УДК 911.52 Вестник СПбГУ. Науки о Земле. 2020. Т. 65. Вып. 2

Ландшафтообразующая роль рельефа в формировании состава лесов юго-западной части Московской области*

Н. Г. Беляева[1,2], Р. Б. Сандлерский[2], Т. В. Черненькова[1,2]

[1] Институт географии Российской академии наук,
Российская Федерация, 119017, Москва, Старомонетный пер., 29

[2] Институт проблем экологии и эволюции им. А. Н. Северцова Российской академии наук,
Российская Федерация, 119071, Москва, Ленинский пр., 33

Для цитирования: Беляева, Н. Г., Сандлерский, Р. Б., Черненькова, Т. В. (2020). Ландшафтообразующая роль рельефа в формировании состава лесов юго-западной части Московской области. *Вестник Санкт-Петербургского университета. Науки о Земле*, 65 (2), 362–376. https://doi.org/10.21638/spbu07.2020.208

Лесной покров Московской области сильно изменен в связи с длительной историей хозяйственного освоения и активным созданием лесных культур. В результате современный состав и пространственная дифференциация типов лесных сообществ не полностью зависят от природных условий, а во многом именно от деятельности человека. Встает вопрос: сохранилось ли влияние природных ландшафтообразующих факторов на современные леса региона? В работе оценивается роль рельефа в формировании состава современного лесного покрова и дифференциации типов сообществ на территории юго-западного Подмосковья. Рельеф, являясь ключевым ландшафтообразующим фактором, определяет условия местообитаний лесных сообществ. Для равнинных территорий связь изменений поверхности рельефа и состава лесов мало исследована, хотя зависящие от рельефа условия экотопов всегда принимались во внимание. В работе формы рельефа выделены по морфометрическим переменным и наделены качественными ландшафтными характеристиками. В геоморфологическом районе Клинско-Дмитровской гряды выделено 5 мезоформ рельефа: *водораздельная поверхность, моренные всхолмления, ложбины стока талых ледниковых вод, надпойменные террасы и поймы*, а также *крутые склоны долин и оврагов*. Оценена приуроченность к ним типов лесных сообществ, которые представлены группами ассоциаций эколого-фитоценотической классификации (16 синтаксонов). Проведен картографический анализ геоботанической карты и карты мезоформ рельефа и статистически оценена встречаемость типа лесного сообщества в мезоформе. Выявлено, что пространственная дифференциация половины анализируемых типов сообществ (групп ассоциаций) обусловлена формами поверхности рельефа, а сильнонарушенные типы сообществ не демонстрируют приуроченности. Впервые на статистической основе подтверждены наблюдения предшествующих исследователей о закономерностях распространения еловых и дубовых лесов в геоморфологическом районе Клинско-Дмитровской гряды.

Ключевые слова: Московская область, цифровое картографирование, мезоформы рельефа, эколого-фитоценотическая классификация, закономерности распределения типов лесных сообществ.

* Работа выполнена в рамках темы государственного задания Института географии РАН «Оценка физико-географических, гидрологических и биотических изменений окружающей среды и их последствий для создания основ устойчивого природопользования» (№ 0148-2019-0007) по части анализа растительности, а также изучения закономерностей распределения сообществ в связи с формами рельефа и при поддержке Российского научного фонда по части анализа структуры рельефа (проект № 18-17-00129).

© Санкт-Петербургский государственный университет, 2020

1. Введение

Территория центра Русской равнины, в частности Московской области, имеет длительную историю природопользования и характеризуется высоким уровнем хозяйственной трансформации растительного покрова. Взятые в качестве примера леса юго-западного Подмосковья за последние два столетия практически полностью прошли через сплошные рубки и распашки (Беляева и Попов, 2016), а в XX веке были значительно преобразованы лесокультурной практикой (Министерство…, 2000–2002). В условиях такого мощного антропогенного воздействия актуальным становится вопрос о роли природных факторов, в частности, о влиянии форм поверхности рельефа на состав и распределение типов лесных сообществ.

Рельеф является одним из ведущих экзогенных факторов, влияющих на пространственную дифференциацию лесных сообществ (Сочава, 1961; Сукачев, 1972; Silva et al., 2007). В то же время традиционно для Московской области в качестве таковых факторов рассматривались условия экотопов (Курнаев, 1968; Бязров и др., 1971; Ильинская и др., 1982; Савельева, 2000), которые, в свою очередь, во многом обусловлены свойствами поверхности рельефа (Troeh, 1964; McBratney et al., 2003).

Оценки закономерностей дифференциации растительности в связи с рельефом территории осуществлялись в первую очередь для горных ландшафтов (Brown, 1994; Florinsky and Kuryakova, 1996; Ермаков и др., 2007; Исмаилова и др., 2011; Коновалова и др., 2016), а также с использованием морфометрических переменных без выделения классов поверхности (Черниховский и Алексеев, 2003; Al-Rowaily et al., 2012; Черниховский, 2017б). Непосредственно выделению форм рельефа, как фактору дифференциации растительности на равнинных территориях, уделялось относительно небольшое внимание (Хорошев и др., 2008).

Цель работы — выявить связь распределения лесных сообществ различного состава с мезоформами рельефа в современном ландшафте Московской области. Перспективность подобного рода анализа обусловлена новыми возможностями для оптимизации природопользования, задач лесного хозяйства и выявления экологического потенциала территории, особенно повышенной природоохранной значимости.

2. Материал и методы

Территория исследований располагается на юго-западе Московской области в средней части бассейна р. Протвы (55°26′–55°10′ с. ш., 35°51′–36°20′ в. д.) и занимает площадь 51.5 тыс. га. Лесистость территории составляет 56 %. Абсолютные высоты варьируют в диапазоне 140–230 м.

Расположение территории в краевой части московского оледенения и вблизи южной границы зоны хвойно-широколиственных лесов определило сложную ландшафтную структуру и высокое типологическое разнообразие лесов (Огуреева и Булдакова, 2006). Хозяйственная деятельность человека определяет преобладание производных лесов и высокую мозаичность современного лесного покрова.

Поставленная задача решается на основе картографического анализа двух видов цифровых карт — геоботанической карты и карты мезоформ рельефа (разрешение 30 м). На геоботанической карте представлено распространение 16 типов

лесных сообществ в ранге групп ассоциаций (Беляева и др., 2018). Принципы выделения синтаксонов на основе эколого-фитоценотической классификации описаны ранее (Черненькова и Морозова, 2017). Точность карты по данным проверки на основе независимой выборки составила 78 % (Беляева, 2018). При верификации было использовано 51 маршрутное описание для классов с наиболее низким качеством дешифрирования, эти описания не были включены в обучающую выборку. Была составлена матрица ошибок методом кросс-табуляции.

