

УДК 631

## ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ И ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ ЦИФРОВОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ В АПК

С.А. Семенов<sup>1</sup>, С.А. Васильев<sup>2</sup>, И.И. Максимов<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ООО «Сервис Промышленных Машин»,

<sup>2</sup>Чувашская государственная сельскохозяйственная академия»  
428000, Чебоксары, Российская Федерация

**Аннотация.** В статье рассматриваются особенности реализации и перспективы применения технологий «цифрового» земледелия на основе разработанного программно-аппаратного комплекса (ПАК). ПАК Телематика АГРО 2.0 – это инструмент «цифрового» производства в сельском хозяйстве, позволяющий аграриям выйти на качественно новый уровень производства сельскохозяйственной продукции, который способствует решению следующих вопросов: выбору возделываемой сельскохозяйственной культуры путем расчета ее рейтинга, формированию технологической карты возделывания сельскохозяйственных культур, расчету оптимальных параметров технологических операций, мониторингу условий сельскохозяйственного производства вплоть до анализа его результатов и другие. Определен перечень проблем сельхозпроизводителя, приводящих к дополнительным затратам. В отечественном сельском хозяйстве 70 % сельскохозяйственных предприятий работают по экстенсивной технологии производства сельскохозяйственной продукции, поэтому необходим переход на интенсивные или высокоинтенсивные технологии. Качественный существенный скачок в управлении производственным процессом на сельскохозяйственных землях невозможен без применения передовых цифровых технологий в сельском хозяйстве, что определяет актуальность темы исследования. Цель исследования – разработка программно-аппаратного комплекса, который можно использовать во всех областях сельскохозяйственного производства путем применения современных технологий «цифрового» земледелия. Для удаленного мониторинга сельскохозяйственных угодий использовались мультиспектральные космические снимки семейства спутников дистанционного зондирования земли Европейского космического агентства, позволяющие установить нормализованный относительный индекс биомассы NDVI и рельефа местности. Реализация автопилотирования и курсоуказателя с точностью до 5 см обеспечивается применением RTK-режима. В системе ПАК Телематика АГРО 2.0 принимаются, обрабатываются и хранятся данные по удаленной диагностике сельскохозяйственной техники, данные по прогнозу погоды на 5-10 дней и другие. В результате опытно-промышленной эксплуатации ПАК установлены особенности реализации технологии цифрового земледелия и определены перспективы применения ПАК Телематика АГРО 2.0 в АПК.

**Ключевые слова:** «цифровое» земледелие, дистанционное зондирование земли, «интернет-веици», мониторинг техники, геоинформационная система.

**Введение.** В настоящее время в сельском хозяйстве реализацию инновационного пути развития можно осуществлять по трем взаимодействующим направлениям:

- 1) инновационные подходы, связанные с человеческим фактором;
- 2) инновационные подходы, учитывающие биологические факторы;
- 3) инновационные подходы технологического характера.

В целом инновационные подходы дают возможность сельхозпроизводителю решить большой перечень проблем, приводящих к дополнительным затратам, к которым можно отнести:

- человеческий фактор (при проведении механизированных работ ограниченность и невозможность выполнения сельскохозяйственной работы в условиях плохой видимости, влияние квалификации и опыта тракториста на качество проведения сельскохозяйственной работы, двойная обработка и огрехи из-за неоптимальной траектории обработки поля и т.д.);

- необходимость в оперативном учете и контроле сельскохозяйственных работ;

- постоянный мониторинг сельскохозяйственных угодий и контроль за состоянием сельскохозяйственной техники;

- повышение производительности сельскохозяйственных работ зависит, в том числе, и от квалификации агрономов.

