

Н. В. Рыжаков^{1✉}, Д. А. Яковлев², З. А. Левадный²

Пространственный анализ типов пахотных почв Сибирского федерального округа

¹Российский государственный аграрный университет – Московская сельскохозяйственная академия имени К. А. Тимирязева, г. Москва, Российская Федерация

²Новосибирский государственный аграрный университет,
г. Новосибирск, Российская Федерация
e-mail: disgustingbollocks@gmail.com

Аннотация. В настоящей статье представлен подход к построению цифровой картографической модели пахотных почв Сибирского федерального округа (СФО) на примере Новосибирской области. Почвенный фонд СФО, как и в целом по стране, отличается высоким разнообразием. При подготовке к научным и производственным полевым работам важно учитывать это разнообразие сельскохозяйственных угодий. Актуальность исследования обусловлена отсутствием доступных пространственных данных о распределении типов почв на пахотных землях СФО, что затрудняет адаптацию агротехнических мероприятий к условиям конкретных территорий. Целью работы является создание цифровой карты распределения типов пахотных почв с использованием открытых данных о почвенных ресурсах и землепользовании. Предложенная модель позволяет определить площади и соотношения преобладающих типов почв на пахотной территории области. Это особенно важно для планирования технологий земледелия, оценки эксплуатационных характеристик сельскохозяйственной техники и адаптации системы земледелия к конкретным почвенным условиям. Разработанная модель обладает универсальным характером и может быть использована для пространственного анализа территорий различной площади и административной принадлежности.

Ключевые слова: цифровая почвенная картография, векторизация, данные дистанционного зондирования, цифровая картографическая модель местности, Новосибирская область, Сибирский федеральный округ

N. V. Ryzhakov^{1✉}, D. A. Yakovlev², Z. A. Levadnyi²

Spatial analysis of arable soil types in the Siberian Federal District

¹Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy,
Moscow, Russian Federation

²Novosibirsk State Agricultural University, Novosibirsk, Russian Federation
e-mail: disgustingbollocks@gmail.com

Abstract. This article presents an approach to developing a digital cartographic model of arable soils in the Siberian Federal District (SFD), using the Novosibirsk Region as a case study. The soil cover of the SFD, as in Russia as a whole, is highly diverse. It is essential to consider this diversity of agricultural land when preparing for scientific and production-related fieldwork. The relevance of the study is due to the lack of accessible spatial data on the distribution of soil types across arable lands in the SFD, which complicates the adaptation of agrotechnical practices to specific regional conditions. The aim of this work is to create a digital map of the distribution of arable soil types using open data on soil resources and land use. The proposed model makes it possible to determine the area and proportion of the predominant soil types within the arable lands of the region. This is particularly important for planning agricultural technologies, evaluating the performance characteristics of farming machinery, and adapting cropping systems to specific soil conditions. The developed model is

universal in nature and can be applied for spatial analysis in regions of various sizes and administrative statuses.

Keywords: digital soil mapping, vectorization, remote sensing data, digital terrain cartographic model, Novosibirsk Region, Siberian Federal District

Введение

Почвенный фонд Сибирского федерального округа, как и страны в целом достаточно разнообразен. В границах одного фермерского хозяйства могут встречаться различные типы почв. Как известно, при подготовке к научным и производственным полевым работам необходимо учитывать почвенное разнообразие сельскохозяйственных угодий. Данный факт связан с тем, что при проведении технологических операций по возделыванию культурных растений, тот или иной тип почвы по-своему оказывает влияние как на агротехнические требования, эксплуатационные показатели работы агрегатов, так и на широкий спектр других немаловажных агрономических факторов. В данной связи становятся актуальными вопросы определения соотношения площадей типов почв находящихся в границах сельскохозяйственных угодий. В соответствии с этим, целью данного исследования является определение состава типов почв пахотных земель Новосибирской области.

Методы и материалы

Для построения модели пространственного анализа были использованы картографические данные из коллекции “Sentinel-2 Land Use/Land Cover Time Series” за 2024 год [1]. При создании коллекции авторы использовали снимки второго уровня со спутника Sentinel-2 и модели компьютерного зрения для классификации поверхности Земли. В бесплатной версии вся территория на снимках поделена на 11 классов, один из которых отображает земли с посаженными человеком культурными растениями (за исключением культур, имеющих высоту древесной растительности). На рис. 1 отображены загруженные в программу QGIS снимки, полностью покрывающие территорию Новосибирской области, пикселями оранжевого цвета отмечены земли класса “Crops”

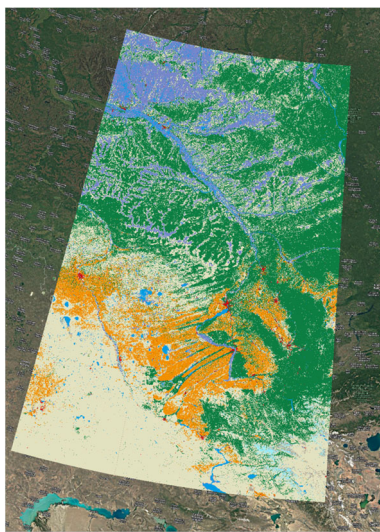


Рис. 1. Классифицированные снимки со спутника Sentinel-2.