Рельеф имеет иерархическую структуру, обусловленную формирующими факторами различного масштаба проявления: строением коренных пород, характером и мощностью четвертичных отложений и современными эрозионными процессами (Wu and Qi, 2000). Использованы опубликованные данные по пространственным размерам четырех иерархических уровней (www.sevin.ru, n. d.): первый уровень — поверхность кровли коренных пород с линейными размерами 1050 м и амплитудой высот 50 м; второй — четвертичные отложения (450/30); третий — эрозионная сеть второго порядка (270/15); четвертый — эрозионная сеть первого порядка (150/5). Далее с помощью обратного преобразования Фурье был определен рельеф каждого уровня. На основе полученного рельефа рассчитывался набор стандартных морфометрических характеристик, отражающих крутизну, форму поверхности и теплообеспеченность для исходной цифровой модели и для каждого иерархического уровня (Беляева, 2018). В результате было получено 40 переменных. Пространственное разрешение всех цифровых моделей рельефа составляет 30 м. В качестве исходных данных использованы топокарты с изолиниями высот через каждые 10 м и дополнительными — через 5 м.

Морфометрические характеристики рельефа обобщены с помощью метода главных компонент в факторы, определяющие их варьирование (Беляева, 2018). На основе метода осыпи (scree plot) (Пузаченко, 2004) выделены 6 факторов, описывающих варьирование переменных на 63 %, с дальнейшим проведением дихотомической классификации по значениям факторов с помощью метрики евклидова расстояния.

Произведено наложение векторных слоев карт (лесной растительности и мезоформ рельефа) и проанализировано их пространственное распределение (Беляева, 2018). Для ячеек таблицы пересечений выполнена нормировка и приведена доля участия сообществ группы ассоциаций в данной мезоформе от общей площади типа сообществ на территории. При случайном распределении эти величины зависят от общей площади формы рельефа. Полученные наблюдаемые частоты были сравнены с ожидаемыми и состоятельность нулевой гипотезы оценена по критерию хи-квадрат (Беляева, 2018).

Построение картографических моделей и анализ проводились с помощью пакетов прикладных программ: ImageJ, Fracdim, ArcGIS ArcMap 10, IBM SPSS Statistics 20, Statistica 10, ERDAS Imagine 2014.

3. Результаты

На геоботанической карте юго-западной части Московской области отражены лесные сообщества, объединенные в 16 групп ассоциаций. При характеристике они объединены в 5 групп по характеру травяно-кустарничкового яруса.

Мелкотравная группа представлена *еловыми* (Е м) и *елово-сосновыми* (Е-С м) лесами. Основную роль в травяно-кустарничковом ярусе играет *Oxalis acetosella.* Часто отмечены виды бореального мелкотравья: *Orthilia secunda, Maianthemum bifolium, Pyrola rotundifolia, Gymnocarpium dryopteris,* а также *Ajuga reptans, Fragaria vesca, Mycelis muralis, Dryopteris carthusiana, D. filix-mas, Athyrium filix-femina, Luzula pilosa.* Кустарнички (*Vaccinium vitis-idaea* и *V. myrtillus*) встречаются редко с покрытием 1–2 %.

Мелкотравно-широкотравная группа представлена *еловыми* (Е м-ш), *елово-осиново-березовыми* (Е-М м-ш) и *елово-сосновыми* (Е-С м-ш) лесами. С высоким проективным покрытием и очень часто в травяно-кустарничковом ярусе встречаются *Oxalis acetosella, Galeobdolon luteum, Aegopodium podagraria. С* высоким постоянством также отмечены *Asarum europaeum, Maianthemum bifolium, Gymnocarpium dryopteris, Dryopteris filix-mas, Paris quadrifolia*. В кустарниковом ярусе большую роль начинает играть *Corylus avellana,* ее покрытие в среднем для групп составляет от 8 до 35 %.

Широкотравная группа представлена *еловыми* (Е ш), *елово-осиново-березовыми* (Е-М ш), *сосновыми* (С ш), *дубовыми* (Д ш), *липовыми* (Лп ш), *березовыми* (Б ш), *дубово-липово-березово-осиновыми* (М-Ш ш) и *осиновыми* (Ос ш) лесами. В данной группе доминантами с высоким постоянством являются неморальные виды: *Carex pilosa, Pulmonaria obscura, Stellaria holostea, Galeobdolon luteum, Aegopodium podagraria.* Часто отмечены *Ranunculus cassubicus, Asarum europaeum, Paris quadrifolia, Dryopteris filix-mas. В* подросте увеличивается участие широколиственных видов деревьев (*Tilia cordata, Quercus robur*). Проективное покрытие *Corylus avellana* составляет от 10 до 80 % в среднем для групп.

Разнотравная группа представлена *березовыми* (Б разн) и *сосновыми* (С разн) лесами. Здесь с высокой встречаемостью отмечены *Leucanthemum vulgare, Galium mollugo, Fragaria vesca. В* березовых лесах часто наблюдаются *Agrostis tenuis, Valeriana officinalis, Achillea millefolium, Potentilla erecta, Taraxacum officinale, Campanula patula, Hypericum perforatum, Angelica sylvestris. В* сосновых разнотравных лесах доминантом зачастую является *Calamagrostis arundinacea.* Часто отмечены *Anthoxanthum odoratum, Vicia cracca, Trifolium medium, Agrimonia eupatoria, Linaria vulgaris, Lathyrus sylvestris, Antennaria dioica, Campanula persicifolia, Clinopodium vulgare, Melica nutans, Veronica officinalis, Knautia arvensis*, а также виды окской флоры — *Carex montana, Potentilla alba, Astragalus glycyphyllos.*

Влажнотравная группа представлена *сероольховыми широкотравно-влажнотравными* (Олс вл) лесами. С наибольшим проективным покрытием и достаточно часто встречаются: *Aegopodium podagraria, Galeobdolon luteum, Filipendula ulmaria, Stellaria nemorum, Urtica dioica.* Иногда в качестве содоминантов отмечены *Athyrium filix-femina, Lamium maculatum, Lysimachia nummularia, Phalaroides arundinacea.* Часто присутствуют *Humulus lupulus, Stachys sylvatica, Glechoma hederacea. В* подросте многократно встречается *Alnus incana,* среди кустарников — *Padus avium.*

Формы поверхности рельефа различаются не только по свойственным им закономерностям сочетаний значений морфометрических величин, но и по генезису, характерным эрозионным процессам, почвенным условиям, перераспределению тепла и влаги (Рычагов, 2006; Bierman and Montgomery, 2014). Таким образом, выделенные формы рельефа представляют собой набор некоторых ландшафтных ус-