Рассматривая особенности реализации «цифрового» земледелия в АПК, необходимо отметить, что водной эрозии почв подвержено более 45 % пахотных земель Российской Федерации, в том числе 81,3 % земель Чувашской Республики [4,13]. Она вызывает сокращение площадей, удобных для сельскохозяйственного использования, снижение их плодородия, ухудшение экологической обстановки и структуры почв, что в целом приводит к снижению продуктивности сельского хозяйства [1,13]. В результате действия эрозионных процессов на территории России площади эродированных земель ежегодно возрастают до 400-500 тыс. га, десятки тысяч гектаров пашни ежегодно разрушаются оврагами. Технологии выращивания сельскохозяйственных культур на склоновых землях должны быть почвозащитными, а организация территорий землепользования и землеустройства – ландшафтно-экологической [7,12].

Анализируя различные технологии земледелия по критерию интенсивности, можно выделить четыре

основные категории:

- экстенсивные, ориентированные на использование естественного плодородия почв без применения удобрений и других химических средств или с ограниченным их использованием;
- нормальные, обеспеченные минеральными удобрениями и пестицидами в минимальном количестве для удовлетворительного качества продукции;
- интенсивные, рассчитанные на получение планируемого урожая высокого качества в системе непрерывного управления производственным процессом сельскохозяйственной культуры;
- высокоинтенсивные, рассчитанные на достижение урожайности культуры, близкой к ее биологическому потенциалу, с заданным качеством продукции с помощью достижений научно-технического прогресса при минимальных экологических рисках [2,3].

Известно, что сегодня в отечественном сельском хозяйстве 70 % сельскохозяйственных предприятий работают по экстенсивной технологии производства сельскохозяйственной продукции, поэтому необходим переход на интенсивные или высокоинтенсивные технологии [10,11].

Таким образом, сегодня качественный скачок в управлении производственным процессом на сельскохозяйственных землях, которое в основном было ориентировано на «равнинное» земледелие, невозможен без применения передовых «цифровых» технологий в сельском хозяйстве, что определяет актуальность темы исследования.

ПАК Телематика АГРО 2.0 – это инструмент «цифрового» производства в сельском хозяйстве, позволяющий аграриям перейти на качественно новый уровень производства сельскохозяйственной продукции. Комплекс инновационных решений, заложенных в системе, охватывает все грани производства: выбор возделываемой сельскохозяйственной культуры путем расчета ее рейтинга, формирование технологической карты возделывания сельскохозяйственных культур, расчет оптимальных параметров технологических операций, мониторинг условий сельскохозяйственного производства вплоть до анализа его результатов.

Целью исследований является разработка программно-аппаратного комплекса, который можно использовать во всех областях сельскохозяйственного производства, применяя следующие технологии «цифрового» земледелия:

- технологии дистанционного зондирования земли для мониторинга сельскохозяйственных угодий;
- технологии «интернет-вещей» в сельском хозяйстве путем применения беспроводных датчиков состояния почвы и зерна в зернохранилище;
- ГЛОНАСС- и GPS-технологии для мониторинга сельскохозяйственной техники и проводимых сельскохозяйственных работ;
- RTK-технологии для автопилотирования с точностью до 5 см;
- технологии искусственного интеллекта для информационной поддержки при принятии решений.

**Материалы и методы.** С целью удаленного мониторинга сельскохозяйственных угодий использовались мультиспектральные космические снимки семейства спутников дистанционного зондирования Земли Европейского космического агентства Sentinel-2. Периодичность проведения мониторинга – 10 дней, пространственное разрешение – 10 м/пик. Используются 13 спектральных каналов от видимого и ближнего инфракрасного до коротковолнового инфракрасного диапазона спектра.

На текущий момент в системе реализован расчет карты нормализованного относительного индекса биомассы NDVI (Normalized Difference Vegetation Index). Для расчета используются спектральные каналы в красном (0,55-0,75 мкм) и ближнем инфракрасном диапазоне спектра (0,75-1,0 мкм). Индекс вычисляется по формуле [14]:

$$NDVI = (NIR - Red)/(NIR + Red),$$

где NIR – отражение в ближней инфракрасной области;

Red – отражение в красной области спектра.

