

Информационная система для автоматизации исследований агрохимических показателей почвы

С. С. Комкова, Е. В. Косолапова, В. В. Косолапов

Аннотация – В работе обоснована актуальность и раскрыта разработка информационной системы для автоматизации исследования агрохимических показателей почвы, на которую получено свидетельство о государственной регистрации программы на ЭВМ RU 2022612539 от 28.02.2022. Она является составным модулем системы оперативного мониторинга агрохимических показателей почвы. На сегодняшний день внедряются специальные программы различного уровня, направленные на восстановление и поддержание плодородия почв, так как это один из наиболее значимых ресурсов, обеспечивающий национальную производственную безопасность. Цифровизация охватывает все сферы человеческой деятельности, в том числе и сельское хозяйство. Многие производители сельскохозяйственной техники стремятся интегрировать в нее различные передовые технологии, основанные на применении различных сенсоров. Однако в существующих коммерческих предложениях исследованию качественных показателей почвы уделено незначительное внимание. А традиционный способ исследования основных агрохимических показателей почвы в специализированных лабораториях является достаточно трудоемким. Предлагаемая информационная система позволяет проводить комплексное исследование агрохимических показателей почвы в автоматизированном режиме. Она обеспечивает в удаленном беспроводном режиме доступ приём данных по инициации пользователя с сенсорных узлов размещенных в поле, фиксацию их в системе и выдачу рекомендаций по корректировке технологического процесса с учетом вида возделываемой культуры и её жизненного цикла. Её применение позволит исследовать показатели почвы с любой периодичностью, на основании чего можно своевременно корректировать технологический процесс в зависимости от потребностей возделываемой культуры.

Ключевые слова – информационные технологии, проектирование, информационная система, агрохимические показатели, почва, умное сельское хозяйство, цифровизация, беспроводные технологии, данные.

Статья получена 05 сентября 2022
Комкова Светлана Сергеевна, Нижегородский инженерно-экономический университет (e-mail: skomkova1712@gmail.com)
Косолапова Елена Валентиновна, Нижегородский государственный инженерно-экономический университет. (e-mail: K-art-

inka@yandex.ru). Косолапов Владимир Викторович, Нижегородский государственный инженерно-экономический университет (e-mail: Vladimir.kosolapov@mail.ru).

1. ВВЕДЕНИЕ

Современное сельское хозяйство предполагает использование различных инструментов цифровизации с целью снижения трудоемкости, энергоёмкости процессов, себестоимости продукции и повышения рентабельности. По прогнозу ФАО, потенциал роста урожайности в мире составляет от 7 до 15 %, и важнейшим фактором её роста является доступность современной техники и технологий.

На решение задач цифровой трансформации отечественного агропромышленного комплекса направлены национальный проект «Цифровая экономика», федеральная научно-техническая программа развития сельского хозяйства на 2017-2025 годы, ведомственный проект «Цифровое сельское хозяйство».

По мнению ряда авторов [1-3] перевод процессов сельского хозяйства в цифровой формат предполагает решение ряда основополагающих задач, связанных с созданием правовых, организационных и технологических условий для осуществления цифрового преобразования агропромышленного комплекса; с кадровой поддержкой внедрения цифровых технологий в сельском хозяйстве с целью обеспечения благоприятной среды для становления и развития «умного» сельского хозяйства и внедрением цифровых технологий в смежные с ним отрасли.

На основании проведенного аналитического обзора информационных источников [1-5], можно сказать, что на сегодняшний день наблюдаются различные трансформации в агропромышленном комплексе и предпринимаются различные попытки перехода в цифровой формат. Наиболее активное внедрение передовых информационных технологий и их развитие наблюдается в отрасли земледелия. Оно представляет собой процесс управления развитием и ростом растений в соответствии с их потребностями.

Стоит отметить, что на сегодняшний день, большинство производителей сельскохозяйственной техники стремятся интегрировать в нее различные передовые технологии – системы глобального позиционирования (GPS); географические информационные системы (GIS); технологии оценки урожайности (Yield Monitor Technologies) [6], переменного нормирования (Vari-able Rate Technology), дистанционного зондирования почвы [7], которые основаны на совокупности специальных датчиков (сенсоров), видео наблюдения и фото фиксации. Среди зарубежных производителей можно

выделить John Deere (США), CLAAS (Германия), CNH Industrial (Нидерланды), New Holland (Италия). Среди российских производителей стоит отметить - Ростсельмаш, Красноярский завод комбайнов, Агротехмаш, Кировский завод, Брянсксельмаш. Все нововедения направлены на получение максимального объема качественной и наиболее дешевой сельскохозяйственной продукции с учетом норм экологической безопасности.

