

СОЗДАНИЕ СЕРИИ СПЕЦИАЛЬНЫХ ПОЧВЕННЫХ КАРТ ДЛЯ ТОЧНОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

Е.С. Черепанова¹, М.Д. Худорожков¹, М.А. Алёшин²

¹Пермский государственный национальный исследовательский университет, г. Пермь
cherepanova_es@rambler.ru, mishahudor@yandex.ru

²Пермский аграрно-технологический университет, г. Пермь
matvei0704@mail.ru

Аннотация. Согласно указа Президента РФ «О стратегии научно-технологического развития РФ» от 1 декабря 2016 года №642 в ближайшие 10–15 лет одним из приоритетных направлений развития научно-технологического потенциала РФ следует считать переход к цифровым технологиям и роботизированным системам.

В связи с необходимостью обеспечения биологической и продовольственной безопасности человечества, происходят преобразования в агропромышленном комплексе, а именно переход к «интеллектуальному» сельскому хозяйству [1].

Под этим термином понимается комплексная высокотехнологичная система сельскохозяйственного менеджмента, включающая в себя технологии глобального позиционирования, геоинформационные системы (ГИС), технологии оценки урожайности, дистанционное зондирование Земли (ДЗЗ). Эта система направлена на получение максимального объема качественной и наиболее дешевой сельскохозяйственной продукции с учетом норм экологической безопасности.

В результате исследования создана серия специальных почвенных карт для обеспечения принятия управленческих решений в крупном сельскохозяйственном предприятии Пермского края.

Ключевые слова: точное земледелие; ГИС-технологии; составление картограмм по агрохимическим показателям.

Развитие сельскохозяйственной отрасли в Пермском крае отстает по сравнению с передовыми сельскохозяйственными регионами. Однако существуют крупные хозяйства, где руководство осознает необходимость применения инновационных подходов. Высокая востребованность современных и актуальных картографических материалов в настоящее время обусловлена отсутствием таковых за прошедшее десятилетие, поскольку последнее обновление карт такого рода проводилось в 2000-х годах.

Основная цель данного исследования – обеспечить внедряемые процессы точного земледелия на территории СХПК «Колхоз Заря будущего» Юсьвинского района Пермского края при помощи создания серии специальных почвенных карт как комплексных средств поддержки принятия управленческих решений.

Точное земледелие – это высшая форма адаптивно-ландшафтного земледелия, основанного на наукоемких агротехнологиях с высокой степенью технологичности. В основе концепции о точном земледелии лежит представление о существовании неоднородности в пределах одного поля. Для выявления данных различий применяются новейшие технологии: глобальные навигационные спутниковые системы (ГНСС), различные датчики контроля, фотоматериалы с космических аппаратов и беспилотных летательных аппаратов (БПЛА), геоинформационные системы (ГИС) [2].

Любая сельскохозяйственная операция (вспашка, внесение удобрений, посев), ранее выполняемая «на

глазок», с применением технологий точного земледелия рассчитывается для каждого поля с точностью до метра. Тем самым в дальнейшем удастся избежать перерасхода ресурсов там, где ранее они использовались в избытке, и повысить продуктивность на участках поля где производилось недостаточное внесение удобрений и полива. Точное земледелие – это набор отдельных технологий, необходимость внедрения которых определяет руководитель и собственник сельскохозяйственного предприятия.

Основу системы точного земледелия составляют карты полей, отображающие широкий спектр характеристик, таких как: точные границы участка, данные химического состава почвы, уровне ее влажности, количество получаемой солнечной радиации, показатель уклона поверхности, информация о преобладающих ветрах, наличие природных и искусственных объектов.

Все карты составляются в электронном виде в специальных геоинформационных системах. Исходными данными карт являются: результаты взятия проб с дальнейшим проведением агрохимического анализа, материалы фотографирования и сканирования, полученные с космических аппаратов и БПЛА, а также проведение научных исследований.

Сельское хозяйство Пермского края отстает в развитии от передовых сельскохозяйственных регионов. Почвенный покров территории разнообразен, но в большей степени преобладают дерново-подзолистые почвы (более 70 %). По итогам 2015 года край

занял 37 место среди регионов РФ по производству сельскохозяйственной продукции. Ведущей отраслью региона является животноводство (62 %).

