

DOI: 10.31862/2500-2961-2020-10-1-76-96

А.Н. Чащин, В.П. Жижилев

Пермский государственный аграрно-технологический
университет имени академика Д.Н. Прянишникова,
614990 г. Пермь, Российская Федерация

Оценка сельскохозяйственного использования почв по данным дистанционного зондирования (Пермский край, на примере ООО «Крона-Агро»)

Для оперативной и точной оценки сельскохозяйственного использования почв эффективно использовать дистанционные методы исследований. Целью работы являлось оценить современное сельскохозяйственное использование почв по данным дистанционного зондирования Земли одного из типичных сельскохозяйственных предприятий Пермского края. Выполнена оцифровка крупномасштабной почвенной карты землепользования, оценена интенсивность зарастания почв древесной растительностью. На основе спутниковых данных выделены современные границы обрабатываемых почв. Основой для создания цифровой почвенной карты являлась отсканированная крупномасштабная почвенная карта ООО «Крона Агро» (Бардымский район, Пермский край), из дистанционных материалов использованы данные радиолокационной съемки SRTM и мультиспектральные снимки серии Landsat 5 (март 1988 г.), Landsat 8 (февраль 2018 г.) и Sentinel 2 (июль 2018 г.). Создание картографических материалов и обработка спутниковых снимков выполнялось в полнофункциональной ГИС с открытым кодом Quantum GIS. На территории хозяйства преобладают дерново-мелкоподзолистые почвы, а их площадь составляет 1448,1 га (27,3% от всей площади исследованной территории). В результате исследований установлено, что за период с 1988 по 2018 гг. произошло зарастание земель. Площадь зарастания составила 1575,9 га (29,7%). В залежное состояние

перешли дерново-слабоподзолистые (40%), дерново-бурые (50%) и дерново-карбонатные (10%) почвы. В результате анализа разновременной спутниковой информации нами установлена тенденция снижения обрабатываемых земель. Площадь пашни сократилась на 40%, при этом число полей уменьшилось с 35 до 26. В почвенном покрове существующих полей значительна доля почвенного покрова с сильной контрастностью.

Ключевые слова: почвенная карта, ГИС, данные дистанционного зондирования, почвенные карты землепользования, Пермский край

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Чашин А.Н., Жижилев В.П. Оценка сельскохозяйственного использования почв по данным дистанционного зондирования (Пермский край, на примере ООО «Крона-Агро») // Социально-экологические технологии. 2020. Т. 10. № 1. С. 76–96. DOI: 10.31862/2500-2961-2020-10-1-76-96

Original research

DOI: 10.31862/2500-2961-2020-10-1-76-96

A.N. Chashchin, V.P. Zhizhilev

Perm State Agro-Technological University
named after Academician D.N. Pryanishnikov,
Perm, 614990, Russian Federation

Assessment of the agricultural soil use by remote sensing (Perm Region, on the example of LLC “Krona-Agro”)

For rapid and accurate assessment of the agricultural soil use it is effective to use remote sensing methods. The aim of the work was to evaluate the modern agricultural use of soil according to the data of remote sensing of the Earth of one of the agricultural enterprises of Perm region. Digitization of a large-scale soil map of land use was carried out, the rate of soil overgrowing by woody and shrub vegetation was estimated. Based on satellite data, the modern boundaries of cultivated soils are identified. The basis for creating digital soil maps was the “Krone Agro” scanned soil map, the SRTM radar survey data of 2003 and multispectral images of the Landsat 5 series (March 1988), Landsat 8 (February 2018) and Sentinel 2 (July 2018) were used from remote materials. Creation

of cartographic materials and processing of satellite images was carried out in a full-featured open source GIS Quantum GIS. Soddy-podzolic soils predominate on the farm territory and their area is 1,448.1 hectares or 27.3%. As a result of study, it was found that over the period from 1988 to 2018, soil overgrowth occurred. The area of overgrowing was 1575,9 of the total area of the studied territory. Sod-brown (50%), sod-calcareous (10%) and sod-weakly podzolic (40%) soils passed into the fallow state. As a result of the analysis of multi-temporal satellite information, we have established a tendency to reduce arable land. The area of arable land was reduced by 40 percent, while the number of fields decreased from 35 to 26. In the soil cover of existing fields, the proportion of soil cover with a strong contrast ratio is significant.

Key words: soil map, GIS, remote sensing data, land use soil maps, Perm region

FOR CITATION: Chashchin A.N., Zhizhilev V.P. Assessment of the agricultural soil use by remote sensing (Perm Region, on the example of LLC «Krona-Agro»). *Environment and Human: Ecological Studies*. 2020. Vol. 10. № 1. Pp. 76–96. (In Russ.) DOI: 10.31862/2500-2961-2020-10-1-76-96

В структуре сельскохозяйственных угодий Пермского края используются различные типы почв, при этом распаханы в основном дерново-подзолистые [Воложанина, 1982]. Однако данная географическая информация быстро меняется, а площади обрабатываемых почв сокращаются. Для оперативной и точной оценки распаханности почв эффективно использовать дистанционные методы исследований [Peterson, 2004; Белорусцева, 2012, 2013; Каверин, 2016].

Цель исследований – по данным дистанционного зондирования оценить современное сельскохозяйственное использование почв одного из сельскохозяйственных предприятий Пермского края (ООО «Крона Агро», Бардымский район).

Объектом исследования являются почвы таежно-лесной зоны, части территории Бардымского района Пермского края в границах землепользования ООО «Крона-Агро». Общая площадь исследованной территории составляет 5306,9 га (рис. 1). Согласно Геоботаническому районированию (1989) участок исследований относится к Тулва-Иреньско-Краснокамском округу полосы подтаежных лесов Камско-Печорско-Западноуральской провинции Урало-Западносибирской таежной провинции. Растительность представлена широколиственно-пихтово-еловыми лесами: ель обыкновенная (*Picea abies* L.), пихта сибирская (*Abies sibirica* L.), во II ярусе древостой липы мелколистной (*Tilia cordata* L.), клена

остролистного (*Acer platanoides* L.) с травянистым покровом сибирских и уральских трав: борец высокий (*Aconitum septentrionale* L.), яснотка белая (*Lamium album* L.), реброплодник уральский (*Pleurospermum uralense* L.). Значительные площади занимают березняки и осинники. Климат характеризуется большим количеством осадков.

