



АГРОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ТИПИЗАЦИЯ ЗЕМЕЛЬ

✉ **Гарафутдинова Л.В.**

Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий Российской академии наук
Новосибирская область, р.п. Краснообск, Россия

✉ e-mail: lv.garafutdinova@mail.ru

Описаны минимально необходимая информация и последовательность выделения агроэкологических типов земель на территории землепользования опытной станции (ОС), расположенной в лесостепи Приобья Новосибирской области. Выделены агроэкологические типы земель: первый тип (плакорные земли) представлен черноземом выщелоченным в сочетании с обыкновенным, оподзоленным и темно-серой лесной почвой, второй тип (слабоэрозионные земли) – черноземом выщелоченным в сочетании с темно-серой лесной почвой. Почвенный покров ОС в обоих типах земель представлен черноземом выщелоченным (Чв-2-2с), доля которого для первого типа составляет 75,26%, для второго – 76,26% от общей площади типов. Для первого агроэкологического типа земель характерно варьирование высот от 134 до 165 м. Рабочие участки относительно угла наклона рельефа расположены на склонах от 0 до 3 град. Вертикальное расчленение рельефа в среднем составляет 1,3 м, горизонтальное расчленение эрозионными формами – 0,8 км/км². Второй тип земель характеризуется высотой над уровнем моря от 113 до 137 м, углом наклона рельефа – от 1 до 4 град. Вертикальное расчленение рельефа в среднем составляет 1,7 м, горизонтальное расчленение эрозионными формами – 0,9 км/км². Типизация осуществлена с помощью сформированной цифровой модели землепользования (ЦМЗ) ОС на основе анализа географической информации, материалов дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) и кадастровой карты. ЦМЗ состоит из следующих геоинформационных слоев: топография, почвенный покров, цифровая модель рельефа (ЦМР), рабочие участки. ЦМР включает информацию о крутизне и экспозиции склонов, вертикальном и горизонтальном расчленении.

Ключевые слова: агроэкологические типы земель, геоинформационная модель, ДЗЗ, ГИС, базы данных

AGROECOLOGICAL LAND TYPIFICATION

✉ **Garafutdinova L.V.**

Siberian Federal Scientific Centre of AgroBioTechnologies of the Russian Academy of Sciences
Novosibirsk Region, Krasnoobsk, Russia

✉ e-mail: lv.garafutdinova@mail.ru

The minimum required information and the sequence of agroecological land type allocation on the land management territory of the experimental station (ES) located in the forest-steppe of the Priob'ye region of Novosibirsk is described. Two agroecological land types are distinguished: the first type (upland lands) is represented by leached chernozem in combination with common, podzolized and dark-grey forest soils; the second type (slightly erosive lands) is represented by leached chernozem in combination with dark-grey forest soils. Soil cover of ES in both types of lands is represented by leached chernozem (Lch-2-2s), the share of which for the first type is 75.26%, for the

second - 76.26% of the total area of the types. The first agroecological land type is characterized by a range of heights from 134 to 165 m. The working areas are located on the slopes between 0 and 3 degrees in relation to the terrain angle. Vertical dissection of the relief averages 1.3 m, horizontal dissection by erosion forms is 0.8 km/km². The second type of land is characterized by an elevation of 113 to 137 meters above sea level and a slope of 1 to 4 degrees. Vertical dissection of the terrain averages 1.7 m, horizontal dissection by erosion forms 0.9 km/km². Typification was carried out with the help of a generated Digital Land Use Model (DLM) of the ES based on the analysis of geographical information, remote sensing materials (ERS) and cadastral map. The DLM consists of the following geo-information layers: topography, land cover, digital elevation model (DEM), working areas. The DEM includes information on slope steepness and exposure, vertical and horizontal dissection.

Keywords: agroecological types of lands, geoinformation model, remote sensing, GIS, databases

Для цитирования: Гарафутдинова Л.В. Агроэкологическая типизация земель // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2021. Т. 51. № 6. С. 84–94. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2021-6-10>

For citation: Garafutdinova L.V. Agroecological land typification. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki = Siberian Herald of Agricultural Science*, 2021, vol. 51, no. 6, pp. 84–94. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2021-6-10>

Конфликт интересов

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The author declares no conflict of interest.

Благодарность

Работа выполнена под руководством доктора сельскохозяйственных наук, профессора, главного научного сотрудника Сибирского федерального научного центра агробиотехнологий Российской академии наук В.К. Каличкина.

Acknowledgments

The work was carried out under the supervision of V.K. Kalichkin, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Chief Researcher of the Siberian Federal Scientific Center of AgroBioTechnologies of the Russian Academy of Sciences.

ВВЕДЕНИЕ

Проектирование адаптивно-ландшафтных систем земледелия невозможно без комплексной агроэкологической оценки земель. Агроэкологическая оценка земель учитывает особенности почвенного покрова, геоморфологические и агроклиматические особенности территории землепользования, от которых зависит урожайность сельскохозяйственных культур [1]. Для проведения аналитических работ используют возможности геоинформационных систем (ГИС), которые позволяют систематизировать пространственную информацию и провести ее анализ в соответствии с поставленными целями [2–4]. Геоинформационное решение таких задач заключается в системе накопления, хранения и обработки полученной информации [5]. В ГИС имеется ряд функций, с помощью которых можно проводить анализ, связанный с изменениями земельных ресурсов (расчет площадей, длин и других параметров), получать геоморфометрические ха-

рактеристики поверхности территории (угол наклона, экспозиция склона, вертикальное и горизонтальное расчленение рельефа), что позволяет дать оценку землепользования.

Основой для ГИС являются геоданные. Они представляют собой информацию о реальном объекте, полученную в ходе наблюдений или измерений, при этом единица данных имеет две составляющие: информацию о местоположении объекта в пространстве и информацию о свойствах объекта, описывающих его сущность, и соответственно пространственные и атрибутивные характеристики [6]. С помощью интеграции ГИС и дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) возможно получение информации о земельных ресурсах для их анализа on-line.

Цель исследования – осуществить агроэкологическую типизацию земель с использованием созданной цифровой модели землепользования.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследования проведены на территории ОС «Элитная» (54°54'57"с.ш., 82°57'6"в.д.) Новосибирского района Новосибирской области, расположенной на третьей террасе Приобского плато, имеющей небольшой уклон в сторону р. Обь. Согласно составленной Сибирским научно-исследовательским институтом земледелия и химизации сельского хозяйства (СибНИИЗиХ) СФНЦА РАН схеме агроландшафтного районирования Новосибирской области, территория хозяйства относится к лесостепному Приобскому агроландшафтному району Северопредальтайской лесостепной провинции [7]. Почвенный покров преимущественно представлен различными подтипами чернозема и темно-серой лесной почвой.