Таким образом уже реализована возможность управлять продуктивностью посевов, основываясь на использовании комплекса спутниковых и компьютерных технологий [8]. Благодаря им сельскохозяйственные производители могут точно рассчитать количество семян, удобрений и других ресурсов для каждого участка поля с точностью до метра. Уже не нужно пахать, сеять, вносить удобрения, осуществлять полив «на глаз», как это делалось традиционно на протяжении многих лет. Доказано [9-11], что общепринятые методы сплошного внесения минеральных или органических удобрений, пестицидов и гербицидов, способны привести к серьезным негативным последствиям из-за больших концентраций препаратов и реагентов, в случае их не рационального распределения по полю.

На сегодняшний день передовые технологии точного земледелия строятся на беспроводных сенсорных сетях благодаря своим возможностям, являющимся преимуществами по сравнению с традиционными схемами сбора данных.

Таким образом, трансформация процессов мониторинга агрохимических показателей почвы (влажность, кислотность, тип почвы) в цифровой формат уже начался. Однако процессы, связанные с исследованием качественных характеристик почвенного покрова посевных площадей в России, остаются мало охваченными и требуют особого внимания.

Это подтверждает и государственная программа эффективного вовлечения в оборот земель сельскохозяйственного назначения и развития мелиоративного комплекса Российской Федерации утвержденной постановлением Правительства Российской Федерации от 14 мая 2021 г. N 731 [12] в которой говорится, что с 1997 года не осуществляется качественная оценка продуктивных земель сельскохозяйственного назначения, не проводится комплексная внутрихозяйственная оценка земель по плодородию, местоположению и технологическим свойствам земельных участков. Не выполняется оценка состава земель сельскохозяйственного назначения не только по формам собственности, но и по угодьям, степени проявления процессов деградации (водной эрозии, дефляции, засоления и др.), культурнотехническому состоянию.

При этом одним из важнейших ресурсов сельского хозяйства являются сельскохозяйственные угодья. Огромное значение имеет их структура, качественное состояние пашни и воспроизводство ее плодородия.

Согласно статистическим данным (табл. 1) в последние годы в России наблюдается постепенная динамика увеличения посевных площадей, за

последние пять лет их площадь выросла на 2 379 тыс. гектар или на 2,9 %.

Таблица 1. Динамика изменения общей посевной площади в России, тыс. гектар

Показатель	2018	2019	2020	2021	2022
Вся посевная площадь	79634	79888	79948	80437	82013

Интенсивность использования находящихся в обороте земельных ресурсов ежегодно увеличивается, что создает риск достижения предела роста производства сельскохозяйственной продукции. Для решения данной проблемы требуются целенаправленные усилия по сохранению и повышению плодородия почв [12].

Цель – разработать информационную систему для мониторинга агрохимических показателей почвы направленную на своевременную корректировку технологического процесса возделывания сельскохозяйственных культур в зависимости от стадий их развития.

II. ОБЛАСТЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

В работе применялись общенаучные методы исследования: анализ информационных источников по теме исследования, обобщение, декомпозиция процесса, моделирование информационной системы.

Для определения требований к информационной системе провели декомпозицию общепринятого процесса проведения анализа почвы в виде исследования различных ее показателей в лабораторных условиях. Существуют различные подходы для проведения подобных исследований более подробно о них изложено в другой работе [13].

Как правило анализ агрохимических показателей почвы проводят в сельскохозяйственных организациях при покупке или при вводе в оборот нового земельного участка, при корректировке севооборота или перед посевной обработкой в начале сезона. Определяются значения различных показателей, определяется тип почвы, кислотность, содержание гумуса и важных микроэлементов: азота, фосфора, калия и т. д.

Для проведения данной процедуры необходимо выполнить отбор проб почвы с исследуемого участка по установленной методике [14, 15] вручную или с помощью существующих средств механизации. В рамках перехода в цифровой формат активно внедряются автоматические приборы - почвоотборники (Amity A2450 от Amity Technology США, Easy-Sampler от компании Niefeld (Германия), Wintex 1000 датской компании Wintex Agro). Они отбирают почвенные пробы в полевых условиях для последующего анализа в лаборатории. Где уполномоченный сотрудник отбирает среднюю навеску из общей массы, образцы из которой подвергаются дальнейшему химическому и механическому воздействию согласно методикам, указанным в установленных ГОСТах [16-21].