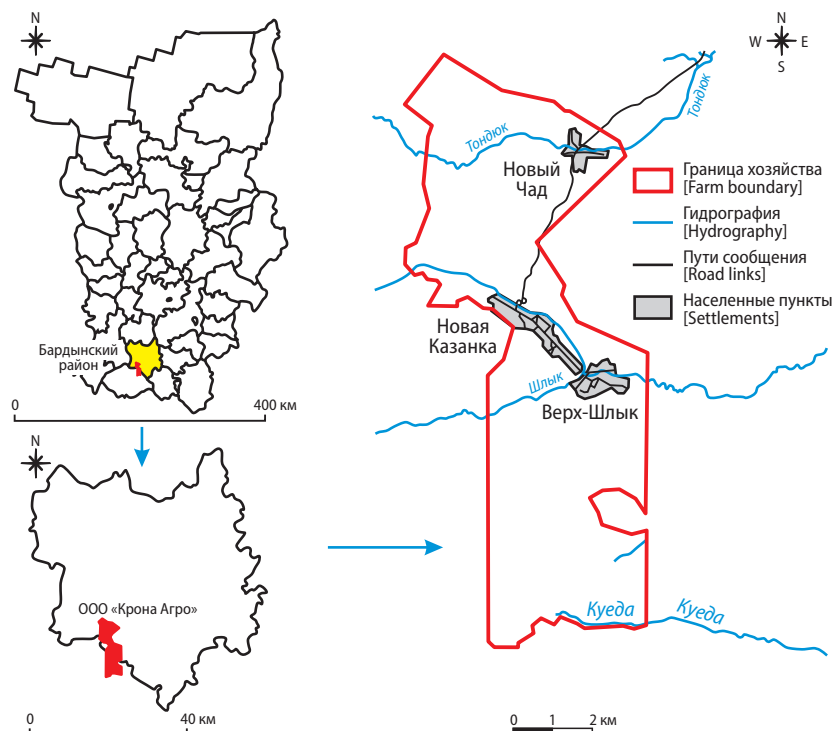


Рис. 1. Расположение ООО «Крона Агро» на территории Пермского края

Fig. 1. Location of Kroma Agro in Perm region

В физико-географическом отношении территория расположена на Тувинско-Прикамской возвышенности, которая является частью Русской равнины. Возвышенность представляет собой плато с хорошо разработанной гидрографической сетью, разделяющей территорию на ряд водоразделов. Отметка высот достигает 250–280 м. Тувинская возвышенность располагается в междуречье р. Камы, р. Сылвы, р. Ирени и р. Тулвы. Основным геоморфологическим элементом рельефа

являются долины рек Тулвы и Барды, включающие широкие и низкие лога. Северные склоны длинные и пологие, южные и восточные – короткие и крутые. В разных направлениях территория пересечена многочисленными логами [Максимович, 1979].

По геологическому строению территория представлена отложениями казанского яруса верхней перми, состоящими из красно-бурых и коричнево-бурых пермских глин. Эти коренные породы покрыты толщей четвертичных отложений, верхние горизонты которых являются почвообразующими породами. Покровные некарбонатные глины и суглинки на водораздельных плато и склонах являются материнской породой для дерново-подзолистых почв. Элювии пермских глин на перегибах возвышенностей крутых склонов, где в результате древних эрозионных процессов смыт чехол четвертичных отложений, являются почвообразующими для дерново-бурых почв. Элювий известняков и мергелей встречается отдельными небольшими пятнами на вершинах возвышений, перегибах склонов и является материнской породой для дерново-карбонатных почв [Софроницкий, 1967]. Территория землепользования находится в зоне дерново-подзолистых почв, поэтому почвы подзолистого типа здесь занимают наибольшие площади.

История сельскохозяйственного освоения территории начата в 1938 г. – был организован колхоз «Маяк». Начиная с 2016 г. на данном землепользовании осуществляет выращивание кормовых культур ООО «Крона Агро», которое специализируется на молочном и мясомолочном животноводстве.

Результаты и обсуждение

Векторная почвенная карта ООО «Крона Агро» охватывает площадь 5306 га. При создании данной карты было оцифровано 330 контуров почв. В результате картометрических расчетов установлено, что на территории хозяйства преобладают дерново-мелкоподзолистые почвы, а их площадь составляет 1448,1 га или 27,3% (рис. 2).

Анализ разновременных спутниковых снимков Landsat, сделанных в зимний период, позволяет достоверно выявить покрытие почв древесной растительностью. По полученным данным, территория хозяйства на 50% покрыта древесной растительностью.

Используемыми в сельскохозяйственном производстве почвами являются: дерново-слабо- и мелкоподзолистые, дерново-бурые, дерново-глееватые. За период с 1988 по 2018 год произошло зарастание почв на площади 1575,6 га (рис. 3).



Рис. 3. Оценка интенсивности зарастания земель древесной растительностью: *a* – покрытие древесной растительностью в 1988 г. (2334,6 га); *b* – покрытие древесной растительностью в 2018 г. (3910,2 га); *c* – выявленная территория зарастания (1575,6 га)

Fig. 3. Estimation of the intensity of overgrowing land use by woody-shrubby vegetation:

a – coverage with woody vegetation in 1988 (2334.6 ha); *b* – coverage of woody vegetation in 2018 (3910.2 ha); *c* – identified area of overgrowing (1575.6 ha)

В результате совмещения почвенной карты и выявленных по спутниковым снимкам участков зарастания древесной растительностью, проведена оценка динамики зарастания в разрезе различных типов почв (рис. 4, табл. 1). Установлено, что этот процесс особенно выражен на комплексах дерново-подзолистых с дерновыми намытыми почвами, а также на дерново-мелкоподзолистых почвах. В основном зарастание пахотных земель вызвано тем, что они расположены на неудобных для механизированной обработки территориях: крутые склоны, склоны логов, участки овражно-балочного рельефа. Таким образом, в результате спутникового мониторинга установлено, что за 30 лет пахотные почвы хозяйства заросли на 40%.