Для уточнения информации по границам объектов использовали публичную кадастровую и топографическую карты. В базе геопространственных данных (БГД) отражены сведения о геометрии, пространственном расположении объектов и характеристиках территории. БГД разработана в СУБД SpatiaLite. Геоинформационные слои ГИС формировались с использованием данных проекта территориального землеустройства М 1 : 21 000, топографической карты М 1 : 100 000, космических снимков Landsat-8 с разрешением 30 × 30 м в одном пикселе. Космоснимки скачаны с сайта Геологической службы США (<https://earthexplorer.usgs.gov>). Все электронные слои были созданы в единой системе координат 3857 WGS-84/Pseudo-Mercator с помощью программного обеспечения Quantum GIS (QGIS) с открытой модульной архитектурой (<https://qgis.org/ru/site/>) [8]. При подготовке геоинформационного слоя почвенный покров за основу взята карта опытно-производственного хозяйства «Элитное» (1999 г. М 1 : 10 000).

Модель БГД рельефа включает углы наклона, горизонтальное и вертикальное расчленение, экспозицию склона. Цифровая модель рельефа (ЦМР) сформирована на основе топографической карты с оцифрованными высотами и изолиниями, а также данных SRTM (<https://earthexplorer.usgs.gov>).

Для оценки расчленения рельефа территория была разбита на квадраты размером 1 × 1 км. В пределах полученных квадратов рассчитывались основные показатели с помощью GRASS GIS в интерфейсе QGIS. Горизонтальное расчленение рельефа рассчитано с использованием алгоритма «Fill sinks» → «catchment area» → «channel network» и привязанной атрибутивной информацией о площади и степени развития эрозии. Вертикальное расчленение рельефа рассчитано на основе карты элементарных водосборных бассейнов, используя алгоритм → «r.watershed». Затем с помощью инструмента «Vector < - > raster» – «Raster statistic for polygons» вычислены максимумы и минимумы высот в каждом водосборном бассейне. С помощью калькулятора полей в атрибутивной информации была рассчитана величина перепада высот и площадь, занимаемая определенной высотой на местности.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Данные, полученные в ходе формирования цифровой модели землепользования (ЦМЗ), были сформированы в геоинформационные слои с БГД. Геоинформационный слой топографическая карта несет информацию об актуальных границах землепользования, рабочих участках, опорных пунктах геодезической сети, населенных пунктах, дорожной сети, ЛЭП, газопроводах, высотах, горизонталях и др. С помощью публичной кадастровой карты уточнены границы рабочих участков землепользования. При оцифровке и уточнении площадей рабочих участков при помощи проекта территориального землеустройства, ДЗЗ, растровой картографической подложки (Google Satellite Hybrid) и данных, предоставленных из ОС, оказалось, что учетная площадь везде разная. Поэтому необходимо провести уточнение площадей рабочих участков с помощью контурного дешифрирования аэрофотоснимков.

Сформированная БГД по рабочим участкам включает атрибутивную информацию: номер участка, площадь, длину гона, конфи-

гурацию рабочих участков, удаленность от центральной усадьбы, мощность гумусового горизонта, сельскохозяйственные культуры, возделываемые последние 5 лет, и их урожайность (см. рис. 1).

Основой землеустройства являются севообороты, размещение которых зависит от почвенно-климатических условий. Геоинформационный слой схемы севооборота в ОС «Элитная» представлен на рис. 2. На территории ОС «Элитная» преобладают в равной степени полевые и кормовые севообороты, так как специализация сельскохозяйственной организации животноводческо-растениеводческая.

В виде одного из тематических слоев ГИС создан геоинформационный слой почвенный покров, который содержит характеристику почвенного покрова территории, служит основой для проведения агроэкологической типизации земель [9].

Почвенный покров территории ОС «Элитная» представлен различными подтипами, доля которых от общей площади составляет следующие величины: чернозем выщелоченный – 83,35%, обыкновенный – 6,11, оподзоленный – 3, темно-серая лес-

ная – 7,54% (см. рис. 3). В БГД почв содержится информация о почвенном индексе, названии почвы, содержании гумуса и физической глины, рН, подвижного фосфора и обменного калия. Гранулометрический состав почв варьирует от среднесуглинистого до тяжелосуглинистого. Содержание гумуса в почвах изменяется от 2 до 5%, рН – от 4,51 до 5,01.

Рельеф земной поверхности оказывает влияние на физико-географические элементы ландшафта, являясь главным фактором его формирования. От крутизны, формы, экспозиции склона и расчлененности территории зависят микроклиматические и геохимические условия изучаемой территории – сток воды и эрозия почв, которые являются главными его характеристиками. От крутизны и формы склонов зависят температура прогревания почв, интенсивность эрозии и мощность почвенного профиля. Поэтому полученные пространственные данные по морфометрическим характеристикам помогают оценить эрозионный потенциал территории [10]. Для этих целей создана ЦМР. Для ЦМР была сформирована БГД с точечной и линейной геометрией. Линейный слой со-