Затем оформляется протокол установленного образца, где отражаются результаты всех исследуемых показателей.

Анализируя трудозатраты данного процесса можно сказать, что он состоит из достаточно трудоемких операций, требующих наличия квалифицированного специалиста и специализированно оборудованного помещения, дорогостоящих химических реагентов, при этом фиксация результатов осуществляется в ручном режиме в бумажном или электронном виде.

III. ОБЗОР АНАЛОГОВ

На сегодняшний день рынок предлагает программные решения для сельского хозяйства. Как правило такие решения направлены на связывание данных о процессах сельскохозяйственного производства с информацией о рабочих процессах на уровне сельхозорганизации. Их функция заключается в осуществлении сбора данных, манипулировании ими, возможности анализа хранимых сведений и их представления в удобном формате.

Также представлены программы направленные непосредственно на точное земледелие. Проведя анализ информационных систем, предлагаемых на рынке, которые помогают фермерам и крупным агрохолдингам оптимизировать бизнес-процессы на предприятиях были выделены такие системы как Cropio (Syngenta Cropwise Operations, Россия), История поля (АО «Геомир», Россия), ГИС Панорама (КБ Панорама, Россия), OneSoil (Швейцария), FarmersEdge (Канада).

Они предлагают широкий спектр программного обеспечения для ведения цифрового сельского хозяйства, позволяет вести нормативно-справочную информацию, создавать и редактировать электронные карты, производить расчет расстояния, длины, площади, периметра пространственных объектов по картам, контролировать перемещение автотранспорта и специальной техники, обновлять карты земельных угодий, производить мониторинг механического состояния почвы, то есть определение группы частиц, по которому определяется тип почвы.

Проводился сравнительный и критический анализ информационных систем [4]. Он показал, что часть используемых информационных систем применяемых для мониторинга различных показателей в точном земледелии основаны на базе геоинформационных технологий. Подобные системы позволяют решать такие задачи, как информационная поддержка принятия решений; планирование агротехнических операций; мониторинг агротехнических операций и состояния посевов; прогнозирование урожайности культур и оценка потерь; планирование, мониторинг и анализ использования техники.

Все системы объединяет нацеленность в большей степени на мониторинг роста урожая и контроль вносимых удобрений. При этом мониторинг почвы заключается в замере лишь незначительного количества показателей – температура, влажность, кислотность и тип почвы. Они не предназначены для выполнения полноценного исследования состояния

почвенного покрова, по которому можно объективно судить какие необходимо предпринять меры для корректировки технологии возделывания той или

Рис. 1 Форма авторизации в системе

иной культуры с учетом их жизненного цикла.

Таким образом, разработка системы для оперативного мониторинга агрохимических показателей почвы, включающая информационную систему способную считывать данные в автоматическом режиме о влажности почвы, о содержании в ней различных микроэлементов, необходимых для возделывания культур на различных этапах жизненного цикла растений – калия, фосфора, азота и других, является актуальной.

IV. РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ

Разработанная информационная система представляет собой программный модуль системы для проведения оперативного мониторинга агрохимических показателей почвы [22], на которую получено Свидетельство о государственной регистрации программы на ЭВМ RU 2022612539 от 28.02.2022 [23]. Информационная система разработана в среде Microsoft Visual Studio на языке C#. База данных информационной системы выполнена на языке SQL в программе Microsoft SQL Server.

В программном продукте реализованы функциональные требования, которые были выработаны на основании проведенных исследований. Данный программный модуль выполняет в системе оперативного мониторинга агрохимических показателей почвы важную функцию – принимает пакет данных, содержащий значения предусмотренных показателей – влажность, кислотность (pH), азот, фосфор, калий, измеряемые сенсорными узлами, расположенными на поле, анализирует полученные данные и выдает рекомендации в зависимости от стадии развития растения.



Рис. 1. Авторизация в системе

Интерфейс пользователя состоит из визуальных форм, выполняющие свои функции. При открытии программы вызывается окно идентификации и аутентификации для авторизации пользователя (рис. 1).

Для этого в приложении необходимо ввести логин и пароль. Во время идентификации происходит запрос к таблице пользователей, которая находится в общей базе данных. Если данный пользователь существует в ней, то приложение открывает главную

форму с соответствующим уровнем доступа пользователя.

На главной форме доступны четыре раздела системы: участок, отчеты, база и пользователи (рис. 2).

