинистых породах, Al-Fe-гумусовые подзолы на песчаных отложениях в сочетании с болотно-подзолистыми и торфяно-болотными почвами [1]. Для Архангельской об-

ласти характерно преимущественное распространение подзолов и подзолистых почв (67%) [2], однако данных о составе и свойствах почв области недостаточно.

В условиях нарастающего промышленного освоения северных территорий и трансграничного загрязнения немаловажным представляется установление состава и свойств наиболее распространенных типов почв как важного компонента окружающей среды, участвующего в накоплении и перераспределении загрязняющих веществ, в том числе тяжелых металлов.

Цель исследования: характеристика состава подзолистой почвы Онежского района Архангельской области.

Материалы и методы исследования

Исследованию были подвергнуты почвы елово-соснового леса, отобранные в соответствии с ГОСТ 17.4.4.02-84 [3] в Онежском районе Архангельской области в сосново-еловом лесу на склоне холма (N63°50.114' E38°25.003' – N63°50.338' E38°24.948') осенью 2017 г. путем однократного отбора (рис. 1). Отбор проб производили таким образом, чтобы лицевая сторона почвенного профиля открывалась на наиболее освещенную восточную сторону для описания морфологического строения и определения цвета влажной почвы. Подготовка проб к последующему анализу включала высушивание до воздушно-сухого состояния и удаление неразложившихся остатков растений. Определение гранулометрического состава почвы осуществляли ситовым методом с применением аналитической просеивающей машины серии Retsch AS 200 Control в соответствии с инструкцией. Элементный состав почв был определен методом рентгено-флуоресцентного анализа с помощью энергодисперсионного рентгенфлуоресцентного спектрометра типа EDX (Shimadzu) в соответствии

с аттестованной методикой рентгено-флуоресцентного анализа [4]. Подготовка проб к анализу включала дополнительное измельчение в шаровой мельнице до фракции примерно 71 мкм и таблетирование с использованием поливинилового спирта в качестве связующего. Содержание органического вещества, подвижного фосфора и общего азота в почве определяли по ГОСТ 26213-91, ГОСТ Р 54650-2011 и ГОСТ 26107-84 [5–7] соответственно в аккредитованной испытательной лаборатории. С помощью цветовой шкалы почв Манселла (версии 2009 г.) [8] определяли цвет влажной почвы при прямом естественном освещении в соответствии с методикой [9]. ИК-спектры высушенных и измельченных в агатовой ступке проб записаны с использованием ИК-Фурье-спектрометра Vertex 70 (Bruker, Германия) и приставки нарушенного полного внутреннего отражения с алмазной призмой GladiATR (Pike Tech., USA). В качестве фона использовался атмосферный воздух.

Результаты исследования и их обсуждение

В геологическом плане территория исследования расположена в пределах Нижне-Онегорецкой депрессии, а в морфологическом плане на слабоволнистой равнине, сложенной песчано-глинистыми отложениями. Почвы района исследования сформированы на морских четвертичных отложениях (литологический состав – песок), что обеспечивает их промывной режим и формирование подзолов. Характеристика состава и свойств почвы приведены в таблице и на рис. 2, морфологическое строение профилей почвы приведено на рис. 3. Исследованные профили почвы имеют строение В-Е-ВНФ-С, характерное для подзолов, сформированных в автоморфных условиях на песчаных породах, и различается мощностью выделенных диагностических профилей.