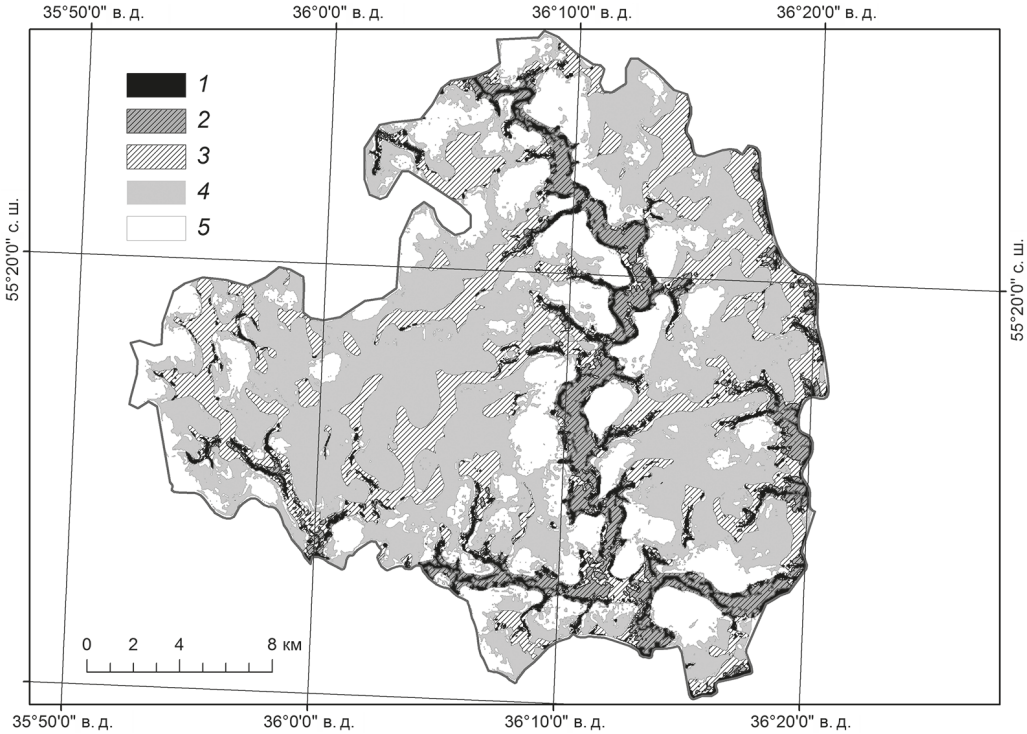

Рисунок. Мезоформы рельефа юго-западной части Московской области. Мезоформы рельефа: *1* — крутые склоны долин и оврагов; *2* — основные поверхности надпойменных террас и пойм; *3* — ложбины стока талых ледниковых вод; *4* — водораздельная поверхность; *5* — моренные холмы (составлен авторами).

ловий, влияние которых на современный сильно нарушенный лесной покров остается под вопросом.

Среди всех мезоформ рельефа на территории исследования наиболее распространены (40.7 %, 20 953 га) ***водораздельные поверхности***, сложенные мореной и перекрытые водноледниковыми отложениями и покровными суглинками (моренно-водноледниковые равнины) (Беляева, 2018) (см. рисунок). Почвы дерново-средне- иногда сильноподзолистые, местами оглеенные, по понижениям — глееватые (Анненская и др., 1997; Видина и др., 2012).

Моренные холмы занимают 25.5 % территории (13 139 га) (Беляева, 2018). Аккумулятивно-экзарационная деятельность московского ледника привела к формированию данных форм рельефа, которые имеют несильно выпуклые вершины и мягкие очертания и содержат иногда известняковые отторженцы (Анненская и др., 1997). Дерново-подзолистые хорошо дренированные почвы сформированы на чехле покровных суглинков, иногда встречаются дерновые карбонатные выщелоченные почвы (Видина и др., 2012; Анненская и др., 1997).

На третьем месте по площади находятся ***ложбины стока талых ледниковых вод*** — 20.2 % территории (10 411 га), которые были сформированы на водоразделах во время таяния московского ледника (Беляева, 2018). Эти плоскодонные понижения имеют вытянутую форму и здесь формируются ручьи. Почвы данных

мезоформ рельефа сильноподзолистые и образованы на делювиальных суглинках (Видина и др., 2012).

Надпойменные террасы и поймы врезаны деятельностью реки в долинный зандр и занимают 7.8 % территории (4031 га) (Беляева, 2018). Они сформированы на суглинках с прослоями песков и характеризуются высокой трофностью отложений из-за присутствия современного аллювия (Анненская и др., 1997). На территории исследований почти вдоль всей р. Протвы отмечаются две надпойменные террасы — плоские и слабонаклонные, сформированные на песчано-суглинистых отложениях с дерново-подзолистыми почвами. Также отмечены высокие поймы и фрагменты низких и средних пойм на суглинистых отложениях с участием песков и пойменными дерновыми, местами карбонатными почвами (Анненская и др., 1997; Видина и др., 2012).

Крутые склоны долин и оврагов занимают наименьшую площадь — 5.8 % (2996 га) и представлены склонами небольших ручьев и балок и крутыми коренными склонами рек Протвы и Рути (Беляева, 2018). Склоны ручьев чаще всего не вскрывают коренных пород и для них характерно сочетание дерновых и пойменных дерновых почв, часто оглеенных (Видина и др., 2012). Коренные склоны имеют крутизну до 30–35° (крутые и очень крутые, по классификации Г. И. Рычагова (2006) (Беляева, 2018). Под ними часто наблюдаются делювиальные шлейфы, на которых развиваются сероольховые леса и пойменные луга (Анненская и др., 1997). Отложения крутых склонов — пески и морена, на которых развиты дерновые и дерново-подзолистые почвы (Видина и др., 2012).

Леса занимают 40–60 % площади каждой из мезоформ рельефа. При этом наименее распространены леса на основных поверхностях надпойменных террас и пойм (40 %), которые характеризуются высокой трофностью и близостью рек и традиционно использовались под пашни и луга (Александровский и Александровская, 2005). Водораздельная поверхность в данном ландшафте наименее дренирована и распахивалась не так интенсивно (Васильева, 1961), что привело к наибольшему распространению лесов именно в данной мезоформе (63 % — лесопокрытые участки).

Закономерности распределения типов лесных сообществ Московской области в основном описывались на основе качественной характеристики форм или элементов рельефа, см. (Курнаев, 1968; Ильинская и др., 1982; Савельева, 2000) и др., что не позволяет выявлять статистически достоверные связи компонентов ландшафта (Шарый, 2006). Использование пространственно распределенных данных (цифровых моделей рельефа и данных дистанционного зондирования) позволяет на основе статистических методов получить количественную оценку закономерностей распределения лесных сообществ.

В результате проведенного картографического анализа выявлены сообщества групп ассоциаций, распространение которых обусловлено формами поверхности рельефа. Для половины выделенных синтаксонов наблюдается достоверное отклонение от случайного распределения по формам поверхностей (см. таблицу).