Исследуемые снимки изначально представлены в универсальной проекции Меркатора (UTM) и разделены на 3 вытянутые в меридиональном направлении зоны – от 43 до 45. Для дальнейшей работы все снимки были переведены в единую систему координат (ESPG:4326 – WGS 84) с помощью встроенного в программу QGIS инструмента «Деформация (перепроцирование)». В качестве дополнительных параметров создания здесь (и далее, при наличии) был выбран профиль сжатия “Deflate” с целью снижения размера выходного файла.

Далее, объединенный слой был обрезан по территории Новосибирской области при помощи инструмента «Обрезать растр по маске». Векторный слой с границами исследуемого региона был получен на основе данных OpenStreetMap. На рис. 2 изображен результат обрезки.

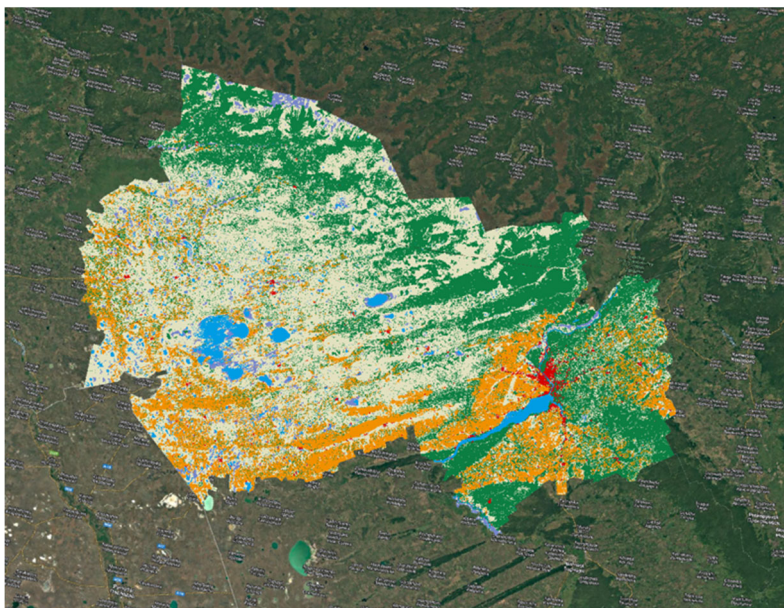


Рис. 2. Результат обрезки слоя по границам Новосибирской области.

Для построения нашей модели из пикселей 11 разных цветов нам нужны только пиксели со значением 5, которые отображают пахотные земли. Убрать остальные значения из растрового слоя можно с помощью встроенного в программу калькулятора растров. В качестве выражения была использована следующая формула:

$$\text{“Исходный_слой@1”} = 5, \quad (1)$$

где “Исходный_слой@1” – первый канал исходного слоя; 5 – значение пикселей, покрывающих территорию пахотных земель.

После завершения алгоритма появляется новый слой, в котором пахотные земли имеют значение 1, а вся остальная территория имеет значение 0. Результат обработки представлен на рис. 3.

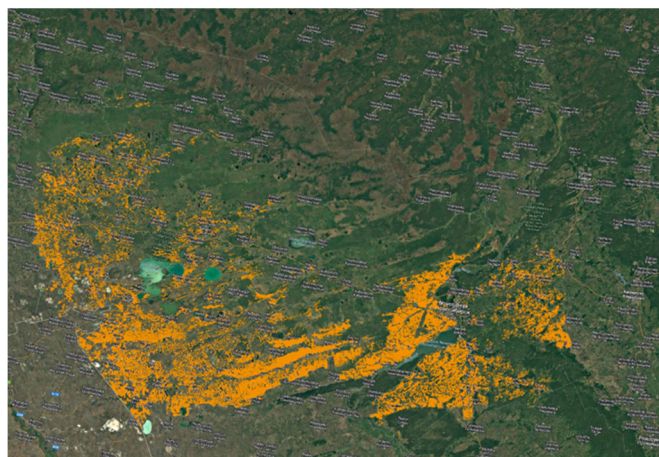


Рис. 3. Результат удаления ненужных значений с растрового слоя

После этого полученный слой был переведен в векторную форму при помощи инструмента «Создание полигонов (Растр в вектор)». Для дальнейшего построения модели необходима также почвенная карта, которая, в нашем случае, была взята с сайта Единого государственного реестра почвенных ресурсов России [2]. Для объединения обоих слоев мы воспользовались инструментом «Пересечение», который позволяет исходным полигонам из слоя с пахотными землями присвоить атрибуты с полигонов почвенной карты. В качестве исходного слоя в инструменте необходимо выбрать векторный слой с пахотными землями, в качестве пересекающего (Overlay layer) – слой почвенной карты.

