

культур.

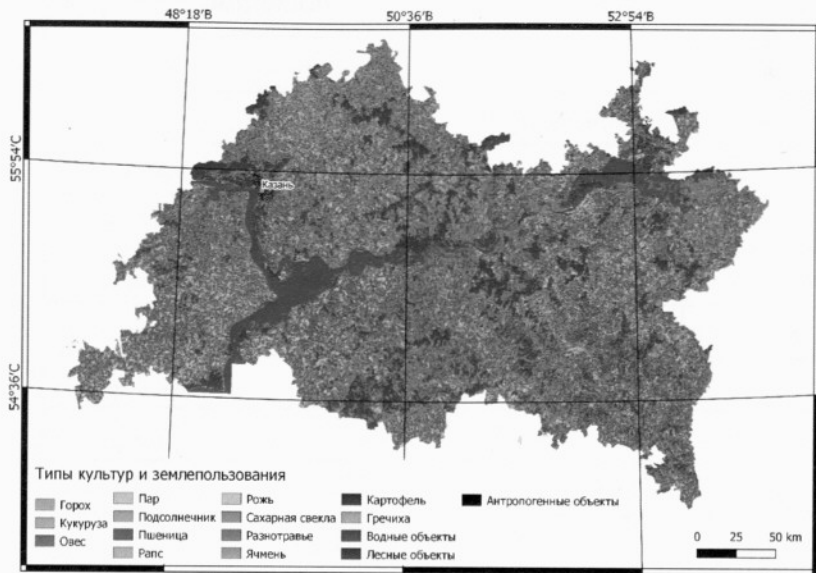


Рисунок 3. Карта типов с/х культур и землепользования Республики Татарстан в 2018 году

Благодарности. Работы по сбору эталонов типов культур проведены при поддержке гранта РФФИ (проект № 18-35-00326). Разработка методики картографирования типов культур с использованием глубоких нейронных сетей производилась при поддержке гранта РНФ (проект № 19-17-00064)

ГЕОИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ОТБОРА ПОЧВЕННЫХ ПРОБ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ АГРОХИМИЧЕСКОГО ОБСЛЕДОВАНИЯ ПАХОТНЫХ УГОДИЙ ПОД ВНЕДРЕНИЕ СИСТЕМ ЦИФРОВОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

К.Г. Гиниятуллин, Е.В. Смирнова

Казанский (Приволжский) федеральный университет

Одним из направлений реализации Национальной программы «Цифровая экономика Российской Федерации» является внедрение в агропромышленный комплекс современных технологий цифрового (точного, прецизионного) земледелия. Технологии точного земледелия построены на оценке пространственно-временной неоднородности сельскохозяйственных угодий, а стратегия их реализации ориентирована на адаптацию самой системы хозяйственной деятельности к пространственной неоднородности полей. Продуктивная реализация подходов цифрового земледелия требует глубокого изучения пространственной неоднородности сельскохозяйственных угодий и разработки методов ее количественного описания. Одним из главных направлений внедрения цифровых технологий в сельскохозяйственное производство является использование систем дифференцированного внесения минеральных удобрений. Применение этих систем позволяет обеспечить максимальную эффективность применения удобрений, получение экологически чистой сельскохозяйственной продукции и ведение производства с минимальным ущербом для сопредельных с пахотными угодьями природных сред.

Внедрение систем точного земледелия требует применения специфических методов проведения агрохимического обследования полей, обеспечивающих получение адекватных моделей пространственной неоднородности пахотных угодий по обеспеченности их доступными элементами питания. Результаты агрохимического обследования должны обеспечивать получение цифровых картограмм внесения минеральных удобрений (карт-заданий), построенных на основе пространственной интерполяции результатов локального опробования на всю обследуемую территорию. Карты-задания должны обеспечивать требуемую точность внесения

минеральных удобрений специальной техникой, что, в свою очередь, делает необходимым проведения агрохимического обследования с большей степенью детализации и точной привязкой к местности. При обследовании полей под точное земледелие применение геоинформационных систем и точной геодезической техники глобального позиционирования становится необходимым условием планирования и отбора почвенных образцов для проведения агрохимических исследований.

Цель работы: разработка методов и геоинформационного обеспечения отбора почвенных проб для проведения агрохимического обследования пахотных угодий под внедрение систем цифрового земледелия в черноземной зоне Республики Татарстан.

Согласно государственному стандарту [1] максимальный размер элементарного участка для отбора смешанного образца для Республики Татарстан должен составлять 20 га. Форма элементарного участка рекомендуется приближенной к прямоугольной (при соотношении сторон 1:2), а маршрут отбора точечных проб должен прокладываться посередине элементарного участка вдоль его длинной стороны.