В составе ***мелкотравной*** группы лесов еловые (Е м) приурочены к ложбинам стока талых ледниковых вод (3) и водораздельным поверхностям (4) (Беляева, 2018) (см. таблицу). Сообщества с преобладанием бореального мелкотравья распространены на наиболее вогнутых и пониженных участках водораздела (Чернень-

Таблица. **Распределение картографируемых единиц, соответствующих выделенным синтаксонам, по мезоформам рельефа, %**

Группы сообществ	Группы асс.	Мезоформы рельефа					χ^2	*p*
		1	2	3	4	5		
мелкотравная	Е м	1.87	2.39	**24.11**	**55.22**	16.41	**10.75**	**0.03**
	Е-С м	5.45	7.76	23.25	39.62	23.92	2.78	0.60
мелкотравно-широкотравная	Е м-ш	8.18	8.02	20.88	40.32	22.60	2.76	0.60
	Е-М м-ш	3.04	2.96	17.05	53.61	23.33	4.20	0.38
	Е-С м-ш	**12.22**	**14.60**	**31.22**	25.44	16.53	**40.10**	**0.00**
широкотравная	Е ш	7.33	6.35	19.25	41.74	25.33	0.92	0.92
	Е-М ш	1.02	0.87	12.86	**58.03**	**27.22**	**13.60**	**0.01**
	С ш	8.53	11.17	20.95	37.63	21.73	8.01	0.09
	Д ш	0.57	-	9.67	**63.11**	**26.72**	**21.57**	**0.00**
	Лп ш	5.77	5.50	20.16	41.37	27.22	1.14	0.89
	Б ш	1.85	1.93	13.27	55.11	27.83	9.35	0.53
	М-Ш ш	0.09	-	5.02	**57.65**	**37.20**	**31.78**	**0.00**
	Ос ш	1.46	1.42	13.07	**56.01**	**28.04**	**11.19**	**0.02**
разнотравная	Б разн	3.85	3.84	21.03	45.43	25.85	1.96	0.74
	С разн	**54.61**	**41.88**	0.17	-	3.42	**705.45**	**0.00**
влажнотравная	Олс вл	**32.72**	**34.07**	17.82	5.49	9.90	**301.33**	**0.00**

Примечание. В ячейках таблицы приведена доля участия сообществ синтаксонов в данной мезоформе (в % от общей площади сообществ синтаксона на территории). Полужирным шрифтом отмечены ячейки с самыми высокими значениями доли участия внутри мезоформы (для групп ассоциаций с неравномерным распределением), а также значения хи-квадрат и уровня значимости *p*, которые опровергают гипотезу о равномерном распределении сообществ.

Названия мезоформ рельефа приведены в подписи к рисунку. Расшифровка названий групп ассоциаций дана в разделе 4.

В таблице использованы материалы из диссертации Н. Г. Беляевой (2018).

кова и др., 2015). Равномерное распространение елово-сосновых лесов объясняется, скорее всего, большим участием культур в составе этих сообществ. По данным пространственного анализа почти треть территории распространения данных лесов искусственного происхождения.

В группе ***мелкотравно-широкотравных*** лесов елово-сосновые (Е-С м-ш) тяготеют к пониженным выровненным элементам водораздела (ложбинам стока талых ледниковых вод (3)). Также они чаще встречаются в мезоформах долинного комплекса — на надпойменных террасах и склонах (1, 2), что можно объяснить более легким гранулометрическим составом отложений, благоприятным для сосны (Беляева, 2018). Мелкотравно-широкотравные леса (в первую очередь еловые

и мелколиственно-еловые) наиболее распространены на территории исследований. Бореально-неморальный видовой состав этих сообществ наиболее типичен для зоны хвойно-широколиственных лесов, в связи с этим они в наибольшей степени демонстрируют эвритопность.

Среди лесов ***широкотравной*** группы приуроченность к определенным мезоформам рельефа отмечена для половины синтаксонов: елово-осиново-березовой (Е-М ш), дубовой (Д ш), дубово-липово-березово-осиновой (М-Ш ш) и осиновой (Ос ш) сообществ групп ассоциаций. Все они чаще встречаются на водораздельной поверхности (4) и на моренных холмах (5) (Беляева, 2018). Леса с преобладанием неморальных видов распространены не так широко, как мелкотравно-широкотравные, и занимают наиболее выпуклые элементы рельефа с хорошим дренажем (Черненькова и др., 2015). Ландшафтные условия района исследований предоставляют местообитания для неморальных лесов с различным составом древостоя на моренных всхолмлениях.

Сосновые ***разнотравные*** леса (С разн) приурочены к крутым склонам долин рек (1), а также к мезоформе надпойменных террас и пойм (2) (Беляева, 2018). Эти сообщества отличает четкая приуроченность к определенным позициям в рельефе — крутые склоны южной экспозиции, где наблюдается благоприятный температурный режим для существования более южных видов и очень хороший дренаж в сочетании с богатством почв. Березовые разнотравные (Б разн) леса распространены повсеместно и представляют собой сильно-нарушенные сообщества с преобладанием лугово-опушечных видов.

Влажнотравные леса на карте представлены единственной группой — серо-ольховой широкотравно-влажнотравной (Олс вл). Данные сообщества четко приурочены к приручьевым склонам (1) и поймам рек (2) (Беляева, 2018). В этих местообитаниях благоприятные условия как для ольхи серой, так и для неморальных, нитрофильных и влажнотравных видов.

4. Обсуждение

На фоне высокого ценотического разнообразия лесов региона, обусловленного многообразием лесообразующих пород и их сочетаний, сложной историей формирования лесного покрова на протяжении последних столетий, выявлена роль ландшафтообразующего фактора (рельефа) на распределение сообществ различного состава. Леса половины групп ассоциаций демонстрируют статистически достоверную связь своего распределения с формами мезорельефа. В работе получил развитие подход количественной оценки пространственных связей компонентов ландшафта.

Исследования пространственной дифференциации растительности и почв в связи с изменениями поверхности рельефа достаточно широко распространены уже долгое время (Smith, 1935; Pennock et al., 1987; Hoersch et al., 2002; Garcia-Aguirre et al., 2007; Козлов и др., 2008; Алексеев и Никифоров, 2014; Пузаченко и Черненькова, 2016; Черниховский, 2017а; 2017б). Однако в рамках решаемой проблемы новизна заключается в сочетании двух положений: 1) привлечении полных геоботанических описаний и использовании в анализе синтаксонов на детальном уровне классификации растительности (групп ассоциаций эколого-фитоценотической классифика-

ции); 2) выделение форм рельефа для выявления закономерностей дифференциации сообществ выделенных синтаксонов. Так, построена карта мезоформ рельефа на основе классификации факторов, определяющих варьирование морфометрических переменных. Качественная характеристика выделенных форм была уточнена по имеющимся ландшафтным картам (Анненская и др., 1997; Видина и др., 2012).

В результате проведенного исследования на основе статистического анализа подтверждены наблюдения (Алёхин, 1947; Петров, 1968) о закономерностях дифференциации типов леса в связи с формами рельефа. В частности, показано, что в геоморфологическом районе Клинско-Дмитровской гряды дубовые леса чаще отмечаются на возвышенных элементах водораздела, а еловые — в понижениях и на менее дренированных участках. По нашим данным последнее подтверждается только для еловых мелкотравных сообществ.

