УДК 631.171

DOI: 10.31563/1684-7628-2019-50-2-21-26

Э.И. Галеев, М.Г. Ишбулатов

РОЛЬ КАРТОГРАФИИ ДЛЯ ТОЧНОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

Ключевые слова: картография; цифровые карты; точное земледелие; беспилотные летательные аппараты; геоинформационные продукты; автоматическая векторизация.

Введение. Система точного земледелия – это не строго определенный набор методик и технических средств, а, скорее, общая концепция, основанная на использовании технологий спутникового позиционирования (GPS), геоинформационных систем (GIS), точного картографирования полей и др. Точное земледелие – это множество отдельных технологий, необходимость внедрения которых определяется на усмотрение собственников и руководителей агропредприятия. То есть можно использовать как все технологии сразу, так и лишь некоторые, эффект от которых будет наиболее значительным для данного предприятия. Кроме того, точное земледелие – это не только качественно новая система земледелия, но и новая стратегия ведения сельскохозяйственного производства, которая использует информационные технологии, извлекая данные из множества различных источников, и обеспечивает принятие оптимальных решений по управлению сельскохозяйственным предприятием; еще ее называют аккurateчным сельским хозяйством [1].

Цель исследования: изучить способы получения, максимально детализированных цифровых карт полей высокой точности и со всеми их характеристиками используя архивные картографические материалы и средства космических и беспилотных летательных аппаратов.

Задачи: используя различные средства автоматизации работ разработать оптимальную методику создания цифровых карт полей, которые могут применяться для точного земледелия.

Условия, материалы и методы исследования. Необходимым условием для разработки и освоения технологий дифференцированного применения удобрений и других агрохимических средств является картографирование внутрипольной пестроты почвенного плодородия [8]. Разумеется, для каждого поля и так существуют дежурные кадастровые карты, определяющие его границы на местности. Однако эти карты практически не дают никакой полезной информации в рамках производственного процесса агропредприятия. Важным источником получения информации для управления сельскохозяйственным землепользованием является Государственный мониторинг земель [9]. Проводимая в рамках мониторинга оценка динамики использования и состояния земель на основе сравнительного анализа разновременных картографических материалов, данных дистанционного зондирования Земли и наземных обследований с целью выявления сценариев развития процессов и прогноза ситуации базируется на использовании современных геоинформационных систем (ГИС). Особую значимость для создания ГИС имеет картографическая информация, обеспечивающая привязку и отображение негативных процессов и явлений в пространстве [10]. К сожалению, темпы работ по централизованному созданию землеустроительных карт существенно снизились, и это происходит при значительном изменении агроландшафта, особенно в интенсивно развивающихся регионах [11].

Отбор проб почв в полевых условиях стал осуществляться с установлением географических координат или определением маршрутов прохода с помощью GPS-навигаторов. Это позволяет с высокой точностью проводить агрохимическое обследование в установленных местах с возможной периодичностью возврата специалистов учреждения на то же самое место, где проводился отбор проб, для выяснения изменения агрохимического состава почвенного покрова. В этой связи у сельхозпроизводителей появилась высококачественная информация о пространственном варьировании различных почвенных показателей, которые могут лимитировать урожайность на конкретных участках поля. Все это дает предпосылки к проведению работ по точному земледелию, в частности к применению дифференцированного внесения удобрений [8].

Одним из важных этапов точного земледелия является создание картографической основы, построенной с использованием цифровых технологий и обеспечивающее автоматизированное хранение и обработку данных по отдельным полям для реализации оптимальных агротехнических решений.

При картографическом обеспечении точного земледелия можно использовать следующие способы получения исходных данных:

1. Космическая съемка. Космоснимки или материалы дистанционного зондирования получают с космических спутников. Они могут быть как платные, так и бесплатные. Платные заказываются в специальных организациях (например, в России поставщиком космоснимков является компания Сканекс и другие), указывается место съемки и разрешение. Съемки производятся такими спутниками как Landsat 7, SPOT 5 и т. д. Бесплатные снимки, которые есть на просторах всемирной паутины очень низкого разрешения, и в них можно только просматривать интересные места. Для точного земледелия понадобятся космоснимки с пространственным разрешением 0,5 м/пиксель.