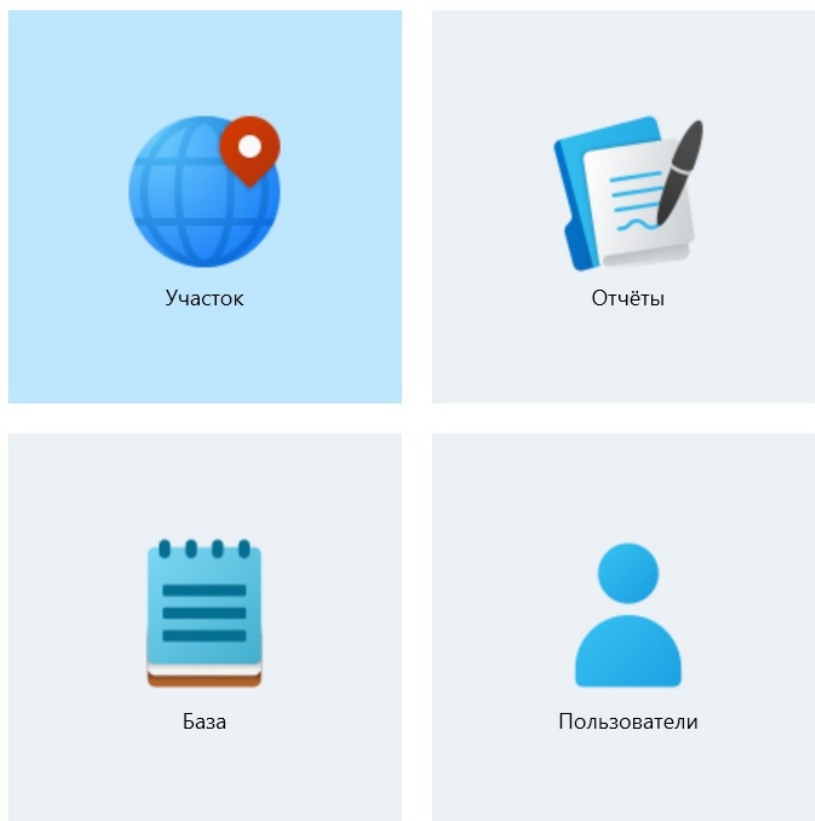


Рис. 2 Форма главного меню системы

Активация пиктограммы «Участок» раскрывает форму, на которой представлены вкладки со списками района и поля с возможностью их добавления в систему (рис. 3).



Рис. 3 Форма для ввода и выбора данных, идентифицирующих земельный участок

Данные, которые вводятся в эти формы сохраняются в системе, поэтому при перезапуске системы можно будет выбрать их из выпадающего списка район и номер участка. Так же данные можно добавить в систему, нажав на знак «плюс» рядом со строкой и при переходе на соответствующую вкладку

станет доступна возможность добавления новых данных.

Указав данные идентифицирующее конкретный участок и нажав клавишу далее, перед пользователем раскрывается основная форма (рис. 4).