ID	Культура 1	Культура 2	Культура 3	Культура 4	Культура 5	Культура 6	Длина гона	Конфигур	Сод гумуса	Удален	Кандоргор.	Урожай2016	Урожай2017	Урожай18	Урожай19	Урожай20	Н
1	5.0 Пшеница	Однолетние тр...	Пар	Озимая Пш...	Залежь 2 года...	Однолетние тр...	1,25 Правильная		6	3	Хорошее	18,20	78,40				Ма
2	5.0		Овес	Ячмень	Однолетние тр...	Овес	2,54 Правильная		6	3	Хорошее			31,80	18,80	60,00	Сре
3	6.1 ОлПшеница	Однолетние тр...	Пшеница	Однолетние...	Однолетние тр...	Кукуруза	0,83 Правильная		6	2	Хорошее	78,40			79,00	60,00	Сре
4	6.2 Овес	Однолетние тр...	Пшеница	Кукуруза	Однолетние тр...	Кукуруза	1,57 Правильная		6	2	Хорошее	35,60	78,40	19,00	160,00	60,00	Сре
5	6.3 Пшеница	Соя	Ячмень	Горох	Залежь	Пар	1,54 Правильная		6	2	Хорошее	18,20	8,20	18,30	20,10		Сре
6	6.4 Пшеница	Горох	Ячмень	Вика на зерно	Залежь	Пар	1,56 Правильная		6	2	Хорошее	18,20	23,10	18,30	21,10		Ма
7	7.0 Кукуруза	Ячмень	Однолетние тр...	Овес	Однолетние тр...	Кукуруза	1,80 Правильная		6	2	Хорошее	370,00	28,20	86,00	21,10	60,00	Сре
8	8.0 Пшеница	Однолетние тр...	Ячмень	Однолетние...	Кукуруза	Ячмень	2,75 Близка к прямоугольной		6	2	Хорошее	18,20	78,40	18,30	79,00	160,00	
9	9.0 Однолетние тр...	Кукуруза	Ячмень	Однолетние...	Кукуруза	Ячмень	3,29 Правильная		5	4	Хорошее	370,00	253,00	18,30	79,00	160,00	Сре
10	10.1 Многолетние т...	Многолетние т...	Многолетние т...	Многолетние...	Пшеница	Ячмень	1,67 Правильная		6	2	Хорошее					12,50	Сре
11	10.1			Однолетние...	Пшеница	Многолетние т...	1,67 Правильная		4	2	Хорошее				79,00	12,50	Сре
12	10.2 Пшеница	Однолетние тр...	Пшеница	Соя	Горох	Горох	1,22 Правильная		6	2	Хорошее	18,20	78,40	19,00	4,50	22,10	Сре
13	10.2				Горох	Соя	1,25 Правильная		5	2	Хорошее					15,10	Сре
14	11.1 Соя/Гречиха	Однолетние тр...	Пшеница	Соя	Однолетние тр...	Ячмень	1,58 Правильная		5	2	Хорошее	17,70		19,00	4,50	60,00	Сре
15	11.2 Картофель	Ячмень	Овес	Ряпс	Пшеница	Рыжик	1,43 Правильная		5	3	Хорошее		28,20	31,80		12,50	Сре
16	12.0 Вика на зерно/...	Ячмень	Однолетние тр...	Овес	Ячмень	Однолетние тр...	3,06 Правильная		6/3	2	Хорошее	20,30	28,20	86,00	21,10	22,10	Сре
17	13.0 Однолетние тр...	Ячмень	Соя	Ячмень	Однолетние тр...	Ячмень	2,32 Правильная		5/4	2	Хорошее	28,20	5,40	18,80	60,00	60,00	Сре
18	14.0 Однолетние тр...	Овес/Вика	Пшеница/Карт...	Однолетние...	Ячмень	Однолетние тр...	2,69 Правильная		6/5	1	Хорошее		26,53	19,00	79,00	22,10	Сре
19	15.0	Однолетние тр...	Ячмень	Пшеница	Горох	Вика	1,38 Правильная		5	1	Хорошее		78,40	18,30	15,40	15,10	Сре
20	15.0 Ячмень	Картофель	Кукуруза	Однолетние...	Пшеница	Горох	1,18 Правильная		6	1	Хорошее	28,80		277,00	79,00	12,50	Сре
21	17.0 Пар	озимая пше...	Горох	Пшеница	Горох	Пшеница	1,70 Правильная		6/5	1	Хорошее		18,10	15,40	15,10	Сре	
22	18.0 Овес	Пар	Озимая пше...	Пшеница	Залежь отдох год	Пшеница	3,27 Правильная		6/5	1	Хорошее	35,60			15,40		Сре
23	19.1 Ячмень	Овес	Вика на зерно	Ячмень	Вика на зерно	Ряпс	1,28 Правильная		5	1	Хорошее	28,80	26,50	27,30	18,80	14,00	Ма
24	19.2			Пар	Ряпс		1,20 Правильная		6	6	Хорошее						Ма
25	19.2 Ячмень	Овес	Вика на зерно	Ячмень	Вика на зерно	Пшеница	1,00 Правильная		5	6	Хорошее	28,80	26,50	27,30	18,80	14,00	Сре
26	20.0 Многолетние т...	Пшеница/Мно...	Овес/Многоле...	Ячмень	Залежь	Многолетние т...	3,27 Правильная		5	7	Хорошее		19,20	31,80	18,80		Сре
27	21.1 Ячмень	Многолетние т...	Многолетние т...	Многолетние...	Пшеница	Пшеница	1,14 Правильная		6/5	7	Хорошее	28,80					Сре

Рис. 1. Фрагмент базы геопро пространственных данных рабочих участков
 Fig. 1. Fragment of the geospatial database of work sites

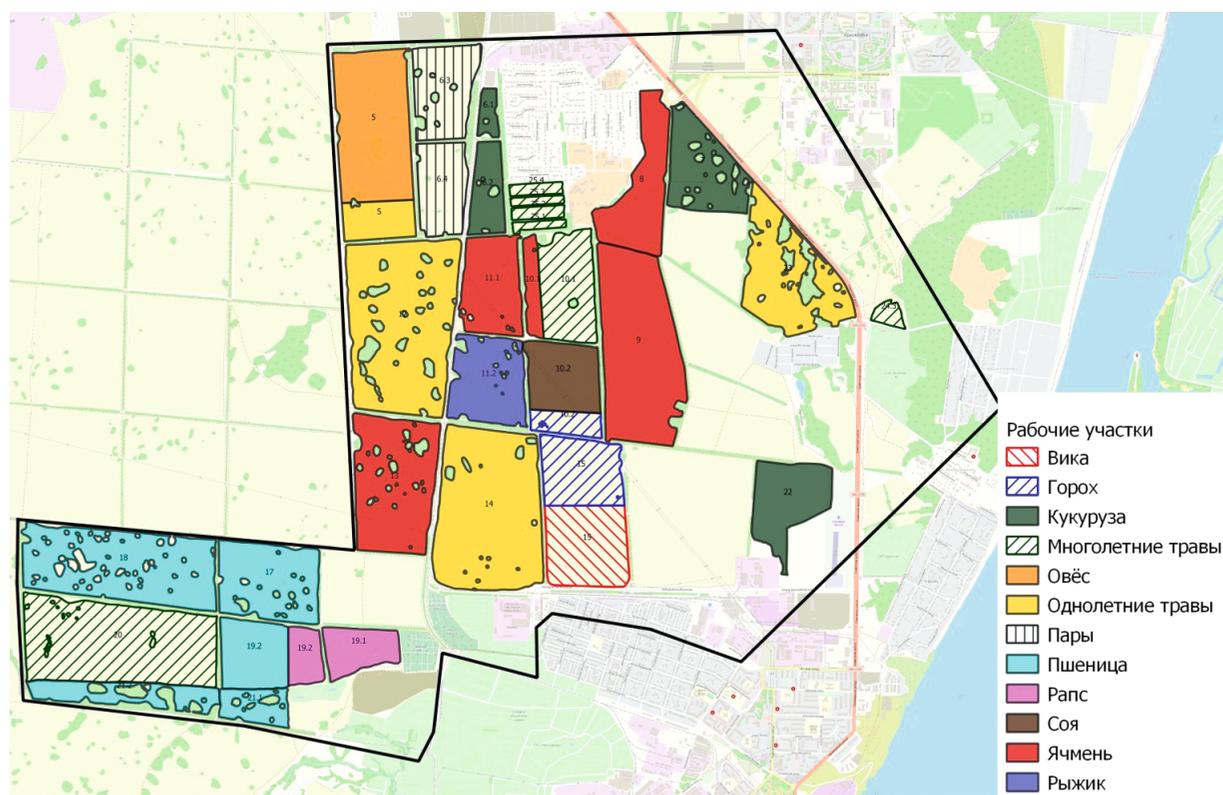


Рис. 2. Геоинформационный слой рабочих участков посевов сельскохозяйственных культур ОС «Элитная» в 2021 г.