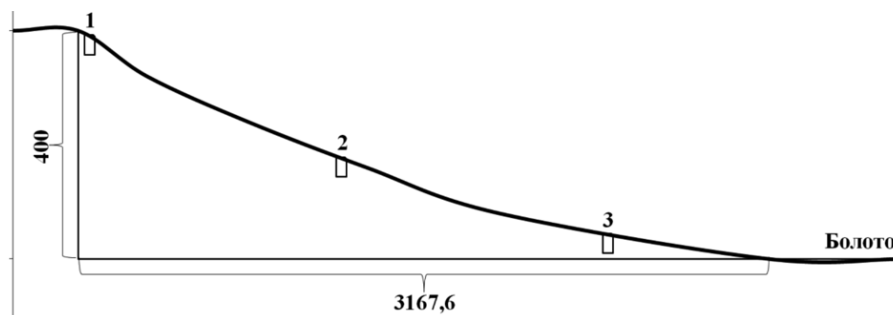


Рис. 1. Точки отбора проб на склоне холма: 1 – профиль № 1, 2 – профиль № 2, 3 – профиль № 3

Наибольшее содержание органического вещества характерно для грубогумусового горизонта ($53,4 \pm 1,6\%$), наименьшее – для подзолистого ($0,41 \pm 0,08\%$) и иллювиально-железистого ($0,46 \pm 0,09\%$). Содержание подвижной формы фосфора убывает в ряду: грубогумусовый горизонт (174 ± 35 мг/кг), иллювиально-железистый горизонт (83 ± 17 мг/кг), подзолистый горизонт ($1,00 \pm 0,35$ мг/кг) (таблица). Содержание питательных веществ в подзолах низкое вследствие высокой степени выщелачивания. Питательные вещества растений сосредоточены в верхнем, грубогумусовом горизонте, где они высвобождаются в результате разложения органических остатков. Накоплению фосфора в иллювиально-железистом горизонте способствует возможность формирования железо- или алюмосиликатов.

Анализ распределения частиц почвы по фракциям (рис. 2) показал преобладание крупной фракции в составе грубогумусового горизонта, что объясняется наличием

слаборазложившихся растительных остатков. Разложение органических веществ и гомогенизация грубогумусового горизонта подзолистой почвы происходят под воздействием ферментной системы грибов, мелких членистоногих и насекомых.

Продуктом продолжительного процесса разложения становятся гумусовые кислоты, способствующие миграции питательных элементов вниз по профилю почвы. Для грубогумусового горизонта наблюдается увеличение массы частиц размером 100–250 мкм в связи с наличием в его составе песчаной фракции, которая также может формировать агрегаты с участием органического вещества. Для иллювиально-железистого горизонта, как и для подзолистого горизонта, характерно преобладание фракций 100, 250 и 45 мкм, при этом самые мелкие фракции преобладают в составе подзолистого горизонта, что можно объяснить процессами разрушения структур почвы в ходе подзолообразования.