По данным 2015 года посевные площади Пермского края составляли 757,2 тыс.га. (1 % от посевных площадей РФ). Наибольшую долю занимали кормовые культуры, 60 % от общей площади посевов [3]. Пермский край занимает 19 место в России по числу хозяйств, применяющих элементы точного земледелия, и 22 место по площади покрытия технологиями точного земледелия. На территории Пермского края технологии точного земледелия используют в 21 хозяйстве. И всего в 3-х из них применяют систему дифференцированного внесения удобрений. Таким образом, существует задача создания специальных почвенных карт для нужд сельскохозяйственного производства с целью использования их при ведении хозяйства и принятии управленческих решений.

На основе почвенных карт специалистами выполняются работы по планированию видов землепользования, оценке экономической и экологической целесообразности использования территорий в рамках производства, оценке биологической продуктивности лесов, разработке систем управления почвенным плодородием.

Почвенная картограмма – это схематическое изображение сельскохозяйственных земель в масштабе почвенной карты. Почвенные картограммы позволяют дополнить характеристику отдельных свойств почвы и обозначить рекомендации по использованию сельскохозяйственных земель.

Почвенные карты сопровождаются очерком, а картограммы пояснительной запиской. Данные документы содержат информацию о природных условиях хозяйства, морфометрические и аналитические характеристики свойств почв, рекомендации по использованию почв и мероприятия по повышению плодородия почв.

В целях рационального и эффективного использования удобрений, перед хозяйствами стоит задача по разработке системы внесения удобрений и планирование их применения. Решение данной задачи основывается на картограммах подвижных форм элементов питания (фосфора, калия), почвенной карте и почвенном очерке территории.

Необходимость известкования почв определяется по картограммам и почвенной карте с учетом механического состава почв. Подсчет площадей, занятых почвами различной степени кислотности, позволяет составить план и очередность известкования с учетом особенностей возделываемых сельскохозяйственных культур. Дозы извести, необходимые для мелиорации кислых почв, определяются показателями pH и гидролитической кислотности [4].

Одним из важнейших источников информации для составления почвенных карт, наряду с материалами полевых исследований, являются данные агрохимического анализа. Результаты агрохимического обследования почв являются основой для разработки научно обоснованной системы удобрения и мероприятий по повышению почвенного плодородия и урожайности сельскохозяйственных культур. Они используются для определения потребности и составления планов применения удобрений, для разработки рекомендаций по проектно-сметной документации, возделыванию сельскохозяйственных культур по интенсивным технологиям, выращиванию программированных урожаев и для других целей агрохимического обслуживания на всех уровнях сельскохозяйственного производства.

Агрохимическое обследование почв включает в себя несколько этапов.

Первым этап – подготовительный. Он включает в себя сбор, анализ, систематизацию и обобщение имеющихся данных по каждому сельскохозяйственному участку. При помощи космических снимков производится уточнение границ земельных участков. Затем, перед отбором почвенных проб на поле определяется размер элементарного участка. Для территории Пермского края характерным значением площади элементарного участка является 5–8 га.

Следующим этапом агрохимического обследования земель является отбор проб. Разбитые на элементарные участки географически привязанные поля и маршрутные ходы заносятся в GPS-ГЛОНАСС навигатор. Двигаясь по маршрутному ходу, агрохимик отбирает точечные пробы на элементарном участке. Отбор почвенных образцов может осуществляться как ручным, так и автоматическим пробоотборником. Почвенные пробы, полученные в рамках одного элементарного участка, складываются, объединяются и подписываются согласно нумерации участков.

Следующим этапом агрохимического обследования земель является анализ отобранных проб в лаборатории. Пробы передаются в лабораторию для исследования. Образцы исследуются на основные показатели плодородия (pH, подвижный фосфор и калий, магний, кальций, гидролитическая кислотность, органическое вещество и т.д.).

Последним этапом агрохимического обследования земель является обобщение данных и подготовка материалов обследования к выдаче.

По результатам анализов почв составляются агрохимические картограммы в масштабе (чаще в 1:10000) и рекомендации по применению удобрений [5].