В конечном итоге получился векторный слой с полигонами из слоя пахотных земель и атрибутивными значениями из слоя почвенной карты России. Как и у исходных слоев, система координат у выходного слоя – ESPG:4326 – WGS 84, которая хорошо подходит для наглядного отображения земной поверхности, однако, как географическая система координат, выражает их в градусах. Поскольку градусы не имеют фиксированного значения в метрах, значение длины одного градуса начинает изменяться при удалении от экватора. Для более точного подсчета площади векторный слой был перепроецирован в систему координат ESPG:6933 – WGS 84, которая в качестве единицы измерения использует метры, что позволяет более точно вычислить площадь полигональных объектов.

Площадь каждого отдельного полигона была подсчитана с помощью калькулятора полей, который можно найти во вкладке таблицы атрибутов. В качестве типа значения было выбрано «десятичное число», в поле выражения была введена формула:

$$\$/area/10000, \quad (2)$$

где $\$/area$ – команда для расчета площади в m^2 ; 10000 – коэффициент перевода m^2 в гектары.

После выполнения расчета в атрибутивной таблице должен появиться новый столбец с указанным ранее названием (в нашем случае «Area»), в котором будет отображаться площадь в гектарах.

Для последнего шага использовался модуль «Group stats» версии 2.2.7. скачанный при помощи каталога модулей в программе Qgis. На рис. 4 показаны настройки для получения таблицы с площадью, занимаемой конкретным видом почв. После калькуляции, в левом столбце «soil0» будет указан тип основной почвы (по прилагающийся к почвенной карте легенде), в правом – площадь в конкретного типа почв в гектарах.

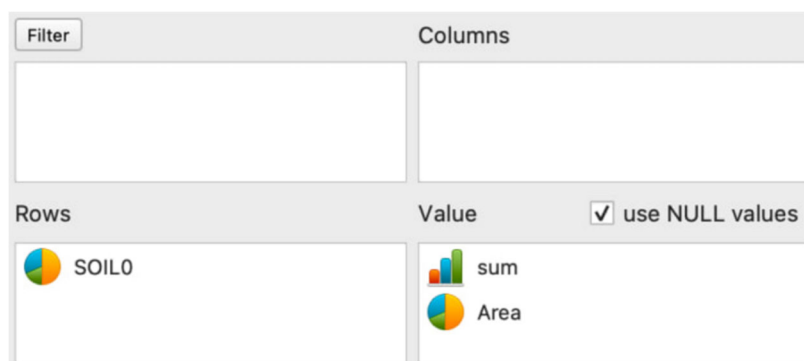


Рис. 4. Настройки модуля “Group Stats”, используемые для получения данных.

Результаты и обсуждение

При помощи данной модели удалось выявить пахотные земли на 29 разных типах почв, из которых всего 8 почв занимают более 3 % от общей площади пахотных земель исследуемого региона. Данные типы почв представлены на рис. 5.

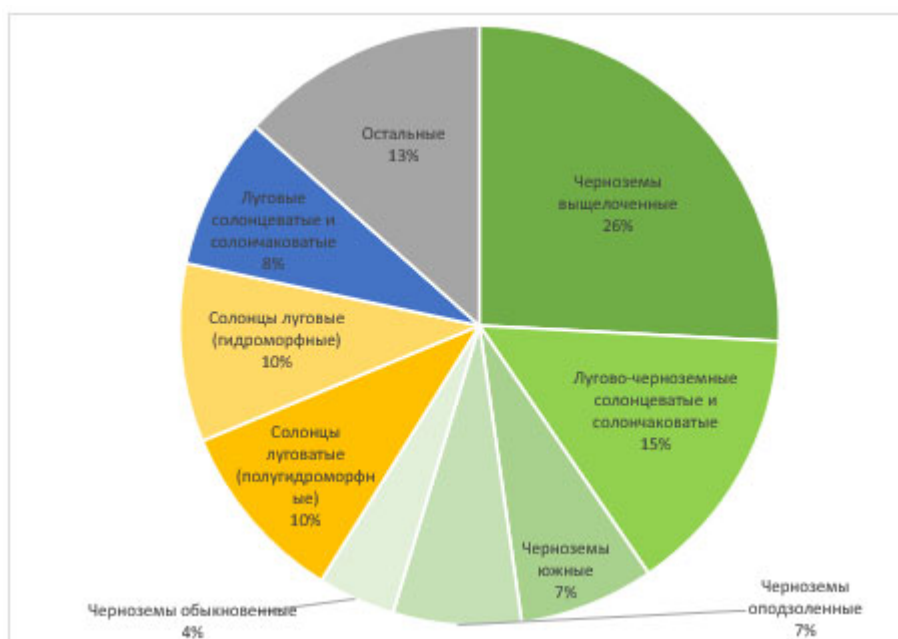


Рис. 5. Распределение пахотных земель Новосибирской области по типу почв, % от общей площади пахотных земель