Данные по нормализованному относительному индексу биомассы NDVI на фрагменте карты представлены на рисунке 1. Расчеты NDVI для исследуемого участка площадью 181,73 га выполнены 02.09.2017. Например, на указанной точке участка (см. рисунок 1) величина NDVI составляет 0,154.

Также в системе используются радиолокационные космические снимки семейства спутников дистанционного зондирования Земли Европейского космического агентства Sentinel-1. Периодичность выполнения снимков составляет 3 суток, пространственное разрешение – 5 м/пик (без обработки).

С помощью радиолокационных снимков рассчитывается карта рельефа местности (рисунок 2). Данные по рельефу представлены для того же исследуемого участка площадью 181,73 га. На участке указана точка (см. рисунок 2), величина которой составляет 123 метра над уровнем моря.

С целью мониторинга перемещения сельскохозяйственной техники и фиксации проведения сельскохозяйственных работ на нее устанавливается абонентский GPS/Глонасс терминал, который передает на сервер координаты местоположения этой техники, а также скорость и высоту над уровнем моря, рассчитанные по сигналам, принятым от навигационных спутников методом расчета координат. Выполняется триангуляция расстояния до видимых спутников с известными координатами, а само расстояние рассчитывается по времени задержки сигнала при прохождении от спутника до объекта.

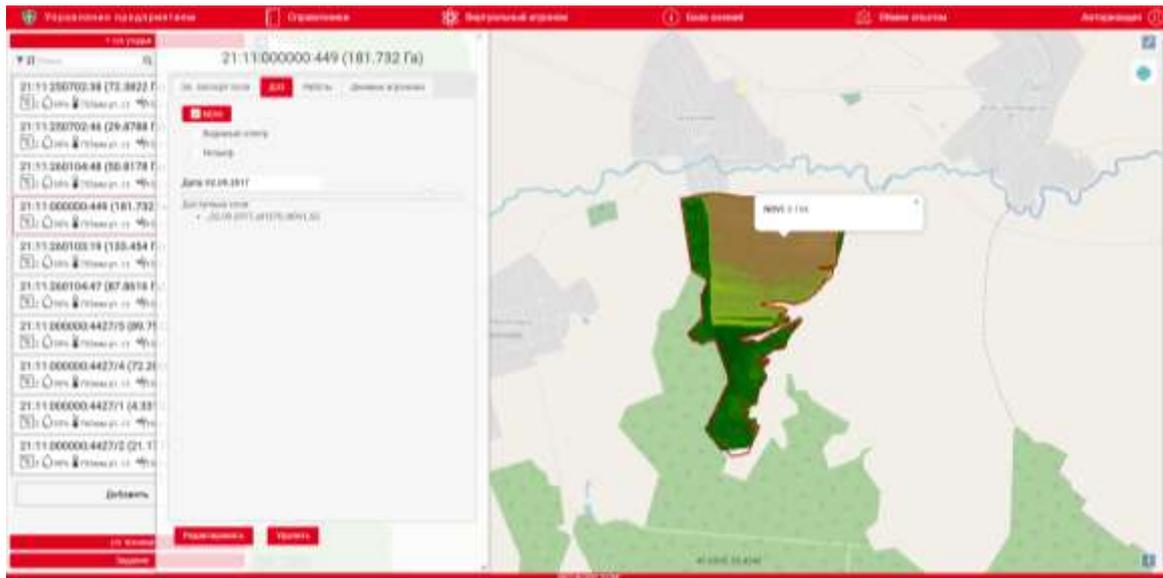


Рис. 1. Фрагмент карты с представлением данных по нормализованному относительному индексу биомассы NDVI в системе ПАК

Для реализации работы системы автопилотирования и курсоуказателя с точностью до 5 см применяется RTK-режим. В RTK-режиме базовая станция гео мониторинга, которая является источником дифференциальных поправок позиционирования, отправляет по GSM каналу на сервер поправки гео позиционирования, а техника применяет в вычислениях гео позиции, считанные с сервера поправки. Таким образом, базовая станция, зная свою гео позицию, определяет ошибку позиционирования, рассчитанного по сигналам навигационных спутников известных гео координат.