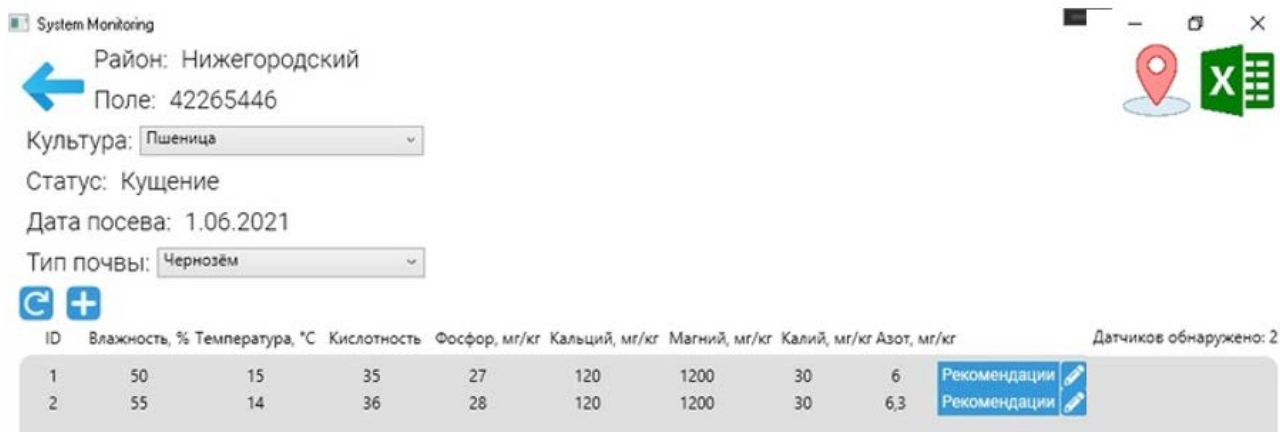


Рис. 4 Форма главного окна

В ней отображается вся информация по конкретному полю. Указывается какая культура на нем возделывается, сроки ее высева, и стадия жизненного цикла. Так же здесь отображается таблица, отражающая значения агрохимических показателей почвы, получаемые системой с сенсорных узлов. Количество строк в ней соответствует количеству сенсорных узлов, размещаемых на поле, оно в системе регулируется вручную.

Цифровой материал в системе регистрируются автоматически в заданных полях программы, поступая с базовой станции через соответствующий протокол. Зафиксированные значения сравниваются с номинальными значениями, содержащимися в библиотеке с учетом потребностей возделываемой

культуры в микроэлементах на разных этапах жизненного цикла. На основании полученных данных программа выдает рекомендации по корректировке технологического процесса – поливу, внесению удобрений, в зависимости от того какого микроэлемента в почве недостаточно.

Нажав на значок «Карандаш», мы можем внести изменения в существующие данные, к примеру, для того чтобы изменить показатели датчика на другие в случае, если показатели снимались другим способом. После анализа и получения рекомендаций можно сформировать отчет, нажав кнопку «Вывести в Excel» (рис. 5).

Анализ агрохимических показателей почвы									
от 01.07.2020									
Сведения об организации									
Наименование организации					ГБОУ ВО НГИЭУ				
Кадастровый номер земельного участка					33:14:000713:280				
Местоположение					Нижегородская область, р.п. Воротынец, ул. Мира, д. 7.				
Площадь					49750				
Тип почвы					Чернозем				
Результаты анализа									
	Т,С	pH	Влажность, %	P, мг/кг	K, мг/кг	Mg, мг/кг	Ca, мг/кг	N, мг/кг	Рекомендации
узел 1	15	6	50	35	27	120	1200	30	рекомендуется внести фосфор в количестве 15 мг/кг;рекомендуется внести калий в количестве 8 мг/кг;
узел 2	14	6,3	55	36	28	120	1200	30	рекомендуется внести фосфор в количестве 14 мг/кг;рекомендуется внести калий в количестве 7 мг/кг;
узел 3	14	6,2	53	35	25	120	1200	30	рекомендуется внести фосфор в количестве 15 мг/кг;рекомендуется внести калий в количестве 10 мг/кг;
узел 4	15	6	53	40	33	120	1200	30	

Рис. 5 Форма отчета в Excel

Данные в этом случае экспортируются в соответствующий документ, в котором отражаются сведения об организации (наименование, кадастровый номер земельного участка, местоположение, площадь, тип почвы) и результаты анализа с рекомендациями по каждому сенсорному узлу. Также в отчете данные по каждому показателю визуализированы в виде отдельных графиков, которые отражают в районе какого сенсорного узла имеются значительные отклонения от нормы.

Алгоритм работы с разделом приложения «База» предполагает активацию одноименной пиктограммы, после чего раскрывается его форма. Выбрав в верхнем меню нужный показатель, идет запрос в БД для поиска выведения необходимой информации по запросу.

Кнопка «Отчеты» выводит в соответствующем окне все отчеты системы отсортированные по дате создания.

Кнопка «Пользователи» дает возможность администратору создать пользователя и добавить ему права.

VII. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, разработанная информационная система для анализа агрохимических показателей почвы способна в автоматическом режиме: определять стадию жизненного цикла, возделываемой культуры в зависимости от даты посева; по требованию оператора инициировать запрос к сенсорным узлам, принимать и фиксировать данные, передаваемые с их измерительных элементов о значениях агрохимических показателей почвы с привязкой к конкретному узлу; сравнивать полученные значения агрохимических показателей с номинальными значениями, содержащимися в библиотеке программы; выдавать рекомендации по корректировке технологии возделывания конкретной культуры в зависимости от стадии ее жизненного цикла на основании анализа полученных агрохимических показателей с привязкой к конкретному сенсорному узлу: полив и внесение необходимых микроэлементов; визуализировать полученные с сенсорных узлов данные по каждому агрохимическому показателю; выводить результаты мониторинга агрохимических показателей почвы конкретного поля в виде таблицы MS Excel с указанием сведений об организации (наименование, кадастровый номер земельного участка, местоположение, площадь, тип почвы) и результаты анализа с рекомендациями по каждому сенсорному узлу; пройти процедуру аутентификации при входе в систему по многофакторному паролю.