В целом наблюдается следующая закономерность: леса с неморальным характером травяно-кустарничкового яруса (широкотравные) чаще встречаются на поверхностях моренных холмов — более богатых и дренированных возвышенных частях водоразделов; мелкотравные леса тяготеют к менее дренированным понижениям — ложбинам стока талых ледниковых вод; влажнотравные леса чаще встречаются в приручьевых местообитаниях и у подножия коренных склонов, в том числе на поймах; а сосновые разнотравные леса распространены только на южных склонах долины р. Протвы и являются редкими сообществами.

Отсутствие приуроченности части лесных сообществ к определенным мезоформам рельефа можно объяснить рядом причин. Во-первых, лесной покров изучаемой территории представлен сукцессионной мозаикой лесов разного происхождения с преобладанием сообществ коротко- и длительнопроизводных стадий. Так, равномерное распределение сообществ по всем формам рельефа водоразделов отмечено для сильнонарушенных их вариантов, соответствующих начальным сукцессионным стадиям — березняков разнотравных. Высокая доля участия лесных культур, которые создавались независимо от ландшафтных условий, также объясняет равномерное распределение елово-сосновых мелкотравных и березовых широкотравных типов сообществ (треть занимаемой этими лесами территории — искусственного происхождения), при этом последние формировались в результате отсутствия ухода за культурами.

Во-вторых, часть сообществ в условиях относительно выровненного рельефа территории проявляет эвритопность к местообитаниям среды с разными морфометрическими характеристиками. Так, наиболее распространенные на территории исследований еловые мелкотравно-широкотравные (четверть лесопокрытой площади), а также производные от них мелколиственно-еловые мелкотравно-широкотравные сообщества представлены в широком спектре местообитаний по всей территории за исключением крутых склонов долин и оврагов, а также основных поверхностей надпойменных террас и пойм.

В-третьих, в определенной мере отсутствие приуроченности сообществ к мезоформам рельефа объясняется объемом картографируемых единиц лесного покрова. Например, широкотравные типы могут включать сообщества с разными доминантами видов неморального спектра (снытевые, волосистоосоковые и пр.), которые распространены в местообитаниях различной степени дренированности

(Курнаев, 1968; Савельева, 2000), и в нашем случае могут быть приурочены к различным мезоформам рельефа. Подробное объяснение особенностей приуроченности для каждого типа сообществ требует дополнительных исследований.

5. Выводы

1. Построена карта мезоформ рельефа с оценкой площади и распределения следующих 5 типов: водораздельная поверхность, моренные всхолмления, ложбины стока талых ледниковых вод, надпойменные террасы и поймы, а также крутые склоны долин и оврагов.

2. На ландшафтном уровне выявлена приуроченность лесного покрова и отдельно типов лесных сообществ. Наименее залесены и наиболее распаханы поверхности мезоформ террас и пойм, а леса наиболее распространены на моренно-водноледниковых водораздельных поверхностях.

3. Впервые выявлена различная связь распределения лесных сообществ с мезоформами рельефа для равнинных территорий с давним хозяйственным освоением на примере геоморфологического района Клинско-Дмитровской гряды в Московской области.

4. Впервые на статистической основе подтверждены наблюдения предшествующих исследователей о закономерностях распространения еловых и дубовых лесов для исследуемой территории.

5. Мы полагаем, что демонстрируемый подход с использованием форм рельефа, является перспективным для количественной оценки пространственных связей ценотических характеристик и разнообразия с факторами среды.

Литература

Александровский, А. Л., Александровская, Е. И. (2005). *Эволюция почв и географическая среда*. Москва: Наука.

Алексеев, А. С., Никифоров, А. А. (2014). Влияние рельефа на структуру и продуктивность лесных ландшафтов с применением 3D-моделирования на примере Лисинского учебно-опытного лесхоза. *Лесоведение*, (5), 42–53.

Алёхин, В. В. (1947). *Растительность и геоботанические районы Московской и сопредельных областей*. Москва: МОИП.

Анненская, Г. Н., Жучкова, В. К., Калинина, В. Р., Мамай, И. И., Низовцев, В. А., Хрусталева, М. А. Цесельчук, Ю. Н. (1997). *Ландшафты Московской области и их современное состояние*. Смоленск: Смоленский гуманитарный университет.

Беляева, Н. Г. (2018). *Фитоценотическое разнообразие и условия формирования лесного покрова юго-западной части Московской области*. Диссертация … кандидата биологических наук. Ботанический институт им. В. Л. Комарова РАН. Санкт-Петербург.

Беляева, Н. Г., Попов, С. Ю. (2016). Изменение лесистости бывшего Верейского уезда Московской области за последние 200 лет. *Лесоведение*, (1), 44–54.

Беляева, Н. Г., Черненькова, Т. В., Морозова, О. В., Сандлерский, Р. Б., Архипова, М. В. (2018). Сравнение эколого-фитоценотического и эколого-флористического методов классификации для оценки ценотического разнообразия и картографирования лесной растительности. *Лесоведение*, (3), 178–193.

Бязров, Л. Г., Дылис, Н. В., Жукова, В. М., Носова, Л. М., Солнцева, О. Н., Успенская, Н. М., Уткин, А. И. (1971). Основные типы широколиственно-еловых лесов и их производных Малинского лесничества Краснопахорского лесхоза Московской области. В: *Биогеоценотические исследования в широколиственно-еловых лесах*. Москва: Наука, 7–150.

Васильева, И. В. (1961). Граница Московского оледенения и ее ландшафтное значение. *Вестник Московского университета. Серия 5. География*, (3), 62–66.

Видина, А. А., Джерпетов, И. В., Низовцев, В. А. (2012). *Ландшафтная карта Боровского района Калужской области. М. 1:150 000*. Доступно на: https://landscapeedu.ru/images/maps/landscapes_borovsk_region.png [Дата доступа 26.06.2020].

Ермаков, Н. Б., Полякова, М. А., Попов, Д. Ю., Голомовзин, В. В. (2007). Моделирование пространственной организации растительности горных территорий на основе данных дистанционного зондирования и цифровой модели рельефа. *Вычислительные технологии*, 12 (2), 42–59.

Ильинская, С. А., Матвеева, А. А., Речан, С. П., Орлова, М. А., Казанцева, Т. Н. (1982). Типы леса. В: *Леса Западного Подмосковья*. Москва: Наука, 20–150.

Исмаилова, Д. М., Бабой, С. Г., Гостева, А. А., Назимова, Д. И. (2011). Применение ГИС для анализа связи лесной растительности с горным рельефом на примере барьерно-дождевых ландшафтов западного Саяна. *Геоинформатика*, (3), 29–35.

Козлов, Д. Н., Пузаченко, М. Ю., Федяева, М. В., Пузаченко, Ю. Г. (2008). Отображение пространственного варьирования свойств ландшафтного покрова на основе дистанционной информации и цифровой модели рельефа. *Известия РАН. Серия географическая*, (4), 112–124.

Коновалова, М. Е., Назимова, Д. И., Корец, М. А., Андреев, Д. Ю. (2016). Особенности орографической приуроченности лесной растительности в среднегорных ландшафтах Саяно-Шушенского заповедника. В: *Экосистемы Центральной Азии: исследование, сохранение, рациональное использование*. Кызыл: Тувинский государственный университет, 195–198.