Fig. 2. Geographic information layer of working areas of crops of the ES «Elitnaya» in 2021

держит информацию о высотах, которые построены с сечением через 10 м (см. рис. 4).

Выполнен расчет и анализ карт горизонтального и вертикального расчленения, экспозиции и крутизны склонов, сделаны выводы относительно подверженности территории геоморфологическим рискам в зависимости от значений морфометрических параметров рельефа [11].

Одной из основных характеристик рельефа является крутизна склона и его форма, которые обуславливают скорость стока поверхностных вод. Исходя из того, что именно крутизна склона влияет на проявление эрозионных процессов, были рассчитаны показатели уклона территории ОС «Элитная» на основе SRTM.

Территория ОС «Элитная» располагает земельными участками разной крутизны, классификацию которой проводили по методике М.Н. Заславского (см. рис. 5) [12].

Большую часть ОС «Элитная» занимают склоны 0–1 град. На них проходит 57,17%

территории, склоны 1–3 град. занимают 41,03%, 3–5 град. – 1,77, 5–7 град. – 0,03%. Это показывает, что рельеф склонов варьирует от очень пологих до слабопокатых [1]. Рабочие участки в основном расположены на склонах 0–3 град., они менее смыты, чем расположение на более крутых склонах.

От экспозиции склонов зависят интенсивность распределения солнечного освещения, растительный и почвенный покров, микроклимат, распределение снега зимой. Наиболее благоприятными склонами для размещения сельскохозяйственных культур в лесостепи считаются южные, они быстрее прогреваются, продолжительность вегетационного периода растений на них выше, а самыми неблагоприятными – северные, более холодные и часто переувлажненные. На склонах восточной экспозиции достижение максимальной температуры приходится на утро, западной – на вечер [13]. При формировании электронного слоя экспозиции склонов было принято разбиение на восемь

тип почв : Features Total: 32, Filtered: 32, Selected: 0

id	Индекс	Назва	Гумус	Глина	pH	Фосфо	Калий	Тип	Подти	
1	1	C3-2-с	Темно-серая лесная оподзоленная среднесуглинистая	4	65	5,01	>200	80	Серые лесные почвы	Темно-серые лесные
2	1	C3-2-с	Темно-серая лесная оподзоленная среднесуглинистая	4	65	5,01	>200	80	Серые лесные почвы	Темно-серые лесные
3	1	C3-2-с	Темно-серая лесная оподзоленная среднесуглинистая	4	65	5,01	>200	80	Серые лесные почвы	Темно-серые лесные
4	1	C3-2-с	Темно-серая лесная оподзоленная среднесуглинистая	4	65	5,01	>200	80	Серые лесные почвы	Темно-серые лесные
5	1	C3-2-с	Темно-серая лесная оподзоленная среднесуглинистая	4	65	5,01	>200	80	Серые лесные почвы	Темно-серые лесные
6	1	C3-2-с	Темно-серая лесная оподзоленная среднесуглинистая	4	65	5,01	>200	80	Серые лесные почвы	Темно-серые лесные
7	1	C3-2-с	Темно-серая лесная оподзоленная среднесуглинистая	4	65	5,01	>200	80	Серые лесные почвы	Темно-серые лесные
8	1	C3-2-с	Темно-серая лесная оподзоленная среднесуглинистая	4	65	5,01	>200	80	Серые лесные почвы	Темно-серые лесные
9	1	C3-2-с	Темно-серая лесная оподзоленная среднесуглинистая	4	65	5,01	>200	80	Серые лесные почвы	Темно-серые лесные
10	1	C3-2-с	Темно-серая лесная оподзоленная среднесуглинистая	4	65	5,01	>200	80	Серые лесные почвы	Темно-серые лесные
11	1	C3-2-с	Темно-серая лесная оподзоленная среднесуглинистая	4	65	5,01	>200	80	Серые лесные почвы	Темно-серые лесные
12	1	C3-2-с	Темно-серая лесная оподзоленная среднесуглинистая	4	65	5,01	>200	80	Серые лесные почвы	Темно-серые лесные
13	5	Чв-1-3-с	Чернозем выщелоченный маломощный среднесуглинистый	4	65	4,51	>200	40	Черноземы	Чернозем выщелоченный
14	1	C3-2-с	Темно-серая лесная оподзоленная среднесуглинистая	4	65	5,01	>200	80	Серые лесные почвы	Темно-серые лесные
15	6	Чо-2-2-г	Чернозем оподзоленный среднесуглинистый маломощный глинистый и тяжел...	4	65	5,01	>200	40	Черноземы	Чернозем оподзоленный
16	2	Чо-2-2-с	Чернозем оподзоленный среднесуглинистый маломощный глинистый	4	50	5,51	>200	120	Черноземы	Чернозем оподзоленный
17	2	Чо-2-2-с	Чернозем оподзоленный среднесуглинистый маломощный глинистый	4	50	5,51	>200	120	Черноземы	Чернозем оподзоленный
18	2	Чо-2-2-с	Чернозем оподзоленный среднесуглинистый маломощный глинистый	4	50	5,51	>200	120	Черноземы	Чернозем оподзоленный
19	4	Чв-2-1-г	Чернозем выщелоченный маломощный маломощный глинистый и тяжел...	5	65	5,01	>200	120	Черноземы	Чернозем выщелоченный
20	1	C3-2-с	Темно-серая лесная оподзоленная среднесуглинистая	4	65	5,01	>200	80	Серые лесные почвы	Темно-серые лесные
21	3	C3-2-т	Темно-серая лесная среднеподзоленная среднесуглинистая	4	65	5,01	>200	80	Серые лесные почвы	Темно-серые лесные
22	3	C3-2-т	Темно-серая лесная среднеподзоленная среднесуглинистая	4	65	5,01	>200	80	Серые лесные почвы	Темно-серые лесные
23	3	C3-2-т	Темно-серая лесная среднеподзоленная среднесуглинистая	4	65	5,01	>200	80	Серые лесные почвы	Темно-серые лесные
24	3	C3-2-т	Темно-серая лесная среднеподзоленная среднесуглинистая	4	65	5,01	>200	80	Серые лесные почвы	Темно-серые лесные
25	1	C3-2-с	Темно-серая лесная оподзоленная среднесуглинистая	4	65	5,01	>200	80	Серые лесные почвы	Темно-серые лесные
26	7	Ч-2-2-с	Чернозем обыкновенный среднесуглинистый среднесуглинистый	2	30	5,01	>200	120	Черноземы	Чернозем обыкновенный
27	2	Ч-2-2-с	Чернозем обыкновенный среднесуглинистый среднесуглинистый	4	50	5,51	>200	120	Черноземы	Чернозем обыкновенный