Для обеспечения работоспособности программы на рабочем месте необходимо обеспечить удовлетворение требований к аппаратным средствам: процессор с тактовой частотой 1.5 ГГц; объем

свободной оперативной памяти не ниже 2 ГБ; объем внутренней памяти не менее 200 МБ и интернет с пропускной способностью не ниже 10 Мбит/сек. Разработанная информационная система работает на базе операционной системы Windows 7 и последующих версий.

Таким образом разработанную информационную систему можно отнести к цифровым инструментам, позволяющим автоматизировать процесс исследования агрохимических показателей почвы за счет применения технологий интернета вещей для приема и фиксации значений показателей, получаемых с сенсорных узлов. Применение системы направлено на своевременную корректировку технологического процесса возделываемых культур в зависимости от этапа жизненного цикла развития.

БИБЛИОГРАФИЯ

- [1] Годин В. В., Белоусова М. Н., Терехова А. Е. Сельское хозяйство в цифровую эпоху: вызовы и решения // E-Management. 2020. № 1. С. 4–15.
- [2] Банников С. А., Жильцов С. А., Казакова Н. В. Тенденции цифровизации и причины, обуславливающие цифровой разрыв на сельских территориях // Вестник НГИЭИ. 2020. № 11 (114). С. 137-149.
- [3] Мурашова Н. В. Формирование механизма цифровой трансформации сельского хозяйства // Вестник НГИЭИ. 2021. № 9 (124). С. 129-138.
- [4] Комкова С. С., Косолапов В. В., Косолапова Е. В. Цифровизация процессов мониторинга агрохимических показателей почв сельскохозяйственного назначения // Актуальные направления развития техники и технологий в России и за рубежом – реалии, возможности, перспективы : Материалы и доклады, Княгинино, 25 марта 2021 года. – Княгинино: Нижегородский государственный инженерно-экономический институт, 2021. – С. 198-200.
- [5] Шайтура С. В., Коломейцев А. В., Позняк И. И., Минитаева А. М., Прохоров Ю. Н. Точное земледелие как один из аспектов цифровизации сельского хозяйства // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2022. № 3. С. 161–166.
- [6] Grisso, Robert D., Marcus M. Alley and P. W. McClellan. Precision Farming Tools. Yield Monitor. // Virginia Cooperative Extension. 2005. P. 445-502. Режим доступа: <https://vtechworks.lib.vt.edu/handle/10919/51375>.
- [7] Wagner W., Blöschl G., Pampaloni P., Calvet J-C., Bizzarri B., Wigneron J-P., Kerr Y. Operational readiness of microwave remote sensing of soil moisture for hydrologic applications // Hydrology Research. 2007. № 38 (1). pp. 1-20. <https://doi.org/10.2166/nh.2007.029>.
- [8] Kumar S., Karaliya S. K., Chaudhary S. Precision farming technologies towards enhancing productivity and sustainability of rice-wheat cropping system // Hydrology Research. 2007. № 6(3) P. 142-151. <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2017.603.016>
- [9] Geisseler D., Scow K. M. Long-term effects of mineral fertilizers on soil microorganisms–A review // Soil Biology and Biochemistry. 2014. № 75. P. 54-63. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2014.03.023>
- [10] Hasler K. Environmental impact of mineral fertilizers: Possible improvements through the adoption of eco-innovations. PhD thesis. Wageningen University. 2017. <https://doi.org/10.18174/422865>
- [11] Velki M., Weltmeyer A., Seile, T. B. et al. Acute toxicities and effects on multixenobiotic resistance activity of eight pesticides to the earthworm *Eisenia Andrei* // Environ Sci