Рис. 2. Изображение рельефа местности в системе ПАК

Представление траектории выполнения сельскохозяйственных работ техникой в системе ПАК представлено на рисунке 3. Установлено, что машинно-тракторный агрегат выполнял обработку почвы 16.09.2017 г. в период времени с 5:26 по 13:00 на площади 23,46 га, при этом пробег трактора Агромаш 85ТК составил 46,24 км.



Рис. 3. Представление траектории выполнения сельскохозяйственных работ техникой в системе ПАК

С целью мониторинга состояния сельскохозяйственной техники (удаленная диагностика) абонентский терминал читает шину CAN сельскохозяйственной техники и принимает показания установленных датчиков (датчик уровня топлива, датчик засоренности воздушного фильтра, датчик давления масла в ДВС и т.д.) и отправляет данные на сервер.

Данные по удаленной диагностике сельскохозяйственной техники в системе ПАК представлены на рисунке 4. Программа позволила получить информацию в период с 15:22 26.09.2017 г. по 15:22 27.09.2017 г. по следующим параметрам: по уровню топлива, по напряжению бортовой сети, по положению педали акселератора, по давлению наддува турбонагнетателя, по суммарному объему потребленного топлива, по уровню масла, по атмосферному давлению, по температуре масла в ДВС (двигатель внутреннего сгорания), по количеству оборотов вентилятора.



Рис. 4. Представление данных по удаленной диагностике сельскохозяйственной техники в системе ПАК

Беспроводные датчики состояния почвы и интеграция системой API метеосервиса OpenWeatherMap позволяет мониторить текущее состояние почвы и окружающей среды, прогнозировать погоду на ближайшие 5-10 дней.

Данные по прогнозу погоды на 5 дней в системе ПАК представлены на рисунке 5. В период с 14.11.2017

г. по 19.11.2017 г. температура воздуха составит  $-5 - 8^{\circ}\text{C}$ , а осадки в соответствии с прогнозом – в количестве до 4,5 мм, а 16.11.2017 г. – до 0,5 мм выпадут преимущественно 14.11.2017 г.



Рис. 5. Представление данных по прогнозу погоды на 5 дней в системе ПАК

**Результаты исследований и их обсуждение.** Опытно-промышленная эксплуатация ПАК Телематика АГРО 2.0 проводилась на предприятии ООО «Бородино» Канашского района Чувашской Республики на сельскохозяйственных угодьях площадью 1118 га с применением следующих тракторов: Агромаш 85КФ, Агромаш ТК2-160П, Агромаш ТК3-180, Агромаш 6СТ-315, Агромаш ТГ-150, Агромаш Руслан и различной сельскохозяйственной техники.

В результате опытно-промышленной эксплуатации выяснились следующие особенности реализации технологии «цифрового» земледелия:

- сервис дистанционного зондирования земли посредством мультиспектральных космических снимков сильно зависит от состояния атмосферы и в среднем пригодными к использованию являются 1 раз в месяц;
- радарные космические снимки более приемлемы для фиксации изменений параметров, так как на них не влияет облачность, но они менее информативны по сравнению с мультиспектральными космическими снимками;
- точность позиционирования без использования RTK-режима достигает до 5 метров и сильно зависит от состояния атмосферы и наличия отраженного сигнала от зданий и лесного массива;
- установленные датчики почвы и окружающей среды позволяют значительно увеличить точность расчета прогнозов погоды.

Выявленные особенности реализации технологии «цифрового» земледелия определяют перспективы применения ПАК Телематика АГРО 2.0 в АПК.

Для расширения возможностей удаленного мониторинга сельскохозяйственных угодий необходимо построить:

- карты снежного покрова (Normalized difference snow index, NDSI);
- карты содержания азота в листьях растений (Normalized Difference Red Edge Index, NDRE);
- карты содержания хлорофилла в листьях растений (Green chlorophyll index, ClGreen);
- карты содержания влаги в почве и листьях растений (Normalized difference Water index, NDWI).