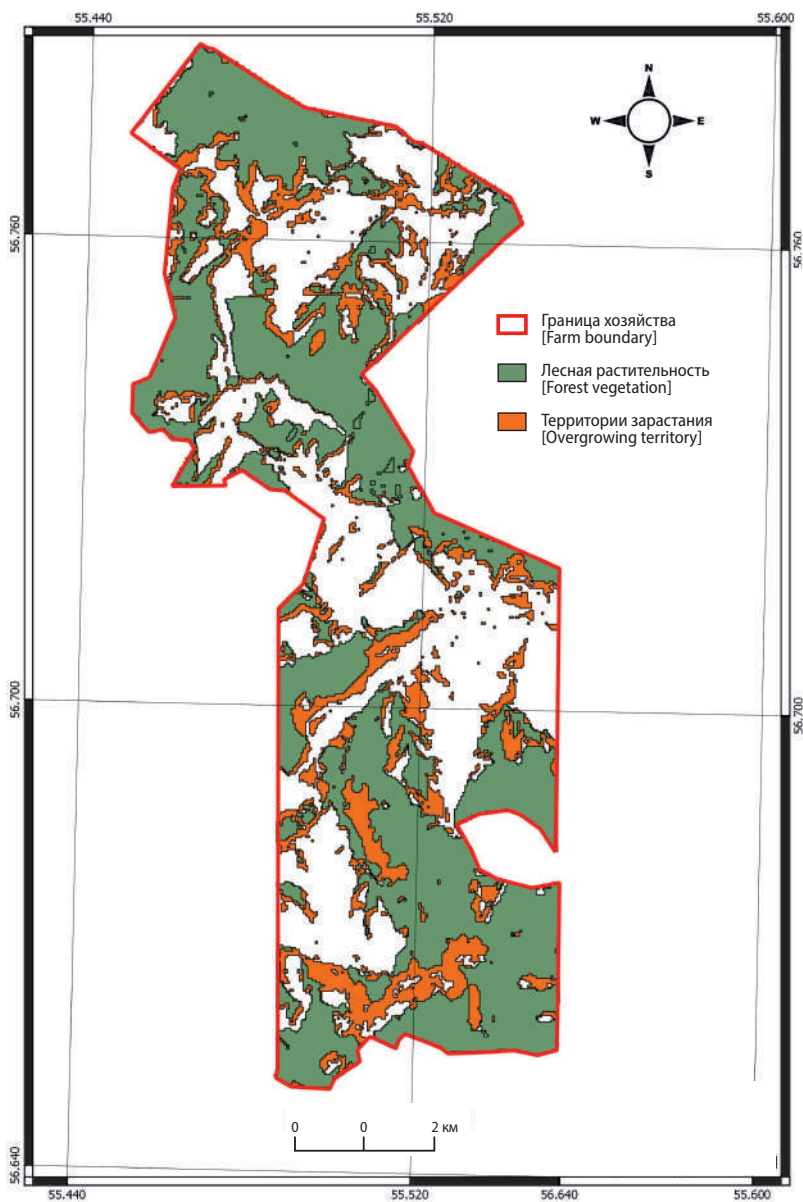


Рис. 4. Карта лесной растительности и территорий зарастания

Fig. 4. Map of forest vegetation and overgrown territories

Таблица 1

Интенсивность зарастания земель в разрезе почвенных контуров
[The intensity of land overgrowing in the context of soil contours]

Почва [Soil]	Общая площадь, га [Total area, ha]	Площадь покрытия лесной растительностью, 1986 г., га [Area covered by forest vegetation, 1986, ha]	Увеличение площади покрытия лесной растительностью, 2018 г., га [Increase in forest cover, 2018, ha]	Общая площадь зарастания [Total overgrowing area]	
				га [ha]	% от типа почвы [% of soil type]
АблГА [alluvial marsh]	40,2	13,70	6,00	19,70	49,0
Д1ТД [sod-low humus soil]	8,3	2,01	2,40	4,41	52,9
Д2гТД [sod-gley soil]	165,8	52,00	50,60	102,60	63,4
Д2ТД [sod-medium humus soil]	5,3	1,70	2,30	4,00	76,2
ДБонГЭ5 [soddy grayish brown podzolized soil]	12,8	2,90	5,40	8,30	50,2
ДБГЭ1 [soddy-grayish brown clay]	40,2	20,20	9,60	29,80	74,1
ДБТЭ1 [soddy-grayish brown heavy loamy]	9,4	2,90	2,60	5,50	58,6
Дг2ПТД [sod-gley medium powerful soil]	43,2	16,80	10,80	27,60	63,8
Дк1вГЭ5 [sod-carbonate]	8,8	1,90	2,030	3,93	44,6

Пд1Т1+ДнмТД [soddy-slightly podzolic heavy loamy soil on loess-like deposit + soddy deposited]	1409,0	1159,99	200,90	1360,89	96,6
Пд1СЛ [soddy-slightly podzolic medium loamy soil on loess-like deposit]	9,2	1,80	3,60	5,40	58,5
Пд1СЭЗ [soddy-slightly podzolic medium loamy soil on eluvium of sandstones]	17,4	3,70	5,80	9,50	54,7
Пд1ТЛ [soddy-slightly podzolic heavy loamy soil on loess-like deposit]	425,1	58,90	308,80	367,70	86,5
Пд1ТЭ1 [soddy-slightly podzolic medium heavy soil on Permian clay eluvium]	6,3	0,70	2,80	3,50	55,2
Пд2СЛ [soddy fine podzolic medium loamy soil on loess-like deposit]	86,3	4,90	35,90	40,80	47,3
Пд2ТЛ [soddy fine podzolic heavy loamy soil on loess-like deposit]	1227,7	460,90	427,37	888,27	72,4
Пд2СЛ [soddy fine podzolic medium loamy soil on loess-like deposit]	163,9	30,90	6,90	37,80	23,1
Пд2ТЛ [soddy fine podzolic heavy loamy soil on loess-like deposit]	1419,2	498,70	491,80	990,50	69,8
Итого [Total]	5098,1	2334,60	1575,60	3910,20	