2. Аэрофотосъемка. Ортофотоплан – это фотографический план местности на точной геодезической основе, полученный путём аэрофотосъёмки с последующим преобразованием аэроснимков в ортогональную проекцию с устранением искажений аэроснимка. Следовательно, одной из задач, которые могут быть решены с их помощью, является векторизация границ полей для целей инвентаризации, планирования, измерения площадей и т. д. В настоящее время для этих целей широко используются беспилотные летательные аппараты.

3. Цифровые карты. Цифровые карты представляют собой гибкий инструмент моделирования окружающей среды, поэтому нельзя сказать, например, «... вот эта цифровая карта плохая, а

вот эта – хорошая». Необходимо учитывать специфику задачи, для которой создавалась карта, требования к точности решений (или выводов), которые предполагается получить. Все эти ограничения и требования, как правило, излагаются в технических заданиях на изготовление цифровых карт, составлению которых надо уделять самое пристальное внимание [5]. В Республике Башкортостан в качестве исходных данных можно использовать составленные совместно учеными ФГБОУ ВО Башкирского ГАУ и АО «ВолжНИИгипрозем» цифровые почвенные карты земель сельскохозяйственного назначения на отдельные муниципальные районы республики.

Полученные исходные данные становятся материальной основой для создания геоинформационной системы точного земледелия. Во время работы использованы как зарубежные, так и отечественные геоинформационные продукты. К одной из наиболее значимых функций ГИС относится возможность моделирования на их основе. По сути, человеку нужно только составить серию запросов «что произойдет, если...», и простейшая модель местности или географического объекта готова [2]. Наиболее распространены зарубежные коммерческие платформы для построения ГИС: ПО ArcGIS – ESRI, MapInfo, QGIS, а в Республике Башкортостан активно используется, разработанная уфимскими специалистами ГИС «ИнГео». Следующим этапом работы является послойная регистрация полученных исходных материалов в геоинформационном продукте. В нашем случае были применены программные продукты MapInfo и QGIS. Открывая ортофотоплан, необходимо его привязать. Предварительно перед привязкой ортофотоплана загружаем границы сельского поселения, и затем привязываем ортофотоплан. Далее после наложения проводят векторизацию границ исследуемого участка. Создание может проходить в двух режимах, ручном и автоматическом. В ручном режиме необходимо на мониторе обрисовать объект, после чего он сохраняется в таблице. Автоматическая векторизация проходит почти без участия человека, но не подходит, например, для трассировки полей, так как автоматическая трассировка идет по всем одинаковым линиям на карте с определенными характеристиками. Линии границ полей точно такие же, как и линии границ рек, домов и других территорий, в этом случае произойдет трассировка всех объектов на карте. Автоматическая векторизация подходит, например, для обрисовки топографии. Как правило, изолинии изображены в коричневом цвете, поэтому задав соответствующий параметр трассировки, например, векторизовать линии коричневого цвета, автоматическая трассировка пройдет без про-

блем и с хорошим результатом. В ручном режиме происходит обрисовка контуров. Точность этой операции зависит от навыков оператора и приближения карты, чем выше приближение,

тем более точно можно провести линии по границам контура. После завершения процесса трассировки контуров, обязательным этапом является процесс проверки топологии.

Рисунок 1

Цифровая почвенная карта на территорию СП Миловский сельсовет МР Уфимский район Республики Башкортостан

Рисунок 2

Привязка исходных данных

Выявляются ошибки на карте, при этом к векторным картам предъявляются такие же требования, как и к бумажным. При проверке топологии выявляются перекрытия полигонов и их самопересечения. После обнаружения ошибок необходимо исправить ошибки, это можно сделать как вручную, так и автоматически. Далее (или по ходу выполнения векторизации) каждому объекту присваивается уникальное имя. Например, номер контура или название реки. Имя обязательно должно быть уникальным, так как потом будет присоединяться семантическая

информация, и программа осуществляет сопоставление имени в таблице объектов с именем в таблице данных. После полевой регистрации точек отбора проб, полученная ведомость географических координат загружается в MapInfo в виде таблицы атрибутивных данных с номерами точек отбора. Затем через опцию Создания точечных объектов наносим точки отбора на картографическую основу. Далее результаты соединяем с точками отбора проб в MapInfo. Следующим этапом является загрузка этих же данных в QGIS и их визуализация.