Рис. 3. Фрагмент базы геопространственных данных электронного слоя почвенный покров
 Fig. 3. Fragment of the geospatial database of the electronic layer soil cover

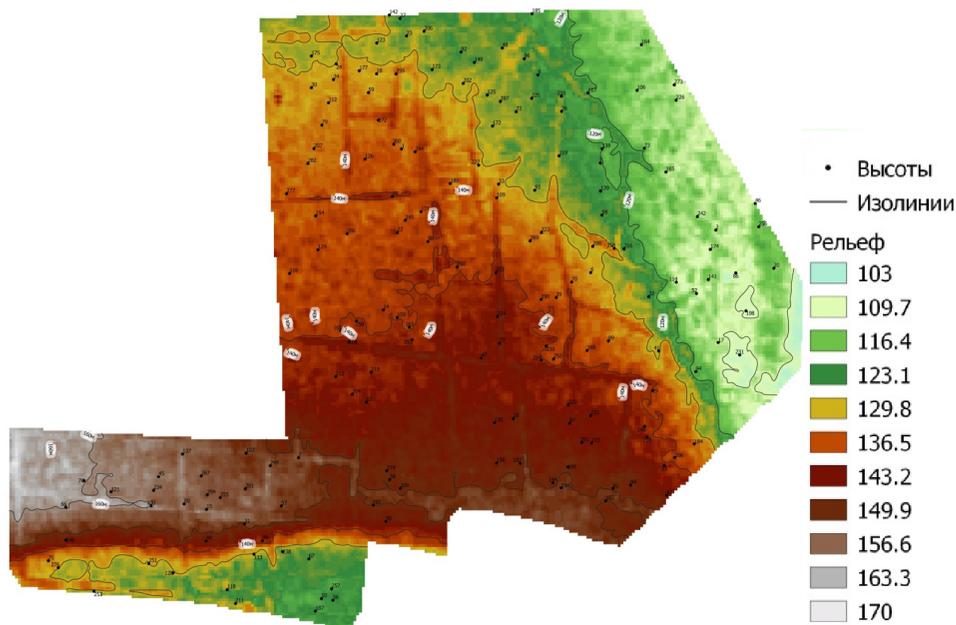


Рис. 4. Цифровая модель рельефа ОС «Элитная», м
 Fig. 4. Digital relief model of the ES «Elite», m

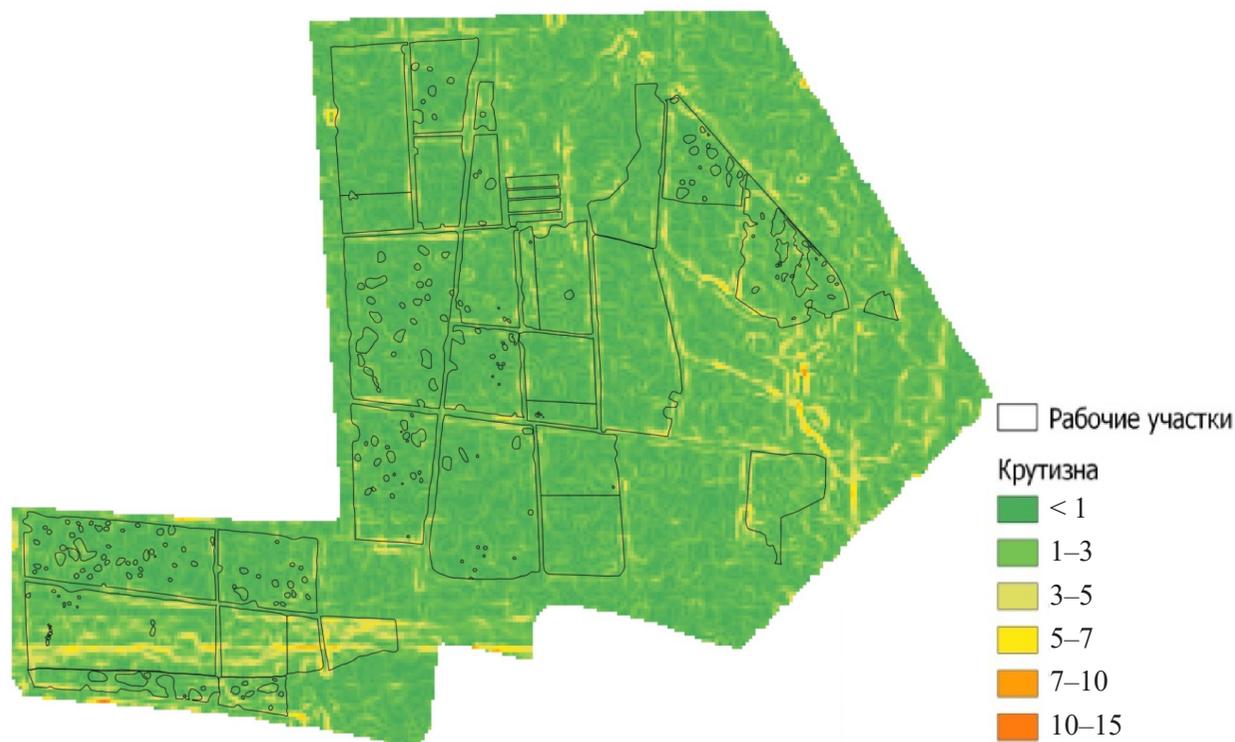


Рис. 5. Геоинформационный слой распределения значений крутизны склонов, град.

Fig. 5. Geographic information layer for the distribution of slope steepness values, degrees

румбов: север, северо-восток, восток, юго-восток, юг, юго-запад, запад, северо-запад (см. рис. 6).