Процесс естественного зарастания в основном происходит следующими видами деревьев: ель обыкновенная (*Picea abies* L.), береза пушистая (*Betula pubescens* L.), рябина обыкновенная (*Sorbus aucuparia* L.), черемуха обыкновенная (*Prunus padus* L.). При зарастании почв может происходить изменение их морфологических признаков, физических и физико-химических свойств в верхнем пахотном горизонте. Возможно, что будет происходить накопление гумуса и улучшение показателей структурно-агрегатного состава в верхнем слое. На заброшенной пашне при восстановлении естественной растительности возникают почвы, которые могут отличаться от почв зонального типа и от обрабатываемых почв. Наиболее существенные изменения отмечаются в особенностях иллювиально-элювиального дифференцирования профиля дерново-подзолистых почв.

В результате анализа разновременной спутниковой информации нами выявлена тенденция снижения обрабатываемых земель. Площадь пашни сократилась на 40%, при этом число полей уменьшилось с 35 до 26. Поэтому оценка сельскохозяйственного использования почв по данным дистанционного зондирования была проведена для обрабатываемых в хозяйстве территорий по 26 объектам (рис. 5).

Анализ рельефа обрабатываемых полей (рис. 6) показал преобладание на них небольшого уклона в 1–3°, однако на полях 21, 23, 24 средний уклон в 4–5 градусов может усиливать эрозию при неправильной обработке почв. Экспозиция склонов в пределах полей значительно варьирует, но выделяются поля преимущественно южной экспозиции (12, 23, 25), которые раньше других будут готовы к весенним полевым работам. Рассчитанный на основе цифровой модели рельефа топографический индекс влажности (TWI) свидетельствует о неблагоприятных водно-физических свойствах почв полей 1, 2, 6–8, 10 и 14. На данных полях встречаются контуры дерново-глебоватых почв. Большинство почв территории согласно TWI относится к автоморфным.

Характеристика структуры почвенного покрова сельскохозяйственных полей проведена с использованием коэффициента контрастности почвенного покрова [Скрябина, 2007] и представлена в табл. 2. Большинство полей характеризуются среднеконтрастным почвенным покровом, но при этом доля сильноконтрастных участков значительна (10 из 26 полей). Крайне контрастный почвенный покров наблюдается на поле 13. Внутри этого поля встречаются почти все таксономические единицы почв ООО «Крона Агро».

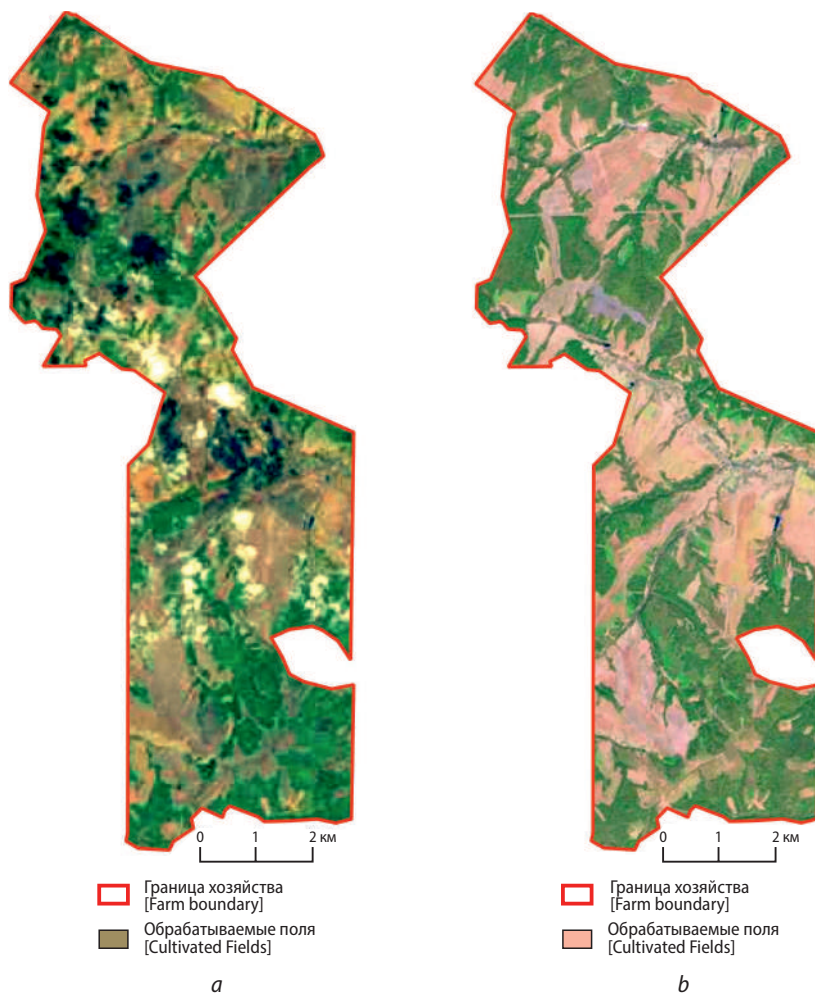


Рис. 5. Идентификация динамики распаханности земель:

a – маска снимка Landsat 5 в границах хозяйства, 1985 г.