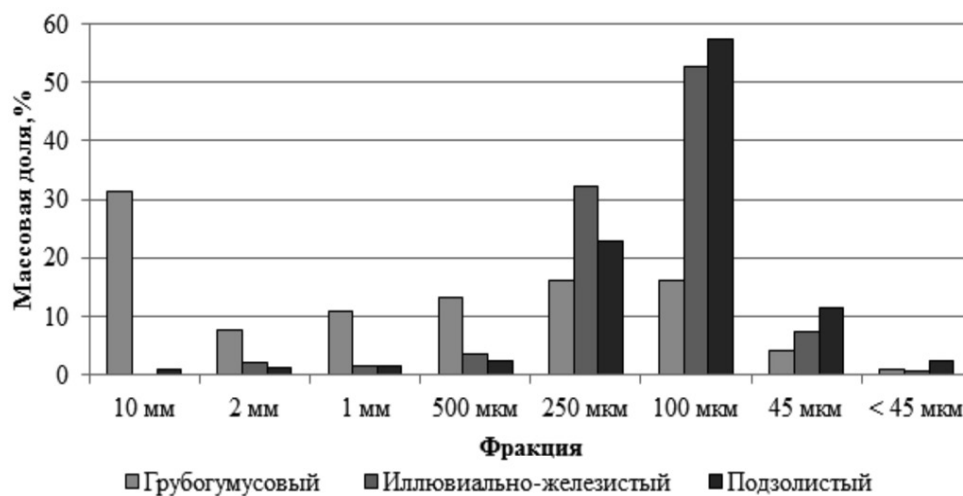


Рис. 2. Распределение частиц почвы по фракциям

Характеристика состава и свойств подзолистой почвы

Показатель	Грубогумусовый горизонт	Подзолистый горизонт	Иллювиально-железистый горизонт
Органическое вещество, %	$53,4 \pm 1,6$	$0,41 \pm 0,08$	$0,46 \pm 0,09$
Фосфор (подвижная форма), мг/кг	174 ± 35	$1,00 \pm 0,35$	83 ± 17
Общий азот, %	–	$0,017 \pm 0,010$	$0,014 \pm 0,010$
Цвет сухой почвы (по шкале Манселла)	2,5/1 7,5YR Black	5/8 10YR Yellowish brown	8/1 2,5Y White
Цвет влажной почвы (по шкале Манселла)	2,5/1 10R Reddish black	4/4 7,5R Brown	6/2 10 YR Light brownish gray