Анализ показал, что на территории ОС «Элитная» на склоны северной экспозиции приходится 14,79%, северо-восточной – 15,86, восточной – 14,22, юго-восточной – 10,57, южной – 14,42% от общей площади. Склоны юго-западной экспозиции представлены наименьшей долей и составляют 8,96%, западной – 11,20, северо-западной – 9,99%. Наиболее значительно южная экспозиция склонов выражена на рабочих участках, расположенных в юго-западной части ОС «Элитная», на остальные участки приходится в равной степени сложное распределение экспозиций склонов.

Степень горизонтального расчленения исследуемой территории зависит от развития эрозионной сети, классификация которой общепринята [12]. Сформированный слой горизонтального расчленения рельефа характеризуется показателем разбивки территории на участки на основе регулярной сетки площадью 1 км², с последующим вы-

числением длины эрозионной сети в каждой ячейке. Данные атрибутивной БГД содержат информацию о площади, протяженности постоянного и временного водотоков.

По данным расчетов горизонтального расчленения рельефа, 64,98% территории ОС «Элитная» отнесено к слабо расчлененной равнине с незначительным проявлением эрозионных процессов. Расчленение эрозионными формами составляет менее 0,2 км/км². Средняя расчлененность территории составляет 12,77% от общей площади, сильная – 12,77 и очень сильная – 9,57%. Расчлененность эрозионными формами рельефа с севера на северо-восток увеличивается от 0,1 до 0,9 км/км². В восточной части коэффициент горизонтального расчленения варьирует от 0,1 до 0,5 км/км², на юго-западе – от 0,2 до 0,5, в западной части – от 0,1 до 0,3, на северо-западе – от 0,5 до 0,8 км/км².

Атрибутивная информация геоинформационного слоя вертикального расчленения рельефа содержит сведения о высотах, разнице между максимумом и минимумом высот, площади занимаемые высотой на мест-

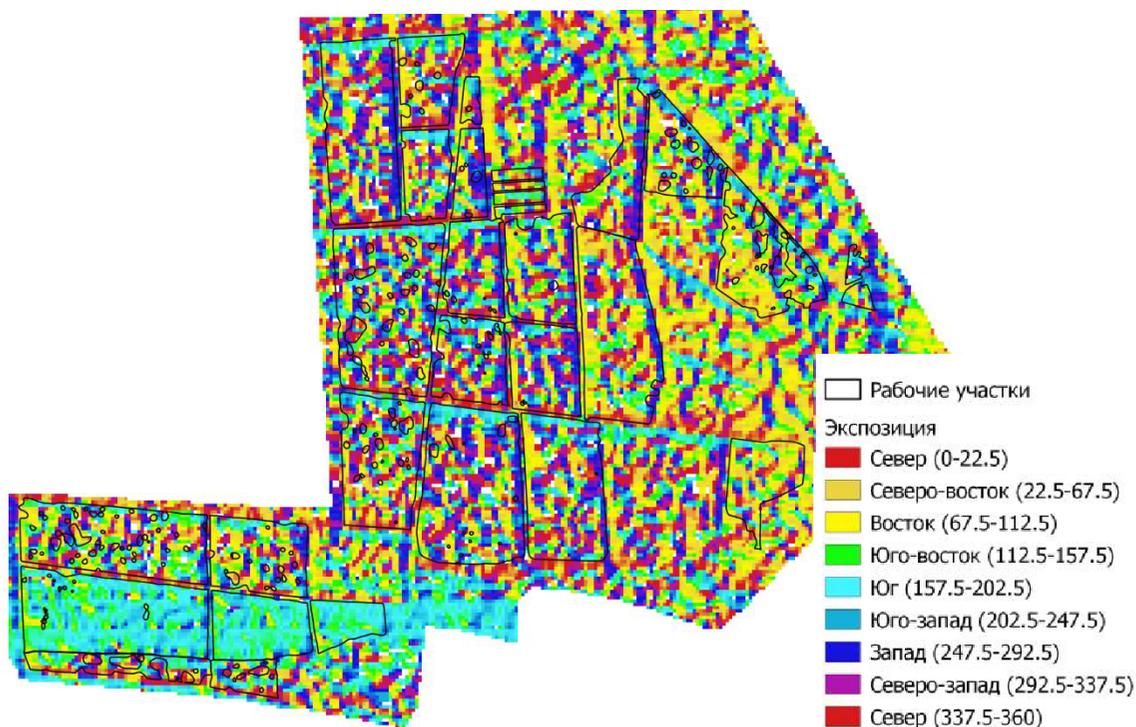


Рис. 6. Геоинформационный слой распределения значений экспозиции склонов, град.

Fig. 6. Geographic information layer of slope exposure values distribution, degrees