Для реализации «цифрового» земледелия на агроландшафтах склоновых земель необходимо выполнить следующие мероприятия [5, 6, 8, 9]:

- разработать карты экспозиции склонов;
- рассчитать крутизну склонов;
- разработать карты индекса мощности линейной эрозии (Stream Power Index, SPI);
- формировать карты топографических предпосылок развития плоскостного смыва – индекс LSF (Length\_Steepness Factor);
- формировать карты гидроморфности почвенного покрова – топографического индекса влажности (Topographic Wetness Index, TWI).

**Выводы.** Выявленные особенности реализации технологии «цифрового» земледелия определяют

перспективы применения ПАК Телематика АГРО 2.0 в АПК. В целом внедрение и реализация технологий «цифрового» земледелия позволит предприятиям АПК повысить урожайность сельскохозяйственных культур до 50 %, уменьшить издержки производства и увеличить прибыль.

### Литература

1. Акимов, А. П. Сохранение плодородия почв – важнейшая народно-хозяйственная задача / А. П. Акимов, В. П. Мазяров, В. И. Медведев // Проблемы механизации агрохимического обеспечения сельского хозяйства. – 2016. – № 10. – С. 223-227.
2. Березовский, Е. В. Дифференцированное внесение азотных удобрений на основе данных дистанционного зондирования земли с беспилотных летательных аппаратов / Е. В. Березовский, Н. А. Прокофьев, А. Н. Тельшев // Сахар. – 2017. – № 10. – С. 22-24.
3. Бондаренко, Ю. В. Геоинформационное обеспечение проектирования систем адаптивно-ландшафтных мелиораций водосборов / Ю. В. Бондаренко, Б. В. Фисенко // Научная жизнь. – 2016. – № 2. – С. 58-64.
4. Васильев, С. А. Гидравлическая шероховатость склоновых агроландшафтов / С. А. Васильев, И. И. Максимов, В. И. Максимов. – Чебоксары: Новое Время, 2014. – 210 с.
5. Васильев, С. А. Методика и устройство для профилирования поверхности почвы и определения направления стока атмосферных осадков в полевых условиях / С. А. Васильев, И. И. Максимов, В. В. Алексеев // Вестник АПК Ставрополя. – 2015. – № 3. – С. 22–26.
6. Васильев, С. А. Особенности применения противоэрозионных мелиоративных мероприятий на различных по форме склоновых агроландшафтах / С. А. Васильев // Природообустройство. – 2016. – № 4. – С. 86-92.
7. Васильев, С. А. Результаты экспериментальных исследований гидрофизических и эрозионных свойств почв на территории СХПК «Груд» Батыревского района Чувашской Республики / С. А. Васильев, Е. П. Алексеев, А. А. Васильев // Вестник Чувашского государственного педагогического университета им. И.Я. Яковлева. – 2013. – № 4–2. – С. 39–45.
8. Васильев, С. А. Энергетический подход для построения гидродинамической характеристики водного потока на склоновом агроландшафте / С. А. Васильев // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2015. – № 4 – С. 194–200.
9. Дмитриев, А. Н. Результаты почвенно-мелиоративных исследований при реконструкции межхозяйственной оросительной системы «Дружба» Чувашской Республики / С. А. Васильев, В. В. Алексеев, И. И. Максимов // Мелиорация и водное хозяйство. – 2016. – № 2. – С. 17–21.
10. Добротворская, Н. И. Информационное обеспечение проектирования адаптивно-ландшафтных систем земледелия / Н. И. Добротворская // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2016. – № 1 (57). – С. 151-154.
11. Максимов, И. И. О динамической модели продукционного процесса растениеводства на склоновых землях / И. И. Максимов // Продовольственная безопасность и устойчивое развитие АПК: материалы Международной научно-практической конференции. – Чебоксары, 2015. – С. 633-636.
12. Максимов, И. И. Моделирование развития русла в подстилающей поверхности склоновых агроландшафтов / И. И. Максимов, С. А. Васильев, В. В. Алексеев // Почвоведение. – 2016. – № 4. – С. 514–519.
13. Максимов, И. И. Энергетическая концепция эрозионной устойчивости антропогенных агроландшафтов / И. И. Максимов, В. И. Максимов. – Чебоксары: Чувашская ГСХА, 2006. – 304 с.
14. Rouse, J.W. Monitoring Vegetation Systems in the Great Plains with ERTS / J.W. Rouse, R.H. Haas, J.A. Scheel, D.W. Deering // Proceedings, 3rd Earth Resource Technology Satellite (ERTS) Symposium. – 1974. – Vol. 1. – P. 48-62.