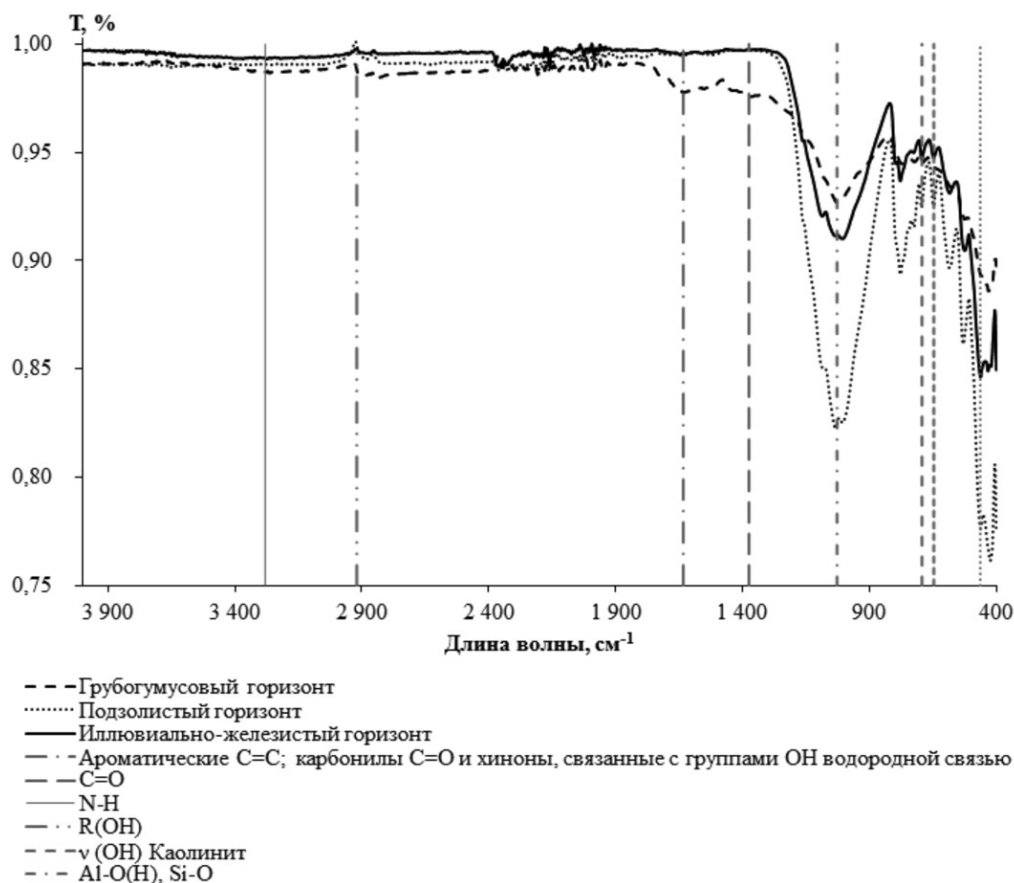


Рис. 3. ИК-спектры образцов почвы

Анализ ИК-спектров исходных горизонтов почвы показал присутствие характерных полос Al-O-Al, Si-O, O-Si-O, ярко выраженных для подзолистого, иллювиально-железистого и, в меньшей степени, грубогумусового горизонтов почв, соответствующих их минеральной составляющей (рис. 3). ИК-спектры подзолистого и грубогумусового горизонтов имеют полосу поглощения в районе 462 см⁻¹, свидетельствующую о наличии оксидов железа. Минеральная составляющая может принимать участие в иммобилизации катионов путем ионного обмена (за счет групп Al-O(H)) и сорбции на положительно заряженных участках дефектных кристаллических решеток. Для грубогумусового горизонта характерным является наличие органических кислородсодержащих групп в составе почвенных компонентов (характеристическая полоса поглощения 1030 см⁻¹), присутствие характерных полос ионизированных -COO⁻ групп (1370 см⁻¹)

и C=C ароматических структур (1600 см⁻¹), что позволяет предположить взаимодействие органической составляющей почвы с ионами металлов по механизмам ионного обмена и комплексообразования.

Отношение интенсивностей характерных полос поглощения длин волн 1730 и 1620 см⁻¹ составило 1,0080; 1,0007 и 1,0014 для грубогумусового, подзолистого и иллювиально-железистого горизонта соответственно. Это свидетельствует о большем числе протонированных карбоксильных групп в составе компонентов, слагающих грубогумусовый и иллювиально-железистый горизонты, в то время как в подзолистом карбоксильные группы компонентов преимущественно связаны с катионами.

Катенарное исследование состава подзолистой почвы, сформированной на склоне холма, позволило выявить миграционные процессы в элементарном ландшафте. Они нашли свое отражение в строении и составе диагностических профилей почвы:

на вершине холма преобладают процессы вымывания элементов и органического вещества, что приводит к формированию диагностических профилей разной мощности (рис. 4). Осаждение продуктов выветривания из органогенного горизонта обычно приводит к разной степени цементации слоев в пределах профиля почвы. Эти цементированные слои могут образовывать барьеры для вертикального проникновения корней деревьев и воды, что приводит к водонасыщенности слоя выше цементированного слоя. Нарастание мощности иллювиально-железистого горизонта в нижней части склона может привести к формированию водоупора и, в дальнейшем, оторфовыванию почвы.

Анализ содержания элементов в почве показал, что в иллювиально-железистом го-

ризонте наблюдается накопление Mg, Ca, Al и Fe, а в подзолистом – снижение содержания Ca, Fe и Mg и увеличение содержания Si и Al, что согласуется с общими закономерностями формирования элементного состава подзолов [10]. Преобладание Al в подзолистом горизонте обусловлено наличием в Онежском регионе алевритов, к которым относятся полевые шпаты, содержащие в своем составе нерастворимые соединения с Al (рис. 5) [11].

Катенарное исследование показало влияние типа элементарного ландшафта на элементный состав и мощность диагностических горизонтов формирующихся в нем почв. Наблюдается вымывание легко растворимых элементов из подзолистого горизонта и накопление их в подстильно-торфяном и иллювиально-железистом горизонтах.