Курнаев, С. Ф. (1968). *Основные типы леса средней части Русской равнины*. Москва: Наука.

Министерство природных ресурсов Российской Федерации (2000–2002). *Проект организации и ведения лесного хозяйства Верейского лесхоза Московской области. Кн. 1, 2*. Центрлеспроект.

Огуреева, Г. Н., Булдакова, Е. В. (2006). Разнообразие лесов Клинско-Дмитровский гряды в связи с ландшафтной структурой территории. *Лесоведение*, (1), 58–69.

Петров, В. В. (1968). Новая схема ботанико-географического районирования Московской области. *Вестник Московского университета. Серия 6. Биология, почвоведение*, (5), 44–50.

Пузаченко, М. Ю., Черненькова, Т. В. (2016). Определение факторов пространственного варьирования растительного покрова с использованием ДДЗ, ЦМР и полевых данных на примере центральной части Мурманской области. *Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса*, 13 (5), 167–191. https://doi.org/10.21046/2070-7401-2016-13-5-167-191

Пузаченко, Ю. Г. (2004). *Математические методы в экологических и географических исследованиях*. Москва: ACADEMA.

Рычагов, Г. И. (2006). *Общая геоморфология: учебник*. Москва: Наука.

Савельева, Л. И. (2000). Типы хвойных лесов Подмосковья. В: *Динамика хвойных лесов Подмосковья*. Москва: Наука, 33–66.

Сочава, В. Б. (1961). Вопросы классификации растительности, типологии физико-географических фации и биогеоценозов. *Труды института биологии*, (27), 5–22.

Сукачев, В. Н. (1972). *Основы лесной типологии и биогеоценологии. Избранные труды в трех томах. Т. 1*. Ленинград: Наука.

Хорошев, А. В., Артемова, О. А., Матасов, В. М., Кощеева, А. С. (2008). Иерархические уровни взаимосвязей между рельефом, почвами и растительностью в среднетаежном ландшафте. *Вестник Московского университета. Серия 5. География*, (1), 66–72.

Черненькова, Т. В., Морозова, О. В. (2017). Классификация и картографирование типологического разнообразия лесов. *Лесоведение*, (4), 243–255.

Черненькова, Т. В., Морозова, О. В., Пузаченко, М. Ю., Попов, С. Ю., Беляева, Н. Г. (2015). Состав и структура еловых лесов юго-западного Подмосковья. *Лесоведение*, (5), 323–338.

Черниховский, Д. М. (2017а). Автоматическая классификация поверхности рельефа для изучения количественных и качественных характеристик лесов. *Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии*, (219), 74–95. https://doi.org/10.21266/2079-4304.2017.219.74-95

Черниховский, Д. М. (2017б). Оценка связей морфометрических характеристик рельефа с количественными и качественными характеристиками лесов на основе цифровых моделей рельефа ASTER и SRTM. *Сибирский лесной журнал*, (3), 28–39. https://doi.org/10.15372/SJFS20170303

Черниховский, Д. М., Алексеев, А. С. (2003). Влияние формы поверхности рельефа на структуру и продуктивность лесных ландшафтов (на примере заповедника Верхне-Тазовский Ямало-Ненецкого АО). *Лесоведение*, (5), 10–17.

Шарый, П. А. (2006). Геоморфометрия в науках о Земле и экологии, обзор методов и приложений. *Известия Самарского научного центра РАН*, 8 (2), 458–473.
Al-Rowaily, S. L., El-Bana, M. I. and Al-Dujain, F. A. R. (2012). Changes in vegetation composition and diversity in relation to morphometry, soil and grazing on a hyper-arid watershed in the central Saudi Arabia. *Catena*, 97, 41–49. https://doi.org/10.1016/j.catena.2012.05.004
Bierman, P. R. and Montgomery, D. R. (2014) *Key concepts in geomorphology*. New York: W. H. Freeman.
Brown, D. G. (1994). Predicting vegetation types at treeline using topography and biophysical disturbance variables. *Journal of Vegetation Science*, 5 (5), 641–656. https://doi.org/10.2307/3235880
Florinsky, I. V. and Kuryakova, G. A. (1996). Influence of topography on some vegetation cover properties. *Catena*, 27 (2), 123–141. https://doi.org/10.1016/0341-8162(96)00005-7
Garcia-Aguirre, M. C., Ortiz, M. A., Zamorano, J. J. and Reyes, Y. (2007). Vegetation and landform relationships at Ajusco volcano Mexico, using a geographic information system (GIS). *Forest Ecology and Management*, 239 (1–3), 1–12. https://doi.org/10.1016/j.foreco.2006.10.031
Hoersch, B., Braun, G. and Schmidt, U. (2002). Relation between landform and vegetation in alpine regions of Wallis, Switzerland. A multiscale remote sensing and GIS approach. *Computers, Environment and Urban Systems*, 26 (2–3), 113–139. https://doi.org/10.1016/S0198-9715(01)00039-4
McBratney, A. B., Mendonca Santos, M. L. and Minasny, B. (2003). On digital soil mapping. *Geoderma*, 117 (1–2), 3–52. https://doi.org/10.1016/S0016-7061(03)00223-4
Pennock, D. J. Zebarth, B. J. and De Jong, E. (1987). Landform classification and soil distribution in hummocky terrain, Saskatchewan, Canada. *Geoderma*, 40 (3–4), 297–315. https://doi.org/10.1016/0016-7061(87)90040-1
Silva, W., Metzger, J., Simões, S., Simonetti, C. (2007). Relief influence on the spatial distribution of the Atlantic Forest cover on the Ibiúna Plateau, SP. Brazilian. *Journal of Biology*, 67 (3), 403–411.
Smith, G.-H. (1935). The Relative Relief of Ohio. *Geographical Review*, 25 (2), 272–284.
Troeh, F. R. (1964). Landform parameters correlated to soil drainage. *Soil Science Society of America Proceedings*, 28 (6), 808–812.
Wu, J. and Qi, P. Y. (2000). Dealing with scale in landscape analysis: an overview. *Geographic Information Sciences*, 6 (1), 1–5.
www.sevin.ru (n. d.). *Анализ рельефа.* [online] Доступно на: http://www.sevin.ru/ecosys_services/relief.html [Дата доступа 24.06.2020].

Статья поступила в редакцию 24 июня 2019 г.
Статья рекомендована в печать 10 февраля 2020 г.