### Сведения об авторах

1. **Семенов Сергей Александрович**, руководитель отдела IT технологий ООО «Сервис Промышленных Машин», 428028, Чувашская Республика, г. Чебоксары, пр. Тракторостроителей, 107; e-mail: sa.7onoff@yandex.ru;
2. **Васильев Сергей Анатольевич**, доктор технических наук, профессор кафедры механизации, электрификации и автоматизация сельскохозяйственного производства, Чувашская государственная сельскохозяйственная академия, 428003, Чувашская Республика, г. Чебоксары, ул. К. Маркса, 29; e-mail: vsa\_21@mail.ru, тел. 89278432290;
3. **Максимов Иван Иванович**, доктор технических наук, профессор кафедры транспортно-технологических машин и комплексов, Чувашская государственная сельскохозяйственная академия, 428003, Чувашская Республика, г. Чебоксары, ул. К. Маркса, 29; e-mail: maksimov48@inbox.ru, тел. 89278515078.

## FEATURES OF IMPLEMENTATION AND APPLICATION PROSPECTS OF DIGITAL TECHNOLOGY IN AGRO-INDUSTRIAL COMPLEX

S.A. Semenov<sup>1)</sup>, S.A. Vasilyev<sup>2)</sup>, I.I. Maximov<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>ООО «Service of Industrial Machines»,

<sup>2)</sup>Chuvash State Agricultural Academy  
428003, Cheboksary, Russian Federation

**Abstract.** The article discusses the features of implementation and prospects of application of technology of digital agriculture, on the basis of the developed hardware-software complex (HSC). HSC AGRO Telematics 2.0 is a tool for «Digital production in agriculture», allowing farmers to reach a qualitatively new level of agricultural production, allowing to solve the following issues: the choice of cultivated crops by calculating their rankings; creation of technological maps of cultivation; calculation of optimum parameters of technological operations; monitoring of conditions of agricultural production up to the analysis of the results and others. The list of problems of agricultural producers, which lead to additional wastes is given. It is noted that in the domestic agriculture 70% of agricultural enterprises operate extensively on the technology of production of agricultural products and the necessary transition to intensive or high-intensive technology. High-quality and significant leap in the management of production process on agricultural lands is not possible without the use of advanced digital technologies in agriculture that determines the relevance of the research topic. The goal of the research, local data in the development of software and hardware covering all facets of agricultural production by using modern technology of digital agriculture. For remote monitoring of agricultural land multispectral space images of a family of satellites remote sensing European space Agency was used, it allows you to set the normalized relative index of biomass, NDVI, and terrain. Implementation of the pilot and matching with an accuracy of 5 cm is achieved by using RTK-mode. In the system of HSC AGRO Telematics 2.0 received, processed and stored: data for remote diagnostics of agricultural machinery, the data on the weather forecast for 5-10 days and others. In the experimental-industrial operation HSC some features of realization of technology of digital agriculture and the prospects for applying the HSC AGRO Telematics 2.0 AIC.

**Key words:** digital agriculture, remote sensing, internet of things, monitoring equipment, geographic information system.