(общая площадь полей – 2763,5 га, количество полей – 35);

b – маска снимка Sentinel 2 в границах хозяйства, 2018 г. (общая площадь полей – 2763,5 га, количество полей – 26)

Fig. 5. Identification of the dynamics of plowing land use:

a – a mask of the Landsat 5 image within the farm, 1985 (total field area – 2763.5 ha,

number of fields – 35); *b* – mask of the Sentinel 2 image within the boundaries

of the holding, 2018 (total field area – 2763.5 ha, number of fields – 26)

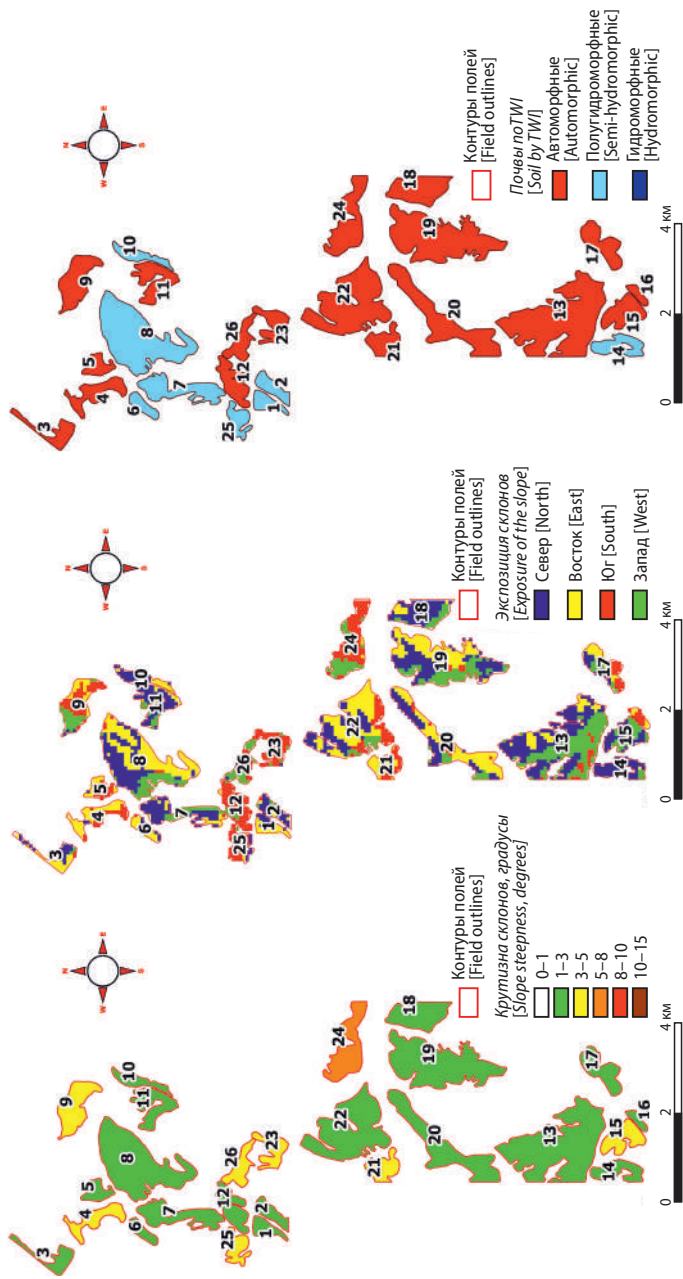


Рис. 6. Геоморфологические условия обрабатываемых полей по данным SRTM 90:

a – крутизна склона (среднее по полям); *b* – экспозиция склона; *c* – топографический индекс влажности

Fig. 6. Terrain conditions of cultivated fields according to SRTM 90:

a – slope steepness (field average); *b* – exposure of the slope; *c* – topographic wetness index

Таблица 2

Структура почвенного покрова обрабатываемых полей ООО «Крона Агро»
[The structure of the soil cover of the cultivated fields of Krona Agro]

Номер поля [Field number]	Почвы [Soil]	Коэффициент контрастности почвенного покрова [Soil Contrast Ratio]	Степень контрастности почвенного покрова [The degree of contrast of the soil cover]
1	Пд2ТЛ+Днм, Пд2ТЛ, Пд2ТЛ, Др2ТД [soddy-slightly podzolic heavy loamy soil on loess-like deposit + soddy deposited, soddy fine podzolic medium loamy soil on loess-like deposit, sod-gley]	3,2	Средне контрастный [Medium contrast]
2	Др2ТД, Пд2ТЛ+ДнмТД, Пд2ТЛ [sod-gley, soddy-slightly podzolic heavy loamy soil on loess-like deposit + soddy deposited, soddy-slightly podzolic heavy loamy soil on loess-like deposit]	3,4	Средне контрастный [Medium contrast]
3	Пд2ТЛ+ДнмТД, Пд2ТЛ, Пд2ТЛ [sod-gley, soddy-slightly podzolic heavy loamy soil on loess-like deposit + soddy deposited, sod-gley, soddy-slightly podzolic heavy loamy soil on loess-like deposit]	4,1	Средне контрастный [Medium contrast]
4	Пд2СЛ, Пд2ТЛ, ДБ1вГЭ5, ДБ1вГЭ5, Пд2ТЛ+ДнмТД, Пд1ТЛ, Др2ТД [soddy fine podzolic medium loamy soil on loess-like deposit, soddy fine podzolic heavy loamy soil on loess-like deposit soddy grayish brown podzolized soil, sod-gley, soddy-slightly podzolic heavy loamy soil on loess-like deposit + soddy deposited, soddy-slightly podzolic heavy loamy soil on loess-like deposit, sod-gley soil]	5,6	Сильно контрастный [High contrast]