Контактная информация:

Беляева Надежда Георгиевна — n.vin@mail.ru
Сандлерский Роберт Борисович — srobert_landy@mail.ru
Черненькова Татьяна Владимировна — chernenkova50@mail.ru

The landscape-forming role of relief in the formation of the forest composition in the southwestern part of Moscow Oblast*

N. G. Belyaeva[1,2], R. B. Sandlersky[2], T. V. Chernenkova[1,2]

[1] Institute of Geography of the Russian Academy of Sciences,
29, Staromonetniy per., Moscow, 119017, Russian Federation
[2] A. N. Severtsov Institute of Ecology and Evolution of the Russian Academy of Sciences,
33, Leninskiy pr., Moscow,119071, Russian Federation

* The research was supported within the framework of the state-ordered research theme of the Institute of Geography of the Russian Academy of Sciences, no. 0148-2019-0007 “Assessment of physiographic, hydrological and biotic environmental changes and their consequences for the creation of the foundations for sustainable environmental management" and supported by Russian Science Foundation (project no. 18-17-00129).

For citation: Belyaeva, N. G., Sandlersky, R. B., Chernenkova, T. V. (2020). The landscape-forming role of relief in the formation of the forest composition in the southwestern part of Moscow Oblast. *Vestnik of Saint Petersburg University. Earth Sciences*, 65 (2), 362–376.
https://doi.org/10.21638/spbu07.2020.208 (In Russian)

The forest cover of Moscow Oblast has been greatly changed due to the long history of agriculture and silviculture practice. As a result, the modern composition and spatial differentiation of types of forest communities do not completely depend on natural conditions, but in many respects on human activities. The question arises: did the natural landscape-forming factors persist in influencing the modern forests of the region? The role of relief in the formation of the composition of modern forest cover and differentiation of community types in the southwestern part of Moscow Oblast is estimated. Relief, being a key landscape-forming factor, determines the habitat conditions of forest communities. For lowland territories, the relationship between changes in the relief surface and forest composition has been little studied, although the terrain-dependent ecotope conditions have always been taken into account. In the paper, the relief forms are distinguished using classification of morphometric variables and are endowed with qualitative landscape characteristics. In the geomorphological region of the Klin-Dmitrov Range, five mesoforms of relief have been identified: *the main surface of the watershed*, *the moraine hilly surface*, *troughs of glacier meltwaters*, *floodplains*, and *steep slopes of river valleys and streams*. The interrelationship between the distribution of forest community types and relief mesoforms, which are represented by groups of associations of ecological-phytocenotic classification (16 syntaxons), is estimated. A cartographic analysis of the geobotanical map and the map of the relief mesoforms was carried out, and the occurrence of the type of forest community in the mesoform was statistically estimated. It was revealed that the spatial differentiation of half of the analyzed types of communities (groups of associations) depends on the surface forms of the relief, and the severely disturbed types of communities do not demonstrate confinement. For the first time on a statistical basis, the observations of previous researchers on the patterns of distribution of spruce and oak forests in the geomorphological region of the Klinsko-Dmitrov Ridge are confirmed.

Keywords: Moscow region, digital mapping, relief mesoforms, eco-phytocoenotic classification, distribution pattern of forest community types.

References

Alekhin, V. V. (1947). *Vegetation and geobotanical areas of Moscow and adjacent regions*. Moscow: MOIP Publ. (In Russian)

Aleksandrovskii, A. L. and Aleksandrovskaia, E. I. (2005). *Soil evolution and geographic environment*. Moscow: Nauka Publ. (In Russian)

Alekseev, A. S. and Nikiforov, A. A. (2014). Surficial topography controls of the structure and productivity of forest landscapes: analysis with 3D-modeling based on GIS-technology application (Lisino experimental forest station). *Lesovedenie*, (5), 42–53. (In Russian)

Al-Rowaily, S. L., El-Bana, M. I. and Al-Dujain, F. A. R. (2012). Changes in vegetation composition and diversity in relation to morphometry, soil and grazing on a hyper-arid watershed in the central Saudi Arabia. *Catena*, 97, 41–49. https://doi.org/10.1016/j.catena.2012.05.004

Annenskaia, G. N., Zhuchkova, V. K., Kalinina, V. R., Mamai, I. I., Nizovtsev, V. A., Khrustaleva, M. A. and Tseseľchuk, Iu. N. (1997). *Landscapes of the Moscow region and their current state*. Smolensk: Smolensk Humanitarian University. (In Russian)

Beliaeva, N. G. (2018). *Diversity and forming factors of forest cover in south-west part of the Moscow region*. PhD. Komarov Botanical Institute of the Russian Academy of Sciences. Saint Petersburg. (In Russian).

Beliaeva, N. G., Chernen'kova, T. V., Morozova, O. V., Sandlerskii, R. B. and Arkhipova, M. V. (2018). Comparing Eco-Phytocoenotic and Eco-Floristic Methods of Classification to Estimate Coenotic Diversity and to Map Forest Vegetation. *Lesovedenie*, (3), 178–193. (In Russian)

Beliaeva, N. G. and Popov, S. Iu. (2016). 200 years long record of forest cover changes in Vereya Uyezd, Moscow Oblast. *Lesovedenie*, (1), 44–54. (In Russian)

Biazrov, L. G., Dylis, N. V., Zhukova, V. M., Nosova, L. M., Solntseva, O. N., Uspenskaia, N. M. and Utkin, A. I. (1971). The main types of deciduous and spruce forests and their derivatives in Malinsky forestry Krasnopahor forestry Moscow region. In: *Biogeotsenoticheskie issledovaniia v shirokolistvenno-elovykh lesakh*. Moscow: Nauka Publ, 7–150. (In Russian)

Bierman, P. R. and Montgomery, D. R. (2014) *Key concepts in geomorphology*. New York: W. H. Freeman.

Brown, D. G. (1994). Predicting vegetation types at treeline using topography and biophysical disturbance variables. *Journal of Vegetation Science*, 5 (5), 641–656. https://doi.org/10.2307/3235880

Chernen'kova, T. V. and Morozova, O. V. (2017). Classification and Mapping of Coenotic Diversity of Forests. *Lesovedenie*, (4), 243–255. (In Russian)

Chernen'kova, T. V., Morozova, O. V., Puzachenko, M. Iu., Popov, S. Iu. and Beliaeva, N. G. (2015). Composition and Structure of Spruce Forests of the Southwestern Part of Moscow Oblast. *Lesovedenie*, (5), 323–338. (In Russian)

Chernikhovskii, D. M. (2017a). Automatic terrain surface classification to study the quantitative and qualitative characteristics of forests. *Izvestia Sankt-Peterburgskoj lesotehniceskoj akademii*, (219), 74–95. https://doi.org/10.21266/2079-4304.2017.219.74-95 (In Russian)

Chernikhovskii, D. M. (2017b). Assessment of the relationships between morphometric characteristics of relief with quantitative and qualitative characteristics of forests using ASTER and SRTM digital terrain models. *Sibirskii lesnoi zhurnal*, (3), 28–39. https://doi.org/10.15372/SJFS20170303 (In Russian)

Chernikhovskii, D. M. and Alekseev, A. S. (2003). Effects of Topographic Form on Structure and Productivity of Forest Landscape (by the Example of the Verkhne-Tazovskii Reserve, Yamalo-Nenets Autonomous Area). *Lesovedenie*, (5), 10–17. (In Russian)