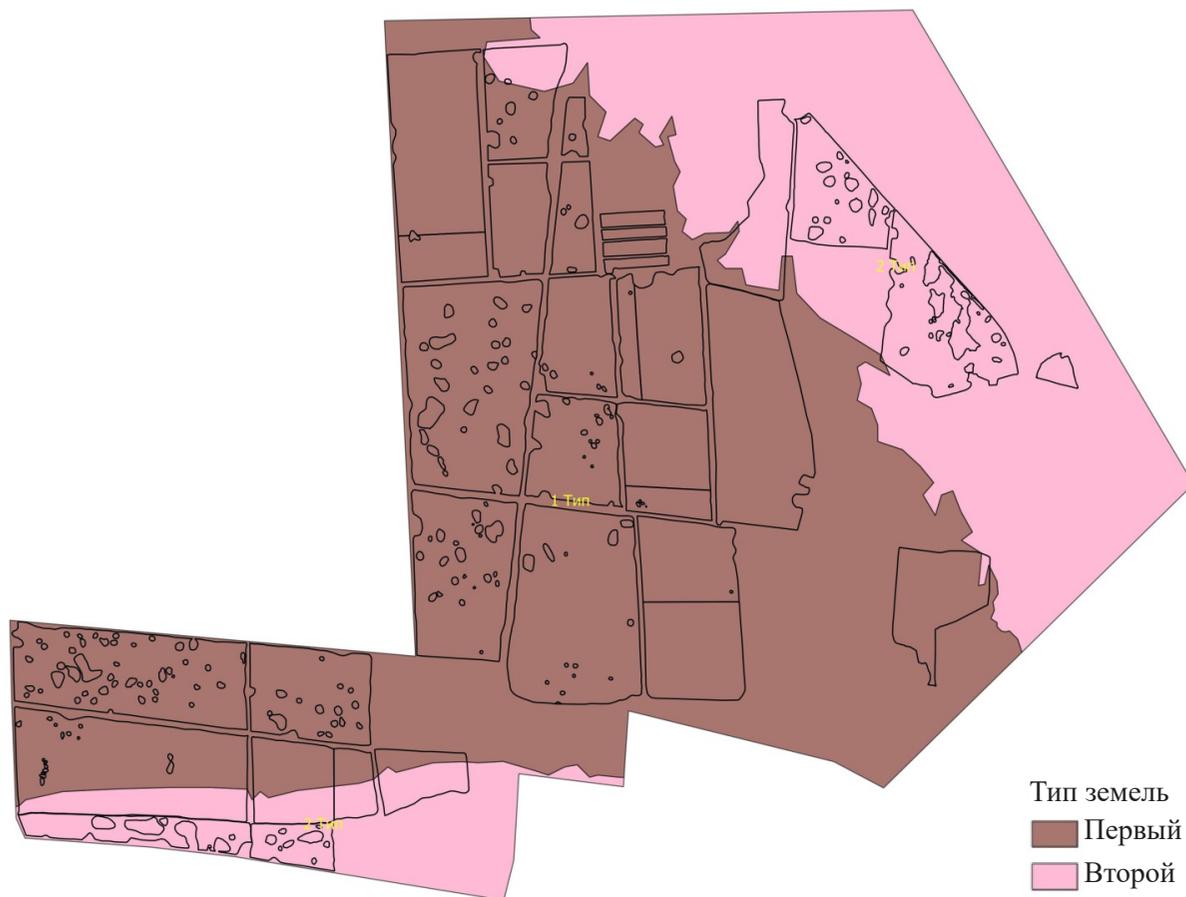


Рис. 7. Геоинформационный слой агроэкологических типов земель

Fig. 7. Geoinformation layer of agroecological land types

ности. Перепад между высотами варьирует от 11 до 73 м. В целом территория землепользования ОС «Элитная» характеризуется условно не расчлененной равниной, доля которой от общей площади составляет 96,83%. Мелко расчлененная равнина составляет 0,52% от общей площади, средне расчлененная – 0,51, глубоко расчлененная – 0,63 и сильно расчлененная – 3,06%.

С помощью взаимного наложения карт-слоев выявляются агроэкологические типы земель [14]. На основе проведенного анализа сформирован электронный слой агроэкологические типы земель. Основа агроэкологической типизации земель – определение агроэкологически однородной территории по условиям возделывания сельскохозяйственных культур.

Агроэкологическая типизация земель проведена по методике В.И. Кирюшина [15]. На территории землепользования ОС «Элитная» выделено два типа земель (см. рис.7). Первый агроэкологический тип земель (плакорные земли) представлен черноземом выщелоченным в сочетании с обыкновенным, оподзоленным и темно-серой лесной почвами. Высоты над уровнем моря колеблются от 134 до 165 м. Угол наклона рельефа варьирует от 0 до 3 град. Вертикальное расчленение рельефа в среднем составляет 1,3 м, горизонтальное расчленение эрозионными формами – 0,8 км/км². Наибольшую площадь занимает чернозем выщелоченный среднесуглинистый (Чв-2-2с), доля которого составляет 75,26% от общей площади типа.

Второй агроэкологический тип земель расположен на слабоэрозионных землях и включает чернозем выщелоченный в сочетании с темно-серой лесной почвой. Высота над уровнем моря варьирует от 113 до 137 м. Угол наклона рельефа изменяется от 1 до 4 град. Вертикальное расчленение рельефа составляет в среднем 1,7 м, горизонтальное расчленение эрозионными формами – 0,9 км/км². Наибольшую площадь занимает чернозем выщелоченный среднесуглинистый (Чв-2-2с), доля которого составляет 76,26% от общей площади типа.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Территория землепользования ОС «Элитная» имеет плакорный и слабопокатый тип местности, изрезанный линейными эрозионными формами. Рабочие участки в основном расположены на преобладающих склонах 0–3 град. (98,2%). В почвенном покрове преимущественно выражен чернозем выщелоченный, на который приходится 83,35% от общей площади ОС. Преобладают склоны северо-восточной экспозиции, на них приходится 15,86% от общей площади. Территория ОС отнесена к слаборасчлененной равнине, где расчленение эрозионными формами составляет менее 0,2 км/км², а вертикальное расчленение рельефа изменяется от 11 до 73 м.

Агроэкологическая типизация земель с использованием ЦМЗ заключается в последовательности выполнения алгоритма: координатная привязка, формирование геоинформационных слоев с помощью обработки данных ДЗЗ, формирование ЦМР (горизонтального и вертикального расчленения рельефа, угла наклона, экспозиции склонов), создании БГД. Для формирования более качественной ЦМЗ необходимо уточнить границы рабочих участков и пространственное местоположение географических объектов, а также создать почвенную карту (бумажный вариант карты утерян) с помощью данных ДЗЗ и полевого почвенного обследования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Агроэкологическая оценка земель, проектирование адаптивно-ландшафтных систем земледелия и агротехнологий: монография. М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2005. 784 с.
2. *Каличкин В.К., Павлова А.И.* Агрономические геоинформационные системы: монография. Новосибирск: СФНЦА РАН, 2018. 347 с.
3. *Павлова А.И., Каличкин В.К.* Использование геоморфометрического анализа рельефа при создании базы данных сельскохозяйственных земель // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2016. № 5. С. 5–13.
4. *Смирнова Л.Г., Нарожная А.Г., Кривоконь Ю.Л., Петрякова А.А.* Применение геоинформационных систем для агроэколо-