Продолжение табл. 2

Номер поля [Field number]	Почвы [Soil]	Коэффициент контрастности почвенного покрова [Soil Contrast Ratio]	Степень контрастности почвенного покрова [The degree of contrast of the soil cover]
5	Пл1ТЛ, Д1ТД, Пл2ТЛ+ДнмТД, ДБ1вГЭ5, Пл2ТЛ [soddy-slightly podzolic heavy loamy soil on loess-like deposit, sod-low humus soil, sod-gley, soddy-slightly podzolic heavy loamy soil on loess-like deposit + soddy deposited, soddy grayish brown podzolized soil, soddy fine podzolic heavy loamy soil on loess-like deposit]	5,1	Сильно контрастный [High contrast]
6	Пл2ТЛ, Пл2ТЛ+ДнмТД, Пл2ТЛ [soddy fine podzolic heavy loamy soil on loess-like deposit, sod-gley, soddy-slightly podzolic heavy loamy soil on loess-like deposit + soddy deposited]	4,8	Средне контрастный [Medium contrast]
7	Пл2ТЛ, Пл2ТЛ, Пл2ТЛ+ДнмТД, Пл1ТЛ [soddy fine podzolic heavy loamy soil on loess-like deposit, sod-gley, soddy-slightly podzolic heavy loamy soil on loess-like deposit + soddy deposited, soddy-slightly podzolic heavy loamy soil on loess-like deposit]	5,3	Сильно контрастный [High contrast]
8	Пл2ТЛ, Пл1ТЛ, Пл2ТЛ+ДнмТД, Дг2ТД, Пл2ТЛ, Пл1СЛ [soddy fine podzolic heavy loamy soil on loess-like deposit soddy-slightly podzolic heavy loamy soil on loess-like deposit, sod-gley, soddy-slightly podzolic heavy loamy soil on loess-like deposit + soddy deposited, sod-gley soil, soddy fine podzolic heavy loamy soil on loess-like deposit, soddy-slightly podzolic medium loamy soil on loess-like deposit]	5,7	Сильно контрастный [High contrast]
9	Пл1ТЛ, АблГА, Пл2ТЛ, ДБГЭ1, Пл2ТЛ+ДнмТД [soddy-slightly podzolic heavy loamy soil on loess-like deposit, alluvial marsh, soddy fine podzolic heavy loamy soil on loess-like deposit, soddy-grayish brown clay, soddy-slightly podzolic heavy loamy soil on loess-like deposit + soddy deposited]	5,2	Сильно контрастный [High contrast]

10	Пл1ТЛ, Пл2ТЛ+ДнмГД, Пл2ТЛ, Пл2ТЛ, Пл2ТЛ [soddy-slightly podzolic heavy loamy soil on loess-like deposit, sod-gley, soddy-slightly podzolic heavy loamy soil on loess-like deposit + soddy deposited, soddy fine podzolic heavy loamy soil on loess-like deposit]	5,1	Сильно контрастный [High contrast]
11	Пл2ТЛ, Пл2ТЛ+ДнмГД, Пл2ТЛ [sod-gley, soddy-slightly podzolic heavy loamy soil on loess-like deposit + soddy deposited, soddy fine podzolic heavy loamy soil on loess-like deposit]	4,1	Средне контрастный [Medium contrast]
12	Пл1ТЛ, Пл2СЛ, ДБ2вГЭ5, ДБГЭ5, Пл2ТЛ+ДнмГД, Пл2ТЛ, Пл2ТЛ [soddy-slightly podzolic heavy loamy soil on loess-like deposit, soddy fine podzolic medium loamy soil on loess-like deposit, soddy grayish brown podzolized soil, soddy-grayish brown clay, soddy-slightly podzolic heavy loamy soil on loess-like deposit + soddy deposited, soddy fine podzolic heavy loamy soil on loess-like deposit]	6,2	Сильно контрастный [High contrast]
13	Др2ГД, ДБГЭ1, Пл2ТЛ, Пл1ТЛ, Пл2ТЛ, Пл2ТЛ+ДнмГД, Др2ГД, ДБТЭ1, Пл2СЛ [sod-gley soil, soddy-grayish brown clay, soddy-slightly podzolic heavy loamy soil on loess-like deposit, soddy fine podzolic heavy loamy soil on loess-like deposit, soddy-slightly podzolic heavy loamy soil on loess-like deposit + soddy deposited, sod-gley soil, soddy-grayish brown heavy loamy, soddy fine podzolic medium loamy soil on loess-like deposit]	7,1	Крайне контрастный [Extremely contrast]
14	Пл2ТЛ+ДнмГД, Пл2ТЛ, Пл2СЛ, Пл2СЛ [sod-gley, soddy-slightly podzolic heavy loamy soil on loess-like deposit + soddy deposited, sod-gley, soddy-slightly podzolic heavy loamy soil on loess-like deposit, sod-gley, soddy-slightly podzolic medium loamy soil on loess-like deposit]	3,9	Средне контрастный [Extremely contrast]
15	Пл2ТЛ, Др2ГД, Пл2ТЛ+ДнмГД [soddy fine podzolic heavy loamy soil on loess-like deposit, sod-gley soil, soddy-slightly podzolic heavy loamy soil on loess-like deposit + soddy deposited]	3,2	Сильно контрастный [Medium contrast]

Окончание табл. 2

Номер поля [Field number]	Почвы [Soil]	Коэффициент контрастности почвенного покрова [Soil Contrast Ratio]	Степень контрастности почвенного покрова [The degree of contrast of the soil cover]
16	Пд2ТЛ, Пд2ТЛ [soddy-slightly podzolic heavy loamy soil on loess-like deposit]	2,7	Слабо контрастный [Weak contrast]
17	Пд2ТЛ+ДнмгТД, Пд2ТЛ, Пд1ТЛ, Пд2ТЛ, Пд1СЭ3 [sod-gley, soddy-slightly podzolic heavy loamy soil on loess-like deposit + soddy deposited, soddy fine podzolic heavy loamy soil on loess-like deposit, soddy-slightly podzolic heavy loamy soil on loess-like deposit, soddy-slightly podzolic medium loamy soil on eluvium of sandstones]	4,2	Средне контрастный [Medium contrast]
18	Пд2ТЛ, Пд2ТЛ+ДнмгТД, Пд2СЛ, Др2ТД, Пд1ТЛ [sod-gley, soddy-slightly podzolic heavy loamy soil on loess-like deposit + soddy deposited, soddy fine podzolic medium loamy soil on loess-like deposit, sod-gley soil, soddy-slightly podzolic heavy loamy soil on loess-like deposit]	4,3	Средне контрастный [Medium contrast]
19	Пд2ТЛ, Д1ТД, Пд2ТЛ, Др2ТД, ДБГЭ1, Др2ТД, Д1ТД [soddy fine podzolic heavy loamy soil on loess-like deposit sod-low humus soil, sod-gley soil, soddy-grayish brown clay]	4,0	Средне контрастный [Medium contrast]
20	Пд2СЛ, Пд2ТЛ, Пд1ТЛ, Др2ТД, Пд2ТЛ+ДнмгТД, Пд2ТЛ [soddy fine podzolic medium loamy soil on loess-like deposit, soddy-slightly podzolic heavy loamy soil on loess-like deposit, sod-gley soil, soddy-slightly podzolic heavy loamy soil on loess-like deposit + soddy deposited, soddy fine podzolic heavy loamy soil on loess-like deposit]	5,1	Средне контрастный [Medium contrast]
21	Пд2ТЛ+ДнмгТД, Пд2ТЛ, Пд2ТЛ [sod-gley, soddy-slightly podzolic heavy loamy soil on loess-like deposit + soddy deposited, soddy fine podzolic heavy loamy soil on loess-like deposit]	3,6	Сильно контрастный [High contrast]