Сельскохозяйственный производственный кооператив (СХПК) «Колхоз Заря будущего», частной формы собственности, расположен в селе Юсьва, Юсь-

винского района, Пермского края. Основным видом деятельности является разведение крупнорогатого скота. Отрасль по Общесоюзному классификатору отраслей народного хозяйства (ОКОНХ) – «Мясное и молочное скотоводство». Также СХПК занимается выращиванием зерновых и зернобобовых культур, однолетних кормовых культур, разведением прочих пород крупного рогатого скота [6]. Площадь сельскохозяйственных земель составляет 4851,75 Га.

Производственные работы при подготовке карт осуществлялись в несколько этапов: подготовительный, полевой, лабораторный и камеральный.

Подготовительный этап. В рамках первого этапа, Пермским государственным аграрно-технологическим университетом (ПГАТУ) был предоставлен картографический архивный материал на территорию землепользования сельскохозяйственного предприятия. Пакет документов включал почвенную карту масштаба 1:10000, созданную в 1983 году и карту с участками землепользования, составленную на основе аэрофотосъемки более 20 лет назад. Все перечисленные материалы нуждались в основательной корректировке и обновлении. Карты были последовательно отсканированы, отображены в ГИС и приведены в известную систему координат.

Далее были уточнены по космическим снимкам размеры и местоположения сельскохозяйственных угодий хозяйства. Изменение границ было связано с вырубкой лесного массива, зарастанием кустарниковой растительностью и передачей сельскохозяйственных земель под застройку жилому сектору. На этом же этапе с сервера Росреестра в ArcGIS-проект были загружены кадастровые карты, по которым уточнялись границы населенных пунктов.

Для корректного сбора почвенных образцов все сельскохозяйственные угодья были разбиты на отдельные элементарные участки. Под элементарным участком понимают локальный участок сельскохозяйственного полигона, характеризующийся однородными почвенными условиями. Деление происходило так, чтобы при сборе образцов не возникало проблем с ориентированием. Выбирались опорные точки, отличные от остального рельефа – угол леса, колки, перекрестки дорог, водонапорные башни, жилой сектор и другие. Для систематизации элементарных участков введена новая нумерация.

В заключении подготовительного этапа был создан актуальный векторный слой элементарных участков территории землепользования сельскохозяйственным предприятием.

Полевой этап. Отбор почвенных образцов, как основной блок полевых работ, проходил в конце июня 2017 года в рамках летней учебной практики студентов. Данный период является более ярким про-

явлением основных потребностей растений и обеспеченности почвы элементами минерального питания.

На основе деления полей на элементарные участки, руководителем были определены маршруты каждой бригады. Как правило движение осуществлялось по диагонали, из одного угла участка в другой, с целью захвата больших форм микрорельефа.

В рамках каждого элементарного участка взятие 20–25 индивидуальных проб происходило на основании ранее проложенного маршрута, через строго определенное расстояние, на глубину пахотного горизонта. Индивидуальные пробы, полученные в рамках одного участка, складировались в один пакет и подписывались согласно нумерации и деления полей на контуры.

На дерново-подзолистых почвах в условиях пахотных участков самый верхний (гумусовый) горизонт составляет, в основном, 20–25 см. Учитывая особенности используемой технологии основной обработки почвы в хозяйстве (до 15 см), его мощность редко превышала 18 см. Строение тростевого бура, используемого для отбора проб, позволяет без особых физических усилий за один укол равномерно произвести отбор почвы со всей мощности данного горизонта. Анализ исключительно пахотного горизонта и строение бура для отбора образцов почвы связано с особенностью распространения порядка 60–80 % корневых систем однолетних зерновых, зернобобовых и многолетних бобовых травянистых растений в рамках пахотного более гумусированного горизонта.

В итоге с обследованной площади отобрано 543 смешанных образца. Все образцы были высушены и переданы в лабораторию ФГБУ ГЦАС «Пермский» для дальнейшего анализа.

Лабораторный этап. Согласно методическим указаниям по проведению комплексного мониторинга плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения, в качестве основных агрохимических параметров, определяемых в процессе агрохимического картографирования в условиях Нечерноземной зоны в целом и Пермского края в частности, являются такие показатели, как: кислотность (рН_{KCl} потенциометрическим методом) по ГОСТу 26483–85; подвижный фосфор (P₂O₅) по Кирсанову в 0,2 Н солянокислой вытяжке по ГОСТу 26207–91. ГОСТ Р 54650–2011 г.; обменный калий (K₂O) по Кирсанову в 0,2 Н солянокислой вытяжке по ГОСТу 26207–91. ГОСТ Р 54650–2011 г.; гидролитическая кислотность по Каппену (ГОСТ 26212–91), показатели которой отражены в паспорте поля; органическое вещество по методу Тюрина (Модификация ЦИНАО) ГОСТ 26213–91; сумма обменных оснований по Каппену-Гильковицу (ГОСТ 27821–88); общая емкость поглощения (ЕКО); степень насыщенности почв основаниями (V) расчётным методом [7].