- гической оценки земель при проектировании адаптивно-ландшафтных систем земледелия // Достижения науки и техники АПК. 2011. № 11. С. 11–14.
5. Каличкин В.К. Геоинформационное моделирование в изучении трансформации и использования земель сельскохозяйственного назначения // Достижения науки и техники АПК. 2016. Т. 30. № 4. С. 70–72.
 6. Майорова О.В., Малева М.Л., Майоров А.Н. Земельный мониторинг РФ на основе применения ГИС технологий // International Agricultural Journal. 2020. Т. 63. № 6. С. 38.
 7. Кирюшин В.И., Власенко А.Н., Каличкин В.К., Власенко Н.Г., Филимонов Ю.П., Иодко Л.Н., Шарков И.Н., Тарасов А.С., Понько В.А., Южаков А.И., Хмелев В.А., Семендяева Н.В., Киншт А.В., Синещеков В.Е., Новиков В.М., Шоба В.Н., Кожевников А.И., Усолкин В.Т., Добротворская Н.И., Ким С.А., Солосич Н.А., Филимонова Л.Н., Коняева Н.М., Полухин Н.И. Адаптивно-ландшафтные системы земледелия Новосибирской области: монография. Новосибирск: СО РАСХН, 2002. 387 с.
 8. Каличкин В.К., Логачева О.М., Сигитов А.А., Гарафутдинова Л.В. Интеграция геоинформационной системы и методов многокритериального анализа решений для оценки пригодности земель сельскохозяйственного использования // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2020. Т. 50. № 6. С. 93–105. DOI: 10.26898/0370-8799-2020-6-11.
 9. Каличкин В.К., Павлова А.И., Шоба В.Н., Каличкин А.В. Интеграция оценки агроэкологических и технологических свойств земель // Достижения науки и техники АПК. 2019. Т. 33. № 3. С. 11–14.
 10. Павлова А.И., Каличкин В.К. Использование геоморфометрического анализа рельефа при создании базы данных сельскохозяйственных земель // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2016. № 5. С. 5–13.
 11. Савельева Д.А., Каличкин В.К. Применение цифровых технологий при изучении водной эрозии почв Западной Сибири // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2019. Т. 49. № 4. С. 86–100. DOI 10.26898/0370-8799-2019-4-10.
 12. Заславский М.Н. Эрозиоведение. Основы противоэрозионного земледелия: монография. М.: Высшая школа, 1987. 375 с.
 13. Соколова Г.Г. Влияние высоты местности, экспозиции и крутизны склона на особенности пространственного распределения растений // Acta Biologica Sibirica. 2016. Т. 2. № 3. С. 34–45.
 14. Иванов А.Л., Козубенко И.С., Савин И.Ю., Кирюшин В.И. Цифровое земледелие // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2018. № 5. С. 4–9.
 15. Кирюшин В.И. Экологизация земледелия и технологическая политика: монография. М.: МСХА, 2000. 473 с.

REFERENCES

1. *Agroecological assessment of land, design of adaptive landscape systems of farming and agricultural technologies*. Moscow, FGNU "Rosinformagrotech", 2005. 784 p. (In Russian).
2. Kalichkin V.K., Pavlova A.I. *Agronomic geoinformation systems*. Novosibirsk, SFSCA RAS, 2018, 347 p. (In Russian).
3. Pavlova A.I., Kalichkin V.K. The use of geomorphometric analysis of the relief when creating a database of agricultural lands. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki = Siberian Herald of Agricultural Science*, 2016, no. 5, pp. 5–13. (In Russian).
4. Smirnova L.G., Narozhnyaya A.G., Krivokon Yu.L., Petryakova A.A. Application of geographic information systems for agroecological land assessment in the design of adaptive landscape farming systems. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK = Achievements of Science and Technology of AIC*, 2011, no. 11, pp. 11–14. (In Russian).
5. Kalichkin V.K. Geoinformation modeling in the study of transformation and use of agricultural lands. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK = Achievements of Science and Technology of AIC*, 2016, Vol. 30, no. 4, pp. 70–72. (In Russian).
6. Mayorova O.V., Maleva M.L., Mayorov A.N. Land monitoring of the Russian Federation based on the use of GIS technologies. *International Agricultural Journal*, 2020. Vol. 63. №. 6, pp. 38. (In Russian).
7. Kiryushin V.I., Vlasenko A.N., Kalichkin V.K., Vlasenko N.G., Filimonov Y.P., Iodko L.N., Sharkov I.N., Tarasov A.S., Ponko V.A., Yuzhakov A.I., Khmelev V.A., Semendyaeva N.V., Kinsht A.V., Sineschekov V.E., Novikov V.M., Shoba V.N., Kozhevnikov A.I., Usolkin V.T.,

- Dobrotvorskaya N.I., Kim S.A., Solosich N.A., Filimonova L.N., Konyaeva N.M., Polukhin N.I. *Adaptive-landscape farming systems of the Novosibirsk region*. Novosibirsk, SB RAAS Publ., 2002, 387 p. (In Russian).
8. Kalichkin V.K., Logacheva O.M., Sigitov A.A., Garafutdinova L.V. Integration of geoinformation system and methods of multicriteria analysis of solutions for assessing the suitability of agricultural land. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki = Siberian Herald of Agricultural Science*, 2020, vol. 50, no. 6, pp. 93–105. (In Russian). DOI: 10.26898 / 0370-8799-2020-6-11.
 9. Kalichkin V.K., Pavlova A.I., Shoba V.N., Kalichkin A.V. Integration of assessment of agroecological and technological properties of lands. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK = Achievements of Science and Technology of AIC*, 2019, vol. 33, no. 3, pp. 11–14. (In Russian).
 10. Pavlova A.I., Kalichkin V.K. The use of geomorphometric analysis of the relief when creating a database of agricultural lands. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki = Siberian Herald of Agricultural Science*, 2016, no. 5, pp. 5–13. (In Russian).
 11. Savelieva D.A., Kalichkin V.K. Application of digital technologies in the study of water erosion of soils in Western Siberia. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki = Siberian Herald of Agricultural Science*, 2019, vol. 49, no. 4, pp. 86–100. (In Russian). DOI: 10.26898 / 0370-8799-2019-4-10.
 12. Zaslavsky M.N. *Erosiology. Fundamentals of anti-erosion agriculture*. Moscow, Vysshaya Shkola Publ., 1987, 375 p. (In Russian).
 13. Sokolova G.G. The influence of the height of the area, exposure and steepness of the slope on the features of the spatial distribution of plants. *Acta Biologica Sibirica*, 2016, vol. 2, no. 3, pp. 34–45. (In Russian).
 14. Ivanov A.L., Kozubenko I.S., Savin I. Yu., Kiryushin V.I. Digital agriculture. *Vestnik Rossiiskoi sel'skokhozyaistvennoi nauki = Vestnik of the Russian agricultural science*, 2018, no. 5, pp. 4–9. (In Russian).
 15. Kiryushin V.I. *Ecologization of agriculture and technological policy*. Moscow, Moscow Agricultural Academy, 2000. 473 p. (In Russian).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

✉ **Гарафутдинова Л.В.**, младший научный сотрудник; **адрес для переписки:** Россия, 630501, Новосибирская область, р.п. Краснообск; СФНЦА РАН, а/я 463; e-mail: lv.garafutdinova@mail.ru

AUTHOR INFORMATION

✉ **Lyudmila V. Garafutdinova**, Junior Researcher; **address:** PO Box 463, SFSCA RAS, Krasnoobsk, Novosibirsk Region, 630501, Russia; e-mail: lv.garafutdinova@mail.ru

Дата поступления статьи / Received by the editors 30.07.2021
 Дата принятия к публикации / Accepted for publication 05.11.2021
 Дата публикации / Published 27.12.2021