### Literature

1. Akimov, A. P. Maintaining of soils is fertility – the major economic task / A.P. Akimov, V.P. Mazyarov, V.I. Medvedev//Problems of mechanization of agrochemical providing agriculture. – 2016. – No. 10. – Pp. 223-227.
2. Berezovsky, E. V. The differentiated introduction of nitrogen fertilizers on the basis of data of remote sensing of the earth from unmanned aerial vehicles / E.V. Berezovsky, N.A. Prokofiev, A.N. Telyshev//Sugar. – 2017. – No. 10. – Pp. 22-24.
3. Bondarenko, Yu.V. Geoinformation ensuring in design of systems of adaptive and landscape melioration of reservoirs / Yu.V. Bondarenko, B.V. Fisenko//Scientific life. – 2016. – No. 2. – Pp. 58-64.
4. Vasilyev, S.A. Hydraulic roughness of slope agrolandscapes / S.A. Vasilyev, I.I. Maximov, V.I. Maximov. – Cheboksary: Modern times, 2014. – 210 P.
5. Vasilyev, S.A. Metodika and the device for profiling in a surface of the soil and definition of the direction of a drain of an atmospheric precipitation in field conditions / S.A. Vasilyev, I.I. Maximov, V.V. Alekseev// Messenger of agrarian and industrial complex of Stavropol Territory. – 2015. – No. 3. – Pp. 22-26.
6. Vasilyev, S.A. Features of application of antierosion meliorative actions on slope agrolandscapes, various in a form, / S.A. Vasilyev//Environmental engineering. – 2016. – No. 4. – Pp. 86-92.
7. Vasilyev, S.A. Results of pilot studies of hydrophysical and erosive properties of soils in the territory of APC Trud of Batyrevsky district of the Chuvash Republic / S.A. Vasilyev, E.P. Alekseev, A.A. Vasilyev//the Messenger of the Chuvash State Pedagogical University named after I.Ya. Yakovlev. – 2013. – No. 4-2. – Pp. 39-45.
8. Vasilyev, S.A. Power approach for creation of the hydrodynamic characteristic of a water stream on a slope agrolandscape / S.A. Vasilyev//News of the Lower Volga agrouniversity complex: science and higher education. – 2015. – No. 4 – Pp. 194-200.
9. Dmitriyev, A. N. Results of soil and meliorative researches at reconstruction of the intereconomic irrigating “Friendship” system of the Chuvash Republic / S.A. Vasilyev, V.V. Alekseev, I.I. Maximov//Melioration and water management. – 2016. – No. 2. – Pp. 17-21.
10. Dobrotvorskaya, N.I. Information support of design of adaptive and landscape systems of agriculture / N.I. Dobrotvorskaya//News of the Orenburg State Agricultural University. – 2016. – No. 1 (57). – Pp. 151-154.
11. Maximov, I.I. On dynamic model of productional process of crop production on slope lands / I.I. Maximov//Food security and sustainable development of agrarian and industrial complex: materials of the International scientific and practical conference. – Cheboksary, 2015. – Pp. 633-636.
12. Maximov, I. I. Modeling of development of the course in the spreading surface of slope agrolandscapes / I.I. Maximov, S.A. Vasilyev, V.V. Alekseev//Soil science. – 2016. – No. 4. – Pp. 514-519.

13. Maximov, I. I. Power concept of erosive stability of anthropogenic agrolandscapes / I.I. Maximov, V.I. Maximov. – Cheboksary: Chuvash SAA, 2006. – 304 P.
14. Rouse, J.W. Monitoring Vegetation Systems in the Great Plains with ERTS / J.W. Rouse, R.H. Haas, J.A. Scheel, D.W. Deering // Proceedings, 3rd Earth Re-source Technology Satellite (ERTS) Symposium. – 1974. – Vol. 1. – Pp. 48-62.