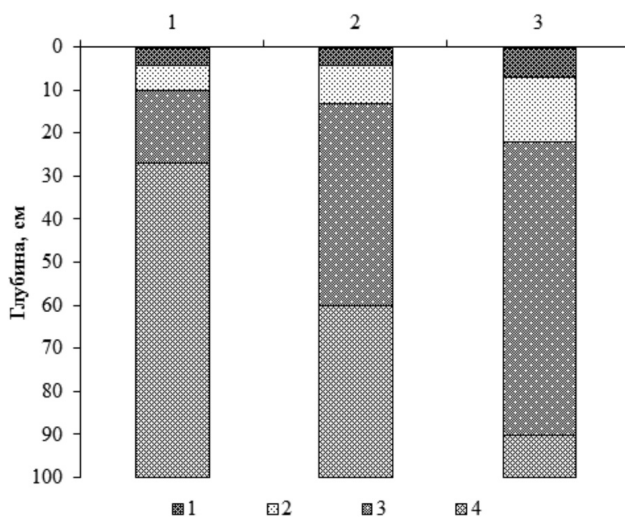


Рис. 4. Схема строения почвенных профилей: 1 – грубогумусовый, 2 – подзолистый, 3 – иллювиально-железистый горизонт, 4 – материнская порода

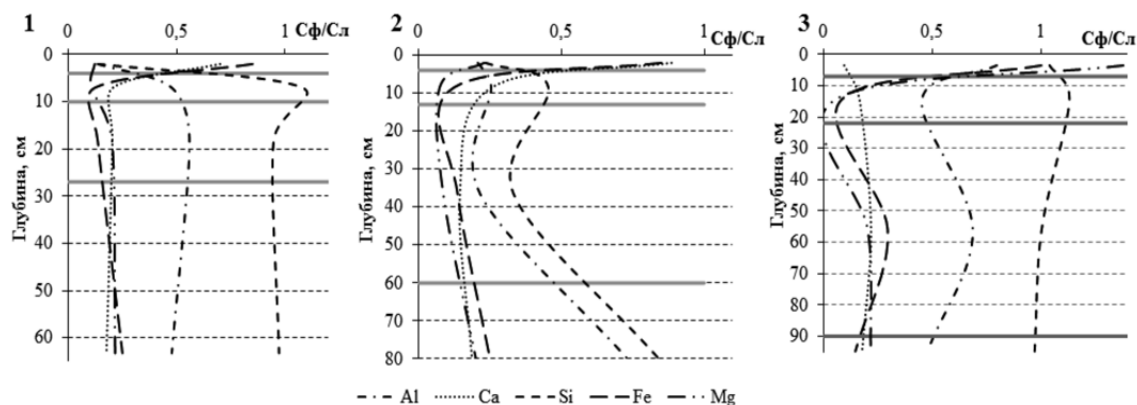


Рис. 5. Схема распределения относительного содержания элементов в профилях № 1, № 2, № 3

Выводы

С применением современного оборудования и общепринятых методик впервые охарактеризован состав и физико-химические свойства диагностических горизонтов подзолистой почвы Онежского района Архангельской области. Показано, что наибольшее содержание органического вещества характерно для грубогумусового горизонта, наименьшее – для подзолистого и иллювиально-железистого. Содержание подвижной формы фосфора убывает в ряду: грубогумусовый горизонт, иллювиально-железистый горизонт, подзолистый горизонт. В иллювиально-железистом горизонте характерно накопление Mg, Ca, Al и Fe, а в подзолистом наблюдается снижение содержания Ca, Fe и Mg и увеличение содержания Si и Al, что согласуется с общими закономерностями формирования элементного состава подзолов. Исследование структуры почв методом ИК-спектроскопии показало наличие двух групп активных центров связывания катионов металлов, характерных для органических и минеральных компонентов почвы. Впервые дано описание цвета сухой и влажной почвы с использованием цветовой шкалы почв Манселла. Фракционный состав почв отражает процесс подзолообразования: в грубогумусовом горизонте преобладают крупные фракции (соответствует медленному разложению растительных остатков), для подзолистого горизонта характерно максимальное количество мелких фракций (соответствует процессу разрушения и вымывания минеральной и органической составляющей), в подзолистом наблюдается укрупнение частиц за счет цементирования их Fe-гуминовыми комплексами. В ходе катенарного исследования подтверждено влияние типа элементарного ландшафта на элементный состав и мощность диагностических горизонтов подзолистой почвы. Полученные сведения могут найти свое применение в целях мониторинга подзолистых почв Онежского района, информация о химическом составе может быть полезна при прогнозировании удерживающей способности почв по отношению к катионам, в том числе тяжелых металлов.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-35-00552. Работа выполнена с использованием оборудования Центра

коллективного пользования научным оборудованием «Арктика» Северного (Арктического) федерального университета.