22	Д2ГТД, Пл2ТЛ+ДнмТД, Пл1ТЛ, Пл2ТЛ, ДБГЭ1, Д2ТД [sod-gley soil, soddy-slightly podzolic heavy loamy soil on loess-like deposit + soddy deposited, soddy-slightly podzolic heavy loamy soil on loess-like deposit, soddy fine podzolic heavy loamy soil on loess-like deposit, soddy-grayish brown clay, sod-medium humus soil]	Средне контрастный [Medium contrast]	4,4
23	Пл2ТЛ+ДнмТД, Пл2ТЛ, ДБГЭ1, Пл1ТЭ1, Пл1ТЛ, Пл1СЭ3 [sod-gley, soddy-slightly podzolic heavy loamy soil on loess-like deposit + soddy deposited, soddy fine podzolic heavy loamy soil on loess-like deposit, soddy-grayish brown clay, soddy-slightly podzolic medium heavy soil on Permian clay eluvium, soddy-slightly podzolic heavy loamy soil on loess-like deposit, soddy-slightly podzolic medium loamy soil on eluvium of sandstones]	Средне контрастный [Medium contrast]	4,8
24	Др2ТД, Пл2ТЛ+ДнмТД, Дк1вГЭ5, Пл2ТЛ, Пл1СЭ3, Пл1ТЛ, Пл2ТЛ, Аб1А, ДБГЭ1 [sod-gley soil, sod-gley, soddy-slightly podzolic heavy loamy soil on loess-like deposit + soddy deposited, sod-carbonate, soddy fine podzolic heavy loamy soil on loess-like deposit, soddy-slightly podzolic medium loamy soil on eluvium of sandstones, soddy-slightly podzolic heavy loamy soil on loess-like deposit, soddy fine podzolic heavy loamy soil on loess-like deposit, alluvial marsh, soddy-grayish brown clay]	Сильно контрастный [High contrast]	6,0
25	Пл2ТЛ, Пл2ТЛ+ДнмТД, Пл1ТЛ [soddy fine podzolic heavy loamy soil on loess-like deposit, sod-gley, soddy-slightly podzolic heavy loamy soil on loess-like deposit + soddy deposited, soddy-slightly podzolic heavy loamy soil on loess-like deposit]	Средне контрастный [Medium contrast]	3,3
26	Пл2ТЛ+ДнмТД, Пл2ТЛ, Пл1ТЛ, Пл1СЭ3 [sod-gley, soddy-slightly podzolic heavy loamy soil on loess-like deposit + soddy deposited, soddy fine podzolic heavy loamy soil on loess-like deposit, soddy-slightly podzolic heavy loamy soil on loess-like deposit, soddy-slightly podzolic medium loamy soil on eluvium of sandstones]	Средне контрастный [Medium contrast]	3,8

Выводы

На основе дистанционных и картографических материалов проведен анализ сельскохозяйственного использования почв одного из типичных хозяйств Пермского края. За период с 1988 по 2018 г. произошло зарастание почв на площади 1575,9 га.

В залежное состояние перешли в основном дерново-слабоподзолистые (40%) и дерново-бурые (50%) почвы. Кроме этого, значительная часть весьма ценных для данной территории дерново-карбонатных почв (10%) оказалась покрыта лесной растительностью и выбыла из сельскохозяйственного оборота. При этом происходит интенсивное использование преобладающих дерново-мелкоподзолистых почв – по дистанционным материалам они обрабатываются ежегодно. Несмотря на неблагоприятные водно-физические свойства, о которых свидетельствуют повышенные значения топографического индекса влажности, некоторые дерново-глееватые почвы также продолжают обрабатываться.

Площадь пашни сократилась на 40%, при этом число полей уменьшилось с 35 до 26. В почвенном покрове существующих полей значительная доля почвенного покрова с сильной контрастностью, что обусловлено сложным рельефом и пестротой почвообразующих пород. На каждом «сильноконтрастном» поле рекомендуется провести почвенное обследование в детальном масштабе и на основе полученных карт выполнить агроэкологическую типизацию земель. Выделение агроэкологических групп позволит разделить поля с сильной контрастностью почв на производственные участки небольших размеров с рациональным набором агротехнических мероприятий.

Библиографический список / References

Анализ взаимосвязи почвенных условий и характера стихийного облесения земель сельскохозяйственного назначения на территории Республики Мордовия с использованием спутниковых снимков LANDSAT / Каверин А.В., Вдовин Е.С., Василькина Д.Н., Левашкина О.М. // Материалы Международной конференции «ИнтерКарто. ИнтерГИС». 2016. Вып. 22. Ч. 2. С. 103–112. [Kaverin A.V., Vdovin E.S., Vasilkina D.N., Levashkina O.M. Analysis of the relationship between soil conditions and the nature of spontaneous afforestation of agricultural land in the Republic of Mordovia using satellite imagery LANDSAT. *Proceedings of the International Conference "InterCarto. InterGIS"*. 2016. Vol. 22. Part 2. Pp. 103–112. (In Russ.)]