Рисунок 3
Загрузка данных в QGIS

Рисунок 4
Картограмма содержания подвижного фосфора

В качестве примера, на рисунке 4 показана созданная картограмма по подвижному фосфору, которая позволяет определить дозу внесения соответствующих удобрений на конкретную территорию.

Процесс создания картограммы для остальных показателей агрохимических свойств почв аналогичен. В результате работы получаем многослойные карты местности с возможностью компоновки растров (снимки, сканированные карты и пр.) векторных карт (топографическая основа, карты полей, тематические карты и пр.) и матриц (поверхность рельефа, качественные особенности почв, урожайность и пр.). Надо отметить, что основной проблемой векторных карт является существенные затраты на производство. Однако неоспоримое преимущество векторных карт – это возможность автоматической обработки ее компьютером, объясняет все большее и большее их распространение во всевозможных компьютерных приложениях, в том числе и для навигационных целей в авиации [4]. Созданные цифровые карты обеспечивают учет сельскохозяйственных, агрохимический мониторинг почв, визуализацию перемещений техники и отображение состояния объектов мониторинга.

Следующий этап – картирование урожайности – это технология точного земледелия, призванная определить неоднородность главного из показателей – урожайности. С помощью специальных датчиков, установленных на комбайнах, а также бортовых компьютеров и приемников GPS в процессе уборки урожая можно получить пространственноориентированные карты урожайности и влажности зерна. Составление подобных карт является неотъемлемой частью технологии точного земледелия и позволяет осу-

ществлять прогноз урожайности. Измерение количества намолоченного зерна, содержания сухого вещества, убранной площади поля с учетом координат является обязательным условием при создании карт урожайности для работы в системе точного земледелия. Среди оборудования, предназначенного для оценки показателей урожайности, важное место занимают различные датчики (оптический датчик объема зерна в бункере, датчики влажности зерна, поперечных и продольных отклонений и др.), представляющие собой набор сенсоров. Их применение дает возможность определять урожайность и влажность зерна с единицы площади с учетом местоположения комбайна и компенсации неровности поля [12].

Выводы. Таким образом, точная карта поля с указанием характеристик каждого его участка дает возможность более рационально распределять ресурсы, избежать перерасхода ресурсов там, где они прежде использовались в избытке, и повысить продуктивность тех участков поля, которые ранее недополучали в удобрениях, вспашке или поливе. Наличие цифровых карт позволяет создать подробные инструкции по количеству вносимых удобрений, семян, воды, на каждый участок поля. Эти инструкции подгружаются в бортовой компьютер сельскохозяйственной техники, выходящей в поле и через GPS-навигацию осуществляется управление технологическим процессом с минимальным участием человека, который выполняет роль контролера и при необходимости может вмешаться в процесс. Башкирский ГАУ обладает всеми необходимыми приборами, программным обеспечением и главное, кадрами для создания цифровых карт для точного земледелия.

Библиографический список

1. Балабанов В.И. Технологии точного земледелия и опыт их применения [Текст] / В.И. Балабанов, Е.В. Березовский // Вестник Глонасс. 2011. № 1. С. 20–25.
2. Геоинформационные системы: учебное пособие. Томск: Томский межвузовский центр дистанционного образования, 2004. 162 с.
3. Гималетдинов И.И. Актуализация почвенных карт на основе геоинформационных систем [Текст] / И.И. Гималетдинов // В сборнике: Современные проблемы агропромышленного комплекса Сборник научных трудов 71-й Международной научно-практической конференции. 2018. С. 118–120.
4. Давлетшина А.Д. Этапы и проблемы создания электронной карты // Молодой ученый. 2017. № 3. С. 191–193. URL <https://moluch.ru/archive/137/38285> (дата обращения: 14.06.2019).
5. Замай С.С. Программное обеспечение и технологии геоинформационных систем [Текст] / С.С. Замай, О.Э. Якубайлик // Учебное пособие. Красноярск: Красноярский гос. ун-т., 1998. 110 с.
6. Ишбулатов М.Г. Топографическая съемка населенных пунктов с использованием беспилотных летательных аппаратов [Текст] / М.Г. Ишбулатов, Э.И. Галеев, И.Р. Мифтахов // В сборнике: Региональные аспекты развития науки и образования в области архитектуры, строительства, землеустройства и кадастров в начале III тысячелетия: материалы Международной научно-практической конференции. Ответственный редактор О.Е. Сысоев. 2017. С. 130–134.
7. Ишбулатов М.Г. Корректировка и создание цифровой почвенной карты РБ [Текст] / М.Г. Ишбулатов, Р.А. Миндибаев, И.Р. Мифтахов // В сборнике: Инновационные достижения науки и техники АПК: сборник научных трудов Международной научно-практической конференции. 2018. С. 185–187.