Список литературы / References

1. Пшеничников Б.Ф., Пшеничникова Н.Ф. Основы почвоведения и географии почв. Владивосток: Изд. ВГУЭС, 2006. 200 с.
2. Pshenichnikov B.F., Pshenichnikova N.F. Fundamentals of soil science and soil geography. Vladivostok: Izd. VGUES, 2006. 200 p. (in Russian).
3. Геоинформационная система «Атлас земель сельскохозяйственного назначения», Почвенный институт им. В.В. Докучаева. Москва, 2014. [Electronic resource]. URL: <http://atlas.mcx.ru/materials/egrpr/content/adm/adm29.html> (дата обращения: 20.11.2019).
4. Geographic Information System «Atlas of Agricultural Land», Soil Institute V.V. Dokuchaev. Moscow, 2014. [Electronic resource]. URL: <http://atlas.mcx.ru/materials/egrpr/content/adm/adm29.html> (date of access: 20.11.2019) (in Russian).
5. ГОСТ 17.4.4.02-84. Охрана природы. Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа. Введ. 01.01.1986. М.: Стандартинформ, 2016. 12 с.
6. М-02-0203-09. Методика выполнения измерений массовой доли натрия, кремния, кальция, титана, ванадия, хрома, бария, марганца, железа, никеля, меди, цинка, стронция, свинца, циркония, молибдена, алюминия, магния в порошковых пробах почв и донных отложениях рентгеноспектральным методом с применением энергодисперсионных рентгенфлуоресцентных спектрометров типа EDX фирмы Shimadzu. СПб., 2009. 20 с.
7. ГОСТ 26213-91. Почвы. Методы определения органического вещества. Введ. 01.07.1993. М.: Стандартинформ, 1992. 8 с.
8. ГОСТ Р 54650-2011 Почвы. Определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Кирсанова в модификации ЦИНАО. Введ. 01.01.2013. М.: Стандартинформ, 2013. 12 с.
9. ГОСТ 26107-84. Почвы. Методы определения общего азота. Введ. 01.01.1985. М.: Стандартинформ, 2018, 11 с.
10. Munsell soil-color charts: with genuine Munsell color chips. Michigan: Munsell Color (Firm). 2017, 14 p.
11. Field Book for Describing and Sampling Soils, version 3.0. Natural Resources Conservation Service. 2012. [Electronic resource]. URL: https://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/nrcs142p2_052523.pdf (date of access: 20.11.2019).
12. Жангуров Е.В., Старцев В.В., Дубровский Ю.А., Дымов А.А. Эколого-генетические особенности формирования иллювиально-железистых подзолов горной ландшафтной зоны приполярного Урала // Актуальные проблемы биологии и экологии: материалы XXIV Всероссийской молодежной научной конференции. 3-7 апреля 2017 г. Сыктывкар, 2017. С. 88-92.
13. Zhangurov E.V., Startsev V.V., Dubrovsky J.A., Dymov A.A. Ecological and genetic features of the formation of the illuvial glandular podzols of the mountain landscape zone of the polar Urals // Aktual'nyye problemy biologii i ekologii: materialy XXIV Vserossiyskoy molodezhnoy nauchnoy konferentsii. 3-7 aprelya 2017 g. Syktyvkar, 2017. P. 88-92 (in Russian).
14. Атлас Архангельской области: геологическая карта. М.: Научно-редакционная картосоставительная часть ГУГК, 1976. 1 к. (2 л.): цв.
15. Atlas of the Arkhangelsk oblast: geological map. M.: Nauchno-redakcionnaya kartosostavitel'naya chast' GUGK, 1976. 1 k. (2 l.): tsv. (in Russian).