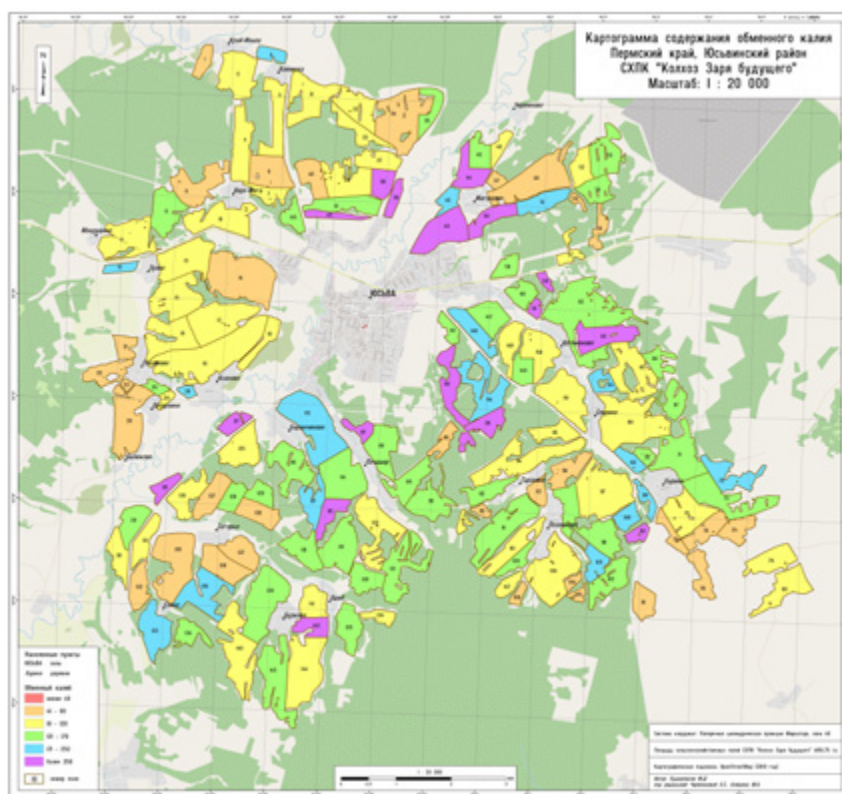


Рис. 1. Картограмма содержания обменного калия.