8. Корчагин В.И. Эффективность точного земледелия на выщелоченном черноземе Воронежской области [Текст] / В.И. Корчагин, Ю.А. Кошелев, Н.Г. Мязин, Р.Н. Ратников // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2016. № 1 (48). С. 17–23.

9. Концепция развития государственного мониторинга земель сельскохозяйственного назначения и земель, используемых или предоставленных для ведения сельского хозяйства в составе земель иных категорий, и формирования государственных информационных ресурсов об этих землях на период до 2020 года / Распоряжение Правительства Российской Федерации от 30 июля 2010 г. № 1292-р, г. Москва. URL: <https://rg.ni/2010/11/10/monitoring-site-dok.html> (дата обращения: 27.07.2016).

10. Осипов А.Г. Геоинформационное обеспечение эколого-мелиоративного мониторинга

земель сельскохозяйственного назначения [Текст] / А.Г.Осипов, В.В. Гарманов, И.Б. Генгут // Землеустройство, кадастр и мониторинг земель. 2016. № 1. С. 44–49.

11. Сулин М.А. Основы земельных отношений и землеустройства [Текст] / М.А. Сулин, Д.А. Шишов. СПб.: Проспект Науки, 2015. 320 с.

12. Труфляк Е.В. Картирование урожайности [Текст] / Е.В. Труфляк. Краснодар: КубГАУ, 2016. 13 с.

13. Ishbulatov M.G. The bioenergetic approach to evaluation of arable land fertility / Ishbulatov M.G., Mindibaev R.A., Safin Kh.M., Baikov A.G., Miftakhov I.R., Baygildina G., Zamanova N.A., Khisamov R.R., Yagafarov R.G. // Journal of Engineering and Applied Sciences. 2018. Т. 13. № S10. С. 8353–8359.

Сведения об авторах

1. **Галеев Энрик Ирасович**, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, заведующий кафедрой землеустройства, ФГБОУ ВО Башкирский ГАУ, г. Уфа, ул. 50-летия Октября, 34, e-mail: galyunrik@mail.ru.

2. **Ишбулатов Марат Галимьянович**, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, заведующий кафедрой кадастра недвижимости и геодезии, ФГБОУ ВО Башкирский ГАУ, г. Уфа, ул. 50-летия Октября, 34, e-mail: img63@rambler.ru.

Статья посвящена актуальным проблемам сельскохозяйственного производства, перехода на новые технологии, используя последние достижения науки и техники в области точного земледелия. Для решения которой самым важ-

ным этапом является создание точной и правильной картографической основы с учетом основных агрохимических показателей каждого участка поля и с последующим выходом на картирование урожайности

E. Galeev, M. Ishbulatov

ROLE OF CARTOGRAPHY FOR EXACT PLANT

Key words: *cartography; digital maps; precision farming; unmanned aerial vehicles; geoinformation products; automatic vectorization*

Authors' personal details

1. **Galeev Enrik**, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Land Management, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Bashkir State Agrarian University», Ufa, 50-letiya Oktyabrya St., 34, e-mail: galyunrik@mail.ru.

2. **Ishbulatov Marat**, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Real Estate Cadastre and Geodesy, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Bashkir State Agrarian University», Ufa, 50-letiya Oktyabrya St., 34, e-mail: img63@rambler.ru.

The article is devoted to actual problems of agricultural production, transition to new technologies, using the latest achievements of science and technology in the field of precision farming. To solve this problem, the most important step is the

creation of an accurate and correct cartographic basis, taking into account the main agrochemical indicators of each section of the field and then going on to yield mapping.

© Галеев Э.И., Ишбулатов М.Г.