Ermakov, N. B., Poliakova, M. A., Popov, D. Iu. and Golomovzin, V. V. (2007). Modeling the spatial organization of mountain vegetation based on remote sensing data and a digital elevation model. *Vychislitel'nye tekhnologii*, 12 (2), 42–59. (In Russian)

Florinsky, I. V. and Kuryakova, G. A. (1996). Influence of topography on some vegetation cover properties. *Catena*, 27 (2), 123–141. https://doi.org/10.1016/0341-8162(96)00005-7

Garcia-Aguirre, M. C., Ortiz, M. A., Zamorano, J. J. and Reyes, Y. (2007). Vegetation and landform relationships at Ajusco volcano Mexico, using a geographic information system (GIS). *Forest Ecology and Management*, 239 (1–3), 1–12. https://doi.org/10.1016/j.foreco.2006.10.031

Hoersch, B., Braun, G. and Schmidt, U. (2002). Relation between landform and vegetation in alpine regions of Wallis, Switzerland. A multiscale remote sensing and GIS approach. *Computers, Environment and Urban Systems*, 26 (2–3), 113–139. https://doi.org/10.1016/S0198-9715(01)00039-4

Il'inskaia, S. A., Matveeva, A. A., Rechan, S. P., Orlova, M. A. and Kazantseva, T. N. (1982). Forest types. In: *Lesa Zapadnogo Podmoskov'ia*. Moscow: Nauka Publ., 20–150 (In Russian)

Ismailova, D. M., Baboi, S. G., Gosteva, A. A. and Nazimova, D. I. (2011). GIS analyses of correlations between forest vegetation and relief in mountainson the example of barrier-rain landscapes of West Sayan. *Geoinformatika*, (3), 29–35. (In Russian)

Khoroshev, A. V., Artemova, O. A., Matasov, V. M. and Koshcheeva, A. S. (2008). Hierarchical levels of interrelations between relief, soil and vegetation in the middle taiga landscape, *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriia 5. Geografiia*, (1), 66–72. (In Russian)

Konovalova, M. E., Nazimova, D. I., Korets, M. A. and Andreev, D. Iu. (2016). Features of the orographic confinement of forest vegetation in the mid-mountain landscapes of the Sayano-Shushensky Reserve. In: *Ekosistemy Tsentral'noi Azii: issledovanie, sokhranenie, ratsional'noe ispol'zovanie.* Kyzyl: Tuvan State University, 195–198. (In Russian)

Kozlov, D. N., Puzachenko, M. Iu., Fediaeva, M. V. and Puzachenko, Iu. G. (2008). Representation of Spatial Variation of Landscape Cover Properties on the Basis of Remote Sensing Data Landsat and Digital Elevation Model. *Izvestiia Rossiiskoi akademii nauk. Seriia geograficheskaia,* (4), 112–124. (In Russian)

Kurnaev, S. F. (1968). *The main forest types of the middle part of the Russian Plain*. Moscow: Nauka Publ. (In Russian)

McBratney, A. B., Mendonca Santos, M. L. and Minasny, B. (2003). On digital soil mapping. *Geoderma*, 117 (1–2), 3–52. https://doi.org/10.1016/S0016-7061(03)00223-4

Ministry of Natural Resources of the Russian Federation (2000–2002). *Proekt organizatsii i vedeniia lesnogo khoziaistva Vereiskogo leskhoza Moskovskoi oblasti. Kn. 1, 2.* Tsentrlesproekt Publ. (In Russian)

Ogureeva, G. N. and Buldakova, E. V. (2006). Diversity of Forests in the Klinsko-Dmitrovskii Ridge Related to the Landscape Structure of the Territory. *Lesovedenie*, (1), 58–69. (In Russian)

Pennock, D. J. Zebarth, B. J. and De Jong, E. (1987). Landform classification and soil distribution in hummocky terrain, Saskatchewan, Canada. *Geoderma*, 40 (3–4), 297–315. https://doi.org/10.1016/0016-7061(87)90040-1

Petrov, V. V. (1968). New scheme of botanical and geographical zoning of the Moscow region. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriia 6. Biologiia, pochvovedenie*, (5), 44–50. (In Russian)

Puzachenko, Iu. G. (2004). *Mathematical methods in environmental and geographical research.* Moscow: ACADEMA Publ. (In Russian)

Puzachenko, M. Iu. and Chernen'kova, T. V. (2016). Definition of factors of spatial variation in vegetation using RSD, DEM and field data by example of the central part of Murmansk Region. *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniia Zemli iz kosmosa*, 13 (5), 167–191. https://doi.org/10.21046/2070-7401-2016-13-5-167-191 (In Russian)

Rychagov, G. I. (2006). *Geomorphology*. Moscow: Nauka Publ. (In Russian)

Savel'eva, L. I. (2000). Types of coniferous forests of Moscow region. In: *Dinamika khvoinykh lesov Podmoskov'ia*. Moscow: Nauka Publ., 33–66. (In Russian)

Sharyi, P. A. (2006). Geomorphometry in Earth sciences and Ecology, an overview of methods and applications. *Izvestiia Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiiskoi akademii nauk*, 8 (2), 458–473. (In Russian)

Silva, W., Metzger, J., Simões, S., Simonetti, C. (2007). Relief influence on the spatial distribution of the Atlantic Forest cover on the Ibiúna Plateau, SP. Brazilian. *Journal of Biology*, 67 (3), 403–411.

Smith, G.-H. (1935). The Relative Relief of Ohio. *Geographical Review*, 25 (2), 272–284.

Sochava, V. B. (1961). Questions of classification of vegetation, typology physical and geographic faces and biogeocenosis. *Trudy instituta biologii*, (27), 5–22. (In Russian)

Sukachev, V. N. (1972). *Basics of forest typology and biogeocenology*. Leningrad: Nauka Publ. (In Russian)

Troeh, F. R. (1964). Landform parameters correlated to soil drainage. *Soil Science Society of America Proceedings*, 28 (6), 808–812.

Vasil'eva, I. V. (1961). The boundary of the Moscow glaciation and its landscape significance. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriia 5. Geografiia*, (3), 62–66. (In Russian)

Vidina, A. A., Dzherpetov, I. V. and Nizovtsev, V. A. (2012). *Landscape Map of Borovsky District, Kaluga Region. M. 1:150 000.* Available at: http://www.landscape.edu.ru/images/maps/landscapes_borovsk_region.png [Accessed 26 Jun. 2020].

Wu, J. and Qi, P. Y. (2000). Dealing with scale in landscape analysis: an overview. *Geographic Information Sciences*, 6 (1), 1–5.

www.sevin.ru (n. d.). *Analiz rel'efa.* [online] Available at: http://www.sevin.ru/ecosys_services/relief.html [Accessed 24 Jun. 2020].

Received: June 24, 2019
Accepted: February 10, 2020

Contact information:

Nadezhda G. Belyaeva — n.vin@mail.ru
Robert B. Sandlersky — srobert_landy@mail.ru
Tatiana V. Chernen'kova — chernenkova50@mail.ru