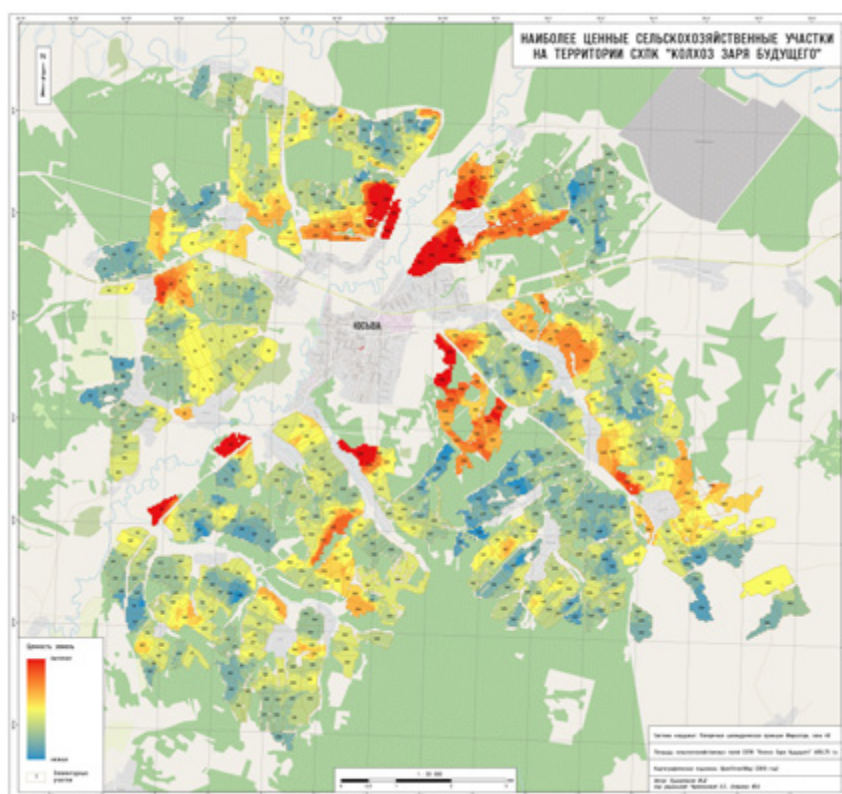


Рис. 2. Наиболее ценные сельскохозяйственные участки на территории СХПК «Колхоз Заря будущего»

Перечисленный спектр показателей является определяющим с точки зрения сельскохозяйственного производства, уровня плодородия почвы и позво-

ляет установить лимитирующий фактор развития сельскохозяйственных культур в каждом конкретном случае.

Камеральный этап. На основании лабораторных исследований были получены данные по каждому элементарному участку. Используя совокупность данных по каждому показателю, были составлены соответствующие одноименные картограммы. Для составления картограмм, выявлялись элементарные участки со схожими показателями, которые объединяли в единый контур с последующим вычислением для каждого из них средневзвешенного показателя.

При разработке компоновки карты учитывались требования заказчика. Компоновка включала в себя: картограмму (изображение), базовую подложку, легенду, масштабную линейку, заголовок. В качестве базовой картографической подложки использована подложка OpenStreetMap.

Использование сквозной нумерации для контуров позволяет более детально сопоставить показатель, отображённый на картограмме, с остальными агрохимическими показателями в рамках конкретного контура в итоговом документе – «Паспортная ведомость».

Карты выполнены на листе размером (770×772 мм), что обусловлено размещением территории СХПК в масштабе 1:20000.

Классификация показателей выполнена на основании методических указаний по проведению комплексного мониторинга плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения.

В ходе данной работы было создано 10 агрохимических карт: картограмма содержания обменного калия (рис. 1), картограмма гидрологической кислотности, общей емкости поглощения, содержания подвижного фосфора, величины обменной кислотности, механического состава почвы, степени насыщенности почв основаниями, индекса окультуренности почв, содержанию органического вещества, степени эродированности почв.

Для создания карты наиболее ценных сельскохозяйственных участков исходными данными выступили основные химические показатели (кислотность, фосфор, калий) по каждому элементарному участку, полученные в рамках лабораторного этапа (рис. 2).

Высокая ценность земель характеризуется эталонными или приближенными к эталонным показателям по каждому химическому элементу (кислотность, фосфор, калий), а низкая соответственно наоборот низкими показателями. Легенда карты содержит классификацию ценности земель, где наиболее условный знак границы поля, информация о системе координат, базовой подложке, общей площади сельскохозяйственных угодий СХПК «Колхоз Заря будущего» и авторстве карты.

В рамках данной работы для каждого сельскохозяйственного поля создана паспортная ведомость и сводная ведомость по всем сельскохозяйственным полям СХПК «Колхоз Заря будущего». Паспортная ведомость – это форма представления информации об основных свойствах и качестве сельскохозяйственных угодий. Каждая строка паспортной ведомости является почвенно-агрохимическим паспортом данного контура.

В работе был представлен полный комплекс работ и мероприятий по созданию картографического материала, от полевых исследований с получением первичных данных до создания готового картографического продукта.

Анализ полученных почвенных образцов с последующим их графическим отображением позволил специалисту-агроному сельскохозяйственного предприятия сформировать план по проведению мероприятий, направленных на оптимизацию реакции среды почвы (известкования), дифференцированного внесения минеральных удобрений, выравнивания уровня плодородия за счёт более равномерного распределения органических удобрений (подстильного навоза) по поверхности почвы и др.

Уточнение контуров и площадей по отдельным участкам землепользования в хозяйстве позволило оптимизировать уровень затрат по отдельным элементам технологии возделывания сельскохозяйственных культур, наиболее точно спланировать количество посевного материала и агрохимикатов, количество единиц сельскохозяйственной техники.