При применении такой детализации обследования вариабельность агрохимических свойств полей практически не учитывается, поскольку количество точек опробования является недостаточным, а полученные данные не могут обеспечить получение адекватной модели регионализации пространственной неоднородности почв. При применении для интерполяции пространственной неоднородности точечного ординарного кригинга (наиболее широко используемого в точном земледелии интерполятора) и использовании для вычисления параметров базовых моделей метода ограниченного максимального правдоподобия минимальное количество точек должно составлять 50 [2]. Поскольку, при применении данного метода значения обеспеченности элементами питания будут привязываться при проведении интерполяции к центроидам элементарных участков, которые будут расположены примерно на одинаковых расстояниях друг от друга, при этом может возникнуть при построении вариограмм эффект «искусственного наггета», из-за отсутствия близко расположенных точек. Данный эффект наблюдался нами при обследовании для целей точного земледелия пахотных угодий Северного Казахстана, когда при недостаточной детализации отбора проб на некоторых полях при ва-

риограмном анализе отсутствовал порог и вместо метода кригинга приходилось при построении карт неоднородности обеспеченности полей элементами питания использовать более грубые детерминистские методы интерполяции [3]. Прямоугольная форма элементарных участков также является неприемлемой для получения интерполированных картограмм из-за возникновения ошибок прогноза, а планирование маршрута отбора точечных проб по действующему ГОСТу не может обеспечить необходимой точности привязки агрохимических данных к центроидам. Поэтому, методика отбора проб используемая при традиционном агрохимическом обследовании должна быть существенно изменена.

При проведении агрохимического обследования полей в черноземной зоне Республики Татарстан (по данным предварительного обследования почв ГСУ) нами была использована детализация обследования 5 га – 1 смешанный образец. В качестве картографической основы использовали оцифрованные границы полей. Оцифровка границ полей проводилась в программе QGIS по данным космической съемки с уточнением основных границ по данным наземной GPS съемки. При планировании отбора проб элементарные участки создавались примерно прямоугольной формы, а маршруты отбора проб прокладывались по диагонали. При отборе образцов начальная и конечная точка маршрута отбора точечных почвенных образцов для составления смешанного находилась с помощью GPS-навигации. В работе использовали полевую GPS-контроллер TRIMBLE JUNO 5D с точностью геопозиционирования до 1 м. Полученные данные привязывали к центроидам элементарных участков, интерполяцию для построения пространственных карт проводили в статистической среде R.

Результаты обследования более чем 20 тысяч га пахотных угодий показали, что применение данной детализации и методики отбора образцов позволяют описать пространственную неоднородность агрохимических свойств транзитивными вариограммами с уверенно определяемой величиной порога и радиуса автокорреляции. Можно сделать общий вывод, что применение детализации в 5 га достаточно для проведения агрохимического обследования в черноземной зоне Республики Татарстан, а используемая методика позволяет получить адекватную модель регионализации для описания пространственной неоднородности агрохимических свойств пахотных угодий, обеспечивающую создание точных интерполиро-

ванных карт для систем точного земледелия.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-29-05061 мк.

1. ГОСТ 28168-89. Почвы. Отбор проб. - М.: Стандартиформ, 2008. 6 с.
2. R., Oliver V.A. and Frogbrook Z.L. Sampling in Precision Agriculture // in: Geostatistical Applications for Precision Agriculture (editor M.A. Oliver). Springer Science+Business Media B.V. 2010. P. 35-64
3. Гиниятуллин К.Г., Рязанов С.С., Григорьян Б.Р., Шакирзянов И.В., Шакирзянов Р.В., Ваганова Е.С., Галиуллина А.Г. Использование геостатистических методов для характеристики вариабельности агрохимических свойств (на примере изучения пахотных угодий Северного Казахстана) // Учен. зап. Казан. ун-та. Сер. Естеств. науки. – 2016. – Т. 158, кн. 2. – С. 259–276.

ОЦЕНКА ИЗМЕНЕНИЯ СТРУКТУРЫ ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЯ ПО ДАННЫМ LANDSAT (НА ПРИМЕРЕ ПЕСТРЕЧИНСКОГО МУНИЦИПАЛЬНОГО РАЙОНА РТ)¹

М.А. Иванов, А.С. Ханнанова

Казанский (Приволжский) федеральный университет

После распада СССР, в условиях перехода от плановой к рыночной экономике, произошли существенные изменения в структуре землепользования (Prishchepov et al., 2012).

Данные дистанционного зондирования могут служить источником для соответствующих детальных карт изменения землепользования (Kraemer et al., 2015; Bartalev et al., 2016; Барталев и др., 2016). Для создания и обновления пространственных баз данных землепользования на региональном уровне подходят разновременные мультиспектральные снимки среднего (10-30 м) пространственного разрешения, например, бесплатные спутниковые данные, полученные спутников Landsat (Hansen, Loveland, 2012; Feranec et al., 2016; Coulter et al., 2016). В последнее время большое внимание в этой области уделяется методикам автоматизированного картографирования структуры земного покрова, а также используемых и заброшенных пахотных угодий (Alcantara et al., 2012; Bartalev et al., 2016). Одним из наиболее широко используемых методов является непараметрический классификатор «случайные леса» (Random Forest) (Estel et al., 2015; Hao et al., 2015; Zhong et al., 2016).

Основные изменения в структуре землепользования (в абсолютном выражении площади) происходят за счет сельскохозяйственных земель. В многочисленных работах посвященных оценке площадей заброшенных сельскохозяйственных земель на территории бывшего СССР подробно рассмотрены возможные причины этих изменений. К ним относятся институциональные преобразования, демография, агроклиматические характеристики (Ioffe et al., 2004; Baumann et al., 2011; Prishchepov et al., 2013; Lieskovskz et al., 2015; Meyfroidt et al., 2016). Однако, также необходимо знать структурную составляющую произошедших изменений, т.е. из какой кате-

¹ Исследование выполнено при поддержке гранта РФФИ (проект № 18-09-40114)