Белорусцева Е.В. Мониторинг земель сельскохозяйственного назначения Нечерноземья с применением ГИС-технологий: Автореф. дис. ... канд. геогр. наук. М., 2013. [Belorustseva Ye.V. Monitoring zemel selskokhozyaystvennogo naznacheniya Nечерноземья s primeneniem GIS-tekhnologiy [Monitoring

of agricultural land of non-chernozem region with the use of GIS technologies]. PhD theses. Moscow, 2013.]

Белорусцева Е.В. Мониторинг состояния сельскохозяйственных угодий Нечерноземной зоны Российской Федерации // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2012. Т. 9. № 1. С. 57–64. [Belorustseva Ye.V. Monitoring of the state of agricultural lands in the Non-chernozem zone of the Russian Federation. *Sovremennyye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*. 2012. Vol. 9. No. 1. Pp. 57–64. (In Russ.).]

Вологжанина Т.В., Москвитин М.В., Бутенко В.Ф. Почвенно-географическое районирование и структура почвенного покрова Пермской области // Научные основы повышения плодородия почв: Межвуз. сб. науч. тр. Пермь, 1982. С. 3–8. [Vologzhanina T.V., Moskvitin M.V., Butenko V.F. Soil-geographical zoning and soil cover structure of the Perm Region. *Nauchnye osnovy povysheniya plodorodiya pochv*. Perm, 1982. Pp. 3–8. (In Russ.).]

Геоботаническое районирование Нечерноземья европейской части РСФСР / Отв. ред. В.Д. Александрова, Т.К. Юрковская. Л., 1989. [Geobotanicheskoye rayonirovaniye Nechoernozem'ya Evropeyskoy chasti RSFSR [Geobotanical zoning of the non-chernozem region of the European part of the Russian Soviet Federative Socialist Republic]. V.D. Aleksandrova, T.K. Yurkovskaya (eds.). Leningrad, 1989.]

Документация QGIS 2.0. URL: <http://docs.qgis.org/2.0/ru/docs/index.html> (дата обращения: 14.10.2018) [QGIS 2.0 Documentation. URL: <https://www.qgis.org/en/docs/>]

Дубинин М. Получение бесплатных космических снимков Landsat TM, ETM+ через Glovis. 2011. URL: <http://gis-lab.info/qa/landsat-glovis.html> (дата обращения: 14.10.2017). [Dubinin M. Poluchenie besplatnykh kosmicheskikh snimkov Landsat TM, ETM+ cherez Glovis [Obtaining free satellite images of Landsat TM, ETM+ via Glovis]. 2011. URL: <http://gis-lab.info/qa/landsat-glovis.html>]

Максимович Г.А. Геоморфологическая карта Пермской области // Информационный листок ЦНТИ. Пермь, 1979. № 179. [Maksimovich G.A. Geomorphological map of Perm Region. *Informatsionnyy listok TSNTI*. Perm, 1979. No. 179. (In Russ.).]

Суттон Т., Дассаву О., Суттон М. Краткое введение в ГИС / Пер. А. Еськова. URL: <https://gis-lab.info/qa/gentle-intro-gis.html> (дата обращения: 17.09.2019). [Sutton T., Dassau O., Sutton M. Kratkoe vvedenie v GIS [A Gentle Introduction to GIS]. A. Eskov (translation into Russian). URL: <https://gis-lab.info/qa/gentle-intro-gis.html>]

Скрябина О.А. Структура почвенного покрова, методы ее изучения: Учебное пособие. Пермь, 2007. [Skriabina O.A. Struktura pochvennogo pokrova, metody yeye izucheniya [The structure of the soil cover, methods of its study]. Tutorial. Perm, 2007.]

Софроницкий Т.А. Геологический очерк // Химическая география вод и гидрохимия Пермской области. Пермь, 1967. С. 26–41. [Sofronitsky T.A. Geological feature article. *Khimicheskaya geografiya vod i gidrokhimiya Permskoy oblasti*. Perm, 1967. Pp. 26–41. (In Russ.).]

Шихов А.Н., Черепанова Е.С., Пьянков С.В. Геоинформационные системы: методы пространственного анализа: Учебное пособие. Пермь, 2017. [Shikhov A.N., Cherepanova E.S., Pyankov S.V. Geoinformatsionnye sistemy: metody prostranstvennogo analiza [Geographic information systems: Spatial analysis methods]. Tutorial. Perm, 2017.]

Peterson U., Pussa K., Liira J. Issues related to delineation of forest bound aeries on Landsat Thematic Mapper winter images. *International Journal of Remote Sensing*. 2004. Vol. 25. No. 24. Pp. 5617–5628.

Статья поступила в редакцию 14.08.2019, принята к публикации 05.10.2019
The article was received on 14.08.2019, accepted for publication 05.10.2019

Сведения об авторах / Information about authors

Чашин Алексей Николаевич – кандидат биологических наук; доцент кафедры почвоведения, Пермский государственный аграрно-технологический университет имени академика Д.Н. Прянишникова

Aleksey N. Chashchin – PhD in Biology; Associate Professor at the Department of Soil Science, Perm State Agro-Technological University named after Academician D.N. Pryanishnikov

E-mail: chascshin@mail.ru

Жижилев Владимир Петрович – магистрант кафедры почвоведения, Пермский государственный аграрно-технологический университет, г. Пермь

Vladimir P. Zhizhilev – Master student of the Department of Soil Science, Perm State Agro-Technological University named after Academician D.N. Pryanishnikov

E-mail: vlad.jjilew@yandex.ru

Заявленный вклад авторов

А.Н. Чашин – общее руководство направлением исследования, планирование исследования, анализ сельскохозяйственного использования почв по данным дистанционного зондирования, подготовка текста статьи

В.П. Жижилев – выполнение картографических материалов, получение данных дистанционного зондирования, изучение растительности на зарастающих площадях, оценка структуры почвенного покрова обрабатываемых полей

Contribution of the authors

A.N. Chashchin – general direction of the research, planning of the research, analysis soil use in agricultural according to remote sensing data, preparation of the text of the article.

V.P. Zhizhilev – creation of cartographic materials, obtaining remote sensing data, studying vegetation in the field on overgrown areas, assessing the structure of the soil cover of cultivated fields

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи
All authors have read and approved the final manuscript