- Pollut. 2019. № 26 (5). P. 4821–4832.
<https://doi.org/10.1007/s11356-018-3959-x>
- [12] Постановление Правительства РФ от 14 мая 2021 г. N 731 «О Государственной программе эффективного вовлечения в оборот земель сельскохозяйственного назначения и развития мелиоративного комплекса Российской Федерации» : сайт / Информационно-правовое обеспечение Гарант. URL: <https://base.garant.ru/400773886/>
- [13] Косолапова Е. В., Косолапов В. В., Елифанова Н. А. Обоснование разработки мобильного комплекса для оперативного мониторинга показателей почвы // Социально-экономические проблемы развития муниципальных образований : XXV Международная научно-практическая конференция (24-29 сентября 2019 года). Материалы и доклады, Княгинино, 24–29 сентября 2019 года. – Княгинино: Нижегородский государственный инженерно-экономический институт. 2019. – С. 193-200.
- [14] ГОСТ 17.4.4.02-2017. Межгосударственный стандарт. Охрана природы. Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа. М. : Стандартинформ, 2018. 14 с.
- [15] Спирина В. З., Соловьева Т. П. Агрохимические методы исследования почв, растений и удобрений : учеб. пособие. – Томск: Издательский Дом Томского государственного университета, 2014. – 336 с.
- [16] ГОСТ 29269-91 Почвы. Общие требования к проведению анализов. М. : Стандартинформ. 2005. 4 с.
- [17] ГОСТ 23740-2016 Грунты. Методы определения содержания органических веществ. М. : Стандартинформ. 2017. 12 с.
- [18] ГОСТ ISO 11464-2015 Качество почвы. Предварительная подготовка проб для физико-химического анализа. М. : Стандартинформ. 2015. 16 с.
- [19] ГОСТ Р 58596-2019 Почвы. Методы определения общего азота. М. : Стандартинформ. 2019. 12 с.
- [20] ГОСТ 26261-84 Почвы. Методы определения валового фосфора и валового калия. М. : Издательство стандартов. 1984. 13 с.
- [21] ГОСТ Р 58594-2019 Почвы. Метод определения обменной кислотности. М. : Стандартинформ. 2019. 8 с.
- [22] Komkova S. P., Kosolapova E. V., Kosolapov V., Chesnokov A. I., Stankovski S. Development of a system for operational monitoring of the soil agrochemical indicators // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2021. P. 857.
- [23] А. с. 2022612539 RU. Система оперативного мониторинга агрохимических показателей почвы / Косолапова Е. В., Косолапов В. В., Комкова С. С.; заявитель и патентообладатель Государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Нижегородский государственный инженерно-экономический университет. - № 2022612278 заявл. 22.02.2022; опубл. 28.02.2022, Бюл. № 3. - 3 с.

Information system for automation of researches of agrochemical indicators of the soil

S. Komkova, E. Kosolapova, V. Kosolapov

Abstract – The paper substantiates the relevance and discloses the development of an information system for automating the study of agrochemical soil indicators, for which a certificate of state registration of the program on a computer RU 2022612539 dated 28.02.2022 was obtained. The program is one of the modules of the system for operational control of agrochemical soil indicators. To date, special programs of various levels are being implemented aimed at restoring and maintaining soil fertility, as this is one of the most significant resources that ensure the industrial safety of the country. Digitalization covers all spheres of human activity, including agriculture. Many manufacturers of agricultural equipment are looking to integrate various advanced technologies based on the use of various sensors into their equipment. However, little attention is paid to the study of soil quality indicators in existing commercial proposals. And the traditional method of studying the main agrochemical indicators of the soil in specialized laboratories is quite laborious. The proposed information system allows for a comprehensive study of agrochemical soil indicators in an automated mode. Provides, at the request of the user, remote wireless access to sensor nodes located in the field, receiving data from them, fixing them in the system and issuing recommendations for adjusting the technological process, taking into account the type of cultivated crop and life cycle. Using the program will allow at any time to study predetermined agrochemical indicators of the soil, on the basis of which it is possible to effectively control the technological process depending on the needs of plants.

Keywords - information technology, design, information system, agrochemical indicators, soil, smart farming, digitalization, wireless technologies, data.