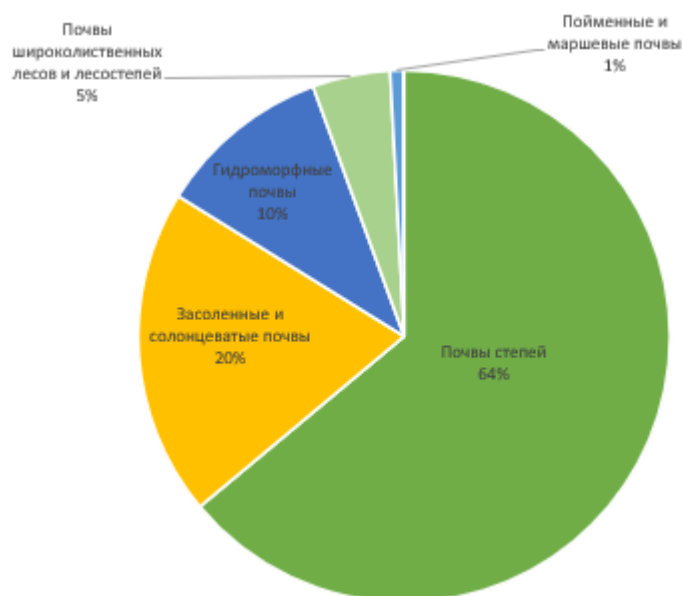


Рис. 6. Распределение пахотных земель Новосибирской области по зонам почв, % от общей площади пахотных земель.

Помимо калькуляции по типам почв был произведен расчет по зонам почв. Результаты представлены на рис. 6.

В результате построения модели самыми распространенными типами почв оказались Черноземы выщелоченные, составляя более четверти от всех пахотных земель. Помимо этого, большую часть территории пахотных земель занимают черноземы южные, оподзоленные и обыкновенные. В сумме разные типы черноземных почв составляют более 58 % от всей территории пахотных земель Новосибирской области. Также можно увидеть, что более чем 27% территории находится на почвах с солонцовым почвообразовательным процессом, который требует проведения мелиоративных мероприятий на полях для получения больших урожаев.

Если сравнивать пахотные земли по зональной принадлежности их типов почв, то можно обнаружить занятость большей части пахотной территории Новосибирской области почвами степной зоны – 64 % от общей площади пахотных земель. К этой зоне относятся все виды черноземов, включая лугово-черноземные типы почв. К зоне широколиственных лесов и лесостепей преимущественно относятся подтипы серых-лесных почв, а к зоне тайги и хвойно-широколиственных лесов – подтипы дерново-подзолистых типов почв. Однако, их доля в структуре посевных площадей области очень мала и суммарно составляет менее 6 % территории.

Заключение

Результатом предложенной методики является цифровая картографическая модель пахотных земель Новосибирской области. Сама модель универсальна и может использоваться в условиях других исходных данных как пахотных земель, так и почв на исследуемой территории. В результате посчитаны площади преоб-

ладающих типов почв пахотных земель и построены соотношения преобладающих типов почв на заданной территории, что поможет в дальнейшем наиболее рационально планировать мероприятия по возделыванию сельскохозяйственных культур за счет более точной адаптации технологий под определенные почвенные условия. Помимо этого, появляется возможность снижения трудозатрат при проведении научных исследований, имеющих привязку к конкретным почвенным особенностям изучаемой территории.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Классифицированная карта землепользования поверхности Земли на основе снимков спутника Sentinel-2 [Электронный ресурс] // Всеобъемлющая геопространственная платформа AcrGis. URL: <https://livingatlas.arcgis.com/landcoverexplorer/> (дата обращения: 19.05.2025)
2. Почвенная карта Российской Федерации в масштабе 1:2500000 [Электронный ресурс] // Единый государственный реестр почвенных ресурсов России, Версия 1.0, 2019. URL: <https://egrpr.esoil.ru/content/1DB.html> (дата обращения: 19.05.2025)
3. Бюллетень «Посевные площади Российской Федерации в 2024 году» [Электронный ресурс] // Бюллетени о состоянии сельского хозяйства (электронные версии) Федеральной службы государственной статистики Российской Федерации. URL: <https://rosstat.gov.ru/compendium/document/13277> (дата обращения: 19.05.2025)

© Н. В. Рыжаков, Д. А. Яковлев, З. А. Левадный, 2025