#### *Information about the authors*

1. **Semenov Sergey Alexandrovich**, Head of Department of IT Technology, Service of Industrial Machines, 428028, Chuvash Republic, Cheboksary, pr. Traktorostroiteley, 107; e-mail: sa.7onoff@yandex.ru;
2. **Vasiliev Sergey Anatolyevich** - Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Professor of Department of Mechanization, Electrification and Automation of Agricultural Production, Chuvash State Agricultural Academy, 428003, Chuvash Republic, Cheboksary, K. Marks str., 29; e-mail: vsa\_21@mail.ru;
3. **Maksimov Ivan Ivanovich** – Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department of Transport and Technological Machines and Complexes, Chuvash State Agricultural Academy, 428003, Chuvash Republic, Cheboksary, K. Marks str., 29; e-mail: maksimov48@inbox.ru.

УДК631.313.5,631.316.2

### **РЕЗУЛЬТАТЫ ПРАКТИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ МУЛЬЧИРОВАНИЯ ПОВЕРХНОСТИ ПОЧВЫ СТЕРНЕВЫМИ КУЛЬТИВАТОРАМИ**

**П.А. Смирнов, Н.Ю. Васильев, Е.В. Спасов**

*Чувашская государственная сельскохозяйственная академия  
428003, Чебоксары, Российская Федерация*

**Аннотация.** Для определения полноты использования пожнивных остатков в качестве мульчи при яблечной обработке стерневыми культиваторами был проведен ряд дополнительных обработок с использованием игольчатой бороны и ротационного рыхлителя. Также в качестве альтернативы была исследована двукратная обработка игольчатой бороной. Стерневой культиватор с плоскорезными лапами, расположенными в шахматном порядке, с выравнивающими вырезными дисками за последним рядом лап и уплотняющим катком оставляет на поверхности обработанного участка всего 25,3 % пожнивных остатков, что не позволяет обеспечить надежную защиту почвы от солнечной радиации и препятствует эффективному накоплению влаги. При повторной обработке этого участка игольчатой бороной её рабочие органы, установленные «ключом назад», вытаскивают пожнивную массу на поверхность почвы (увеличение мульчи до 37,43 %). Повторная обработка ротационным рыхлителем, представляющим собой две фронтально расположенные батареи дисков с ножевидными рабочими органами с кинематическим соединением между эшелонированными батареями, также способствует большему сохранению массы пожнивных остатков на поверхности – 45,81 %. Двукратная обработка поля игольчатой бороной оставляет 72,54 % стерни и измельченных пожнивных остатков на поверхности поля. В работе были предложены варианты совершенствования стерневого культиватора по мульчированию поверхности почвы пожнивными остатками.

**Ключевые слова:** стерня, борона, мульчирование почвы, игольчатая борона, ротационная борона.

**Введение.** Под воздействием климатических условий поверхность почвы постепенно теряет своё плодородие, происходит разрушение ее структуры. Даже после небольших дождей на поверхности образуется почвенная корка, что способствует еще большей потере почвенной влаги. Летом при максимальных дневных температурах воздуха поверхность почвы перегревается. В период отрицательных температур происходит ее резкое охлаждение, что приводит к вымерзанию корневой системы культурных растений. Почву можно защитить с помощью мульчирования, то есть покрыть ее различными материалами. Многочисленные исследования, которые проводились в различных почвенных условиях, показали, что при защите корней растений при мульчировании создаются более благоприятные условия для их роста, чем на открытых участках [1, 2].

Идея ресурсосберегающей системы обработки почвы основана на сохранении стерни и пожнивных остатков на поверхности почвы, что способствует ее защите от вышеназванных факторов. При этом происходит еще и существенное энергосбережение при её обработке [1].

В основном, эффект мульчирования пожнивными остатками поверхности почвы обеспечивается менее энергос затратной основной безотвальной обработкой или поверхностным рыхлением. На территории Чувашской Республики для этой операции применяют стерневые культиваторы типа КСТ-3,8 и их аналоги, агрегируемые с тракторами Т-150К или КСТ-5,4, с тракторами тягового класса 50 кН (К-700А, К-701, CLAAS и др.). Расположение рабочих органов у всех аналогичных культиваторов практически одинаково. Впереди расположены в два-три ряда перекрывающиеся рыхлительные лапы. Для выравнивания поверхности почвы за