REFERENCES

- [1] Godin V. V., Belousova M. N., Terekhova A. E. Agriculture in the digital era: challenges and solutions // Electronic management. 2020. № 1. pp. 4–15.
- [2] Bannikov S. A., Zhiltsov S. A., Kazakova N. V. Digitalization trends and causes of the digital divide in rural areas // Bulletin of NGIEI. 2020. № 11 (114). pp. 137-149.
- [3] Murashova N. V. Formation of the mechanism of digital transformation of agriculture // Vestnik NGIEI. 2021. № 9 (124). pp. 129-138.
- [4] Komkova S. S., Kosolapov V. V., Kosolapova E. V. Digitalization of monitoring processes of agrochemical indicators of agricultural soils. Knyaginino, March 25, 2021. - Knyaginino: Nizhny Novgorod State Engineering and Economic Institute, 2021. pp. 198-200.
- [5] Shaitura S. V., Kolomeitsev A. V., Poznyak I. I., Minitaeva A. M., Prokhorov Yu. V. Precision farming as one of the aspects of digitalization of agriculture // Bulletin of the Kursk State Agricultural Academy. 2022. № 3. pp. 161–166.
- [6] Grissot, Robert D., Marcus M. Alley, and P. W. McClellan. Precision farming tools. Yield monitor. // Co-op expansion in Virginia. 2005. pp. 445-502. Access mode: <https://vtechworks.lib.vt.edu/handle/10919/51375>.
- [7] Wagner W., Blöschl G., Pampaloni P., Calve J.-C., Bizzarri B., Wigneron J.-P., Kerr J. Availability of microwave remote sensing of soil moisture for hydrological applications // Hydrological Research Rabota. 2007. №. 38(1). pp. 1-20. <https://doi.org/10.2166/nh.2007.029>.
- [8] Kumar S., Karalia S. K., Chaudhary S. Precision farming technologies to improve the productivity and sustainability of the rice and wheat growing system. 2007. № 6 (3) pp. 142-151. <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2017.603.016>
- [9] Geisseler D., Skou K. M. Long-term effect of mineral fertilizers on soil microorganisms - a review // Biology and Biochemistry of Soils. 2014. № 75. pp. 54-63. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2014.03.023>
- [10] Hasler K. The impact of mineral fertilizers on the environment: possible improvements through the introduction of eco-innovations. PhD thesis. Wageningen University. 2017 <https://doi.org/10.18174/422865>
- [11] Velki M., Veltmayer A., Seile T.B. and others. Acute toxicity and effects of eight pesticides on multixenobiotic resistance to the earthworm *Eisenia andrei* // Environ Sci Pollut. 2019. №. 26 (5). pp. 4821–4832. <https://doi.org/10.1007/s11356-018-3959-x>
- [12] Decree of the Government of the Russian Federation of May 14, 2021 N 731 "On the state program for the effective involvement in the circulation of agricultural land and the development of the reclamation complex of the Russian Federation": website / Information and legal system Garant. URL: <https://base.garant.ru/400773886/>
- [13] Kosolapova E. V., Kosolapov V. V., Epifanova N. A. Rationale for the development of a mobile complex for operational monitoring of soil indicators // Socio-economic problems of the development of municipalities: XXV International Scientific and Practical Conference (September 24-29, 2019). Materials and messages, Knyaginino, September 24-29, 2019 - Knyaginino: Nizhny Novgorod State Institute of Engineering and Economics. 2019. - pp. 193-200.
- [14] GOST 17.4.4.02-2017. Interstate standard. Environmental Protection. Soils. Methods of sampling and preparation of samples for chemical, bacteriological, helminthological analysis. M. : Standartinform, 2018. 14 p.
- [15] Spirina V. Z., Solovieva T. P. Agrochemical methods for studying soils, plants and fertilizers: textbook. permission. - Tomsk: Publishing House of Tomsk State University, 2014. - 336 p.
- [16] GOST 29269-91 Soils. General requirements for basic analyzes. M. : Standartinform. 2005. 4 p.
- [17] GOST 23740-2016 Soils. Methods for determining consumption volumes. M. : Standartinform. 2017. 12 p.
- [18] GOST ISO 11464-2015 Soil quality. Preliminary preparation of samples for physical and chemical analysis. M. : Standartinform. 2015. 16 p.
- [19] GOST R 58596-2019 Soils. Methods for determining total nitrogen. M. : Standartinform. 2019. 12 p.
- [20] GOST 26261-84 Soils. Methods for determining total phosphorus and total potassium. Moscow: Culinary publishing house. 1984. 13 p.
- [21] GOST R 58594-2019 Soils. Method for determining acidity. M. : Standartinform. 2019. 20 p.
- [22] Komkova S. P., Kosolapova E. V., Kosolapov V., Chesnokov A. I., Stankovsky S. Development of a system for

operational monitoring of agrochemical soil indicators // IOP
Conference Series: Earth and Environmental Sciences. 2021.
pp. 857.

- [23] A. s. 2022612539 RU. The system of operational monitoring
of agrochemical indicators of the soil / Kosolapova E. V.,
Kosolapov V. V., Komkova S. S.; applicant and patent
holder State Budgetary Educational Institution of Higher
Education Nizhny Novgorod State University of Engineering
and Economics. - Application No. 2022612278. 22.02.2022;
publ. 02/28/2022, Bull. №. 3. - 3 p.