Библиографический список

1. Труфляк Е.В. Опыт применения систем точного земледелия. Краснодар: КубГАУ. 2016. 22 С.
2. Точечное точное земледелие. URL: <http://sk.ru/news/b/articles/archive/2016/03/31/tochecnoe-tochnoe-zemledelie.aspx> (дата обращения: 27.04.19)
3. Сельское хозяйство Пермского края // Экспертно-аналитический центр агробизнеса. URL: <https://ab-centre.ru/page/selskoe-hozyaystvo-permskogo-kрая> (дата обращения: 17.02.19)
4. Почвенные карты и использование материалов почвенных обследований. URL: <https://cyberpedia.su/5xb165.html> (дата обращения: 25.04.19)
5. Агрохимическое обследование земель. URL: <http://sas60.ru/tutorials-menu-48/agrokhimicheskoe-obsledovanie> (дата обращения: 20.03.19)
6. СХПК «Колхоз Заря будущего». URL: <http://www.list-org.com/company/33424> (дата обращения: 02.05.19)
7. Методические указания по проведению комплексного мониторинга плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения. Под редакцией Державина Л.М., Булгакова Д.С. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2003. 240 С.

CREATION OF A SERIES OF SPECIAL SOIL MAPS FOR PRECISION AGRICULTURE

E.S. Cherepanova¹, M.D. Khudorozhkov¹, M.A. Alyoshin²

¹Perm State University

cherepanova_es@rambler.ru, mishahudor@yandex.ru

²Perm State Agrarian and Technological University

matvei0704@mail.ru

Abstract. The President of Russia issued a Decree "On the Strategy for Scientific and Technological Development of the Russian Federation" dated December 1, 2016. It says that in Russia it is necessary to develop scientific and technological potential and switch to digital technologies and robotic systems in the next 10–15 years.

Due to the need to ensure the biological and food security of mankind, transformations are taking place in the agricultural sector. We are seeing a gradual transition to "intelligent" agriculture.

Intelligent, or precision, farming is an integrated high-tech agricultural management system. This system includes global positioning technologies, geographic information systems (GIS), technologies for assessing productivity, remote sensing of the Earth (Earth remote sensing). This system is aimed at obtaining the maximum amount of high-quality and cheapest agricultural products, taking into account environmental safety standards.

As a result of this work, 10 agrochemical maps were created: a cartogram of the content of exchangeable potassium, a cartogram of hydrological acidity, total absorption capacity, content of mobile phosphorus, exchange acidity, soil mechanical composition, degree of soil saturation with bases, soil cultivation index, soil content organic matter, soil erosion.

These cards are important for ensuring managerial decision-making in a large agricultural enterprise in the Perm Krai.

Keywords: precision agriculture; GIS-technology; the mapping of the agrochemical indicators.

References

1. *Truflyak E. V.* Opyt primeneniya sistem tochnogo zemledelija. Krasnodar: KubGAU. 2016. 22 S.
2. Tochechnoe tochnoe zemledelie. URL: <http://sk.ru/news/b/articles/archive/2016/03/31/tochechnoe-tochnoe-zemledelie.aspx> (data obrashheniya: 27.04.19)
3. Sel'skoe hozjajstvo Permskogo kraja // Jekspertno-analiticheskij centr agrobiznesa. URL: <https://ab-centre.ru/page/sel-skoe-hozyaystvo-permskogo-kraja> (data obrashheniya: 17.02.19)
4. Pochvennye karty i ispol'zovanie materialov pochvennyh obsledovanij. URL: <https://cyberpedia.su/5xb165.html> (data obrashheniya: 25.04.19)
5. Agrohimicheskoe obsledovanie zemel'. URL: <http://sas60.ru/tutorials-menu-48/agrokhimicheskoe-obsledovanie> (data obrashheniya: 20.03.19)
6. SHPK «Kolhoz Zarja budushhego». URL: <http://www.list-org.com/company/33424> (data obrashheniya: 02.05.19)
7. Metodicheskie ukazaniya po provedeniju kompleksnogo monitoringa plodorodija pochv zemel' sel'skohozjajstvennogo naznachenija. Pod redakciej Derzhavina L.M., Bulgakova D.S. – M.: FGNU «Rosinformagroteh», 2003. 240 S.