

**МОНИТОРИНГ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВ
С ПРИМЕНЕНИЕМ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ****Костин И. Г., Малышева Е. С.**

Реферат. Исследования проводили с целью разработки и внедрения модуля определения степени окультуренности и бонитета почвы для геоинформационных систем на примере «ГИС Агроэколог Онлайн». В базу данных геоинформационной системы внесён справочник бонитета почв в зависимости от типа почвы, гранулометрического состава и степени эродированности. На основе этого справочника рассчитывается средневзвешенный бонитет почв для участка. Подтипы почвы, попадающие в границы участка, можно просмотреть с помощью соответствующей картограммы, а также в интерфейсе просмотра почвенно-эрозионной характеристики участка, в котором выводится информация о площади каждого подтипа почвы и его бонитете, преобладающей степени эродированности и гранулометрическом составе. Расчёт индекса окультуренности проводится в 2 этапа по методике Т.Н. Кулаковской. Сначала вычисляют относительный индекс по каждому используемому для оценки плодородия показателю, который представляет собой отношение разности фактического и минимального индекса к разности оптимального и минимального значений показателя. На втором этапе рассчитывается индекс окультуренности почвы, который вычисляется как среднее значение из всех относительных индексов. По результатам расчёта показателей плодородия для каждого участка автоматически строится картограмма степени окультуренности, которую можно просмотреть в разрезе района, организации и отделения. На картограмме наглядно можно увидеть участки с каждой степенью окультуренности. Высокий и средний индекс окультуренности почвы свидетельствует о высоком уровне плодородия, а очень низкий и низкий указывает на возможные проблемы. Используя эту картограмму, легко определить проблемные участки, если они есть. При мониторинге основных показателей плодородия почв этот функционал применяется для каждого цикла агрохимического обследования. Этот функционал также можно использовать при определении кадастровой стоимости участка.

Ключевые слова: геоинформационная система, картограмма, мониторинг, почва, плодородие, степень окультуренности, бонитет почв, агрохимическая служба.

Введение. Плодородие почвы – важнейший параметр ценности земельных ресурсов как главного актива сельскохозяйственного производства. В то же время, оно определяет способность почвы обеспечивать растения необходимым количеством питательных веществ, создавать для них благоприятную биологическую и физико-химическую среду, а также обеспечивать высокие урожаи продукции сельскохозяйственных культур хорошего качества [1].

Перечень показателей и методы исследований при мониторинге плодородия сельскохозяйственных земель, ежегодно проводимом Государственной агрохимической службой, должны отвечать требованиям методических рекомендаций и отражать специфику конкретного региона [2, 3, 4].

Для мониторинга состояния плодородия почвы проводится агрохимическое обследование, периодичность которого дифференцирована в различных природно-сельскохозяйственных зонах Российской Федерации в зависимости от мелиоративного состояния сельскохозяйственных угодий, специализации сельскохозяйственного и уровня применения удобрений [1].

Высокая и устойчивая продуктивность земледелия возможна лишь при комплексном учете всех агрохимических и экологических факторов, которые обеспечивают стабильный рост и развитие растений, способствуют формированию качественного урожая, а также препятствуют деградации земель [2].

В связи с необходимостью анализировать большое количество данных, возникает по-

требность в использовании геоинформационных систем, что позволяет автоматизировать и облегчить процесс анализа, ускоряет и упрощает работу специалистов [5, 6, 7]. Кроме того, довольно распространены задачи определения показателей плодородия почвы при посеве сельскохозяйственных культур или балла бонитета для вычисления стоимости земли для кадастровой оценки [8, 9].

Цель исследований – разработка и внедрение модуля определения степени окультуренности и бонитета почвы для геоинформационных систем на примере «ГИС Агроэколог Онлайн».

Для достижения поставленной цели в работе частично рассмотрен функционал системы, используемый для различных операций, проводимых с данными, а также представлен новый интерфейс приложения и результаты разработки в виде нового расчётного модуля.

Условия, материалы и методы исследований. В ходе исследования были проанализированы агрохимические и почвенно-эрозионные показатели в разрезе рабочих участков, на основании которых с использованием средств «ГИС Агроэколог Онлайн» были построены соответствующие картограммы.

Геоинформационная система «ГИС Агроэколог Онлайн» разработана и внедрена в 2017 г. в ФГБУ «ЦАС «Белгородский». Она предоставляет пользователям доступ к базе данных агрохимической службы при переходе по ссылке на сайте <http://www.agrochim31.ru> [5]. «ГИС Агроэколог Онлайн» защищена патентами на базу данных и программу для электронных вычислительных машин

(ЭВМ) [10, 11].

Эта ГИС развивается, в ней постоянно появляются новые функции для обработки данных [12]. В систему внедрён дополнительный функционал для определения степени окультуренности почвы, в который входит вычисление соответствующего индекса по Т.Н. Кулаковской [13]. Расчёт происходит в два этапа. По формуле (1) рассчитывается относительный индекс ($I_{отн}$) по каждому используемому для оценки плодородия показателю:

$$I_{отн} = \frac{X_{факт} - X_{мин}}{X_{опт} - X_{мин}}, \quad (1)$$

где $I_{отн}$ – относительный индекс плодородия;

$X_{факт}$ – фактическое значение показателя;

$X_{мин}$ и $X_{опт}$ – минимальное и оптимальное значения показателя для конкретной почвы.

В случае, когда величина фактического индекса превышает оптимальный, относительный индекс принимается за 1.0.

Далее, исходя из относительных индексов всех показателей, рассчитывается индекс окультуренности ($I_{ок}$) почвы с точностью до 0,01:

$$I_{ок} = \frac{I_{рН} + I_{P_2O_5} + I_{K_2O} + I_{зум}}{4}, \quad (2)$$

где $I_{ок}$ – индекс окультуренности почвы;

$I_{рН}, I_{P_2O_5}, I_{K_2O}, I_{зум}$ – относительные

индексы плодородия по степени кислотности, подвижного фосфора, подвижного калия, содержания органического вещества соответственно.

Анализ и обсуждение результатов исследований. «ГИС Агроэколог Онлайн» содержит множество модулей, позволяющих успешно решать задачи мониторинга плодородия почвы [5]. Для достижения цели нашего исследования используются следующие модули:

агрохимических данных – содержит сведения об основных показателях плодородия почв (определяются при агрохимическом обследовании: степень кислотности, содержание органического вещества, подвижных форм фосфора и калия) [14];

данных почвенно-эрозийного обследования – сведения о химическом и гранулометрическом составе почвы;

электронная книга истории полей – предоставляет землепользователю доступ к просмотру сведений обо всех агрохимических показателях и почвенном покрове для каждого выбранного участка. В этот модуль добавлен функционал, разработанный в результате обсуждаемого исследования;

картографический модуль – отвечает за визуальное представление данных и предоставление результатов их анализа в виде картограмм.

Вся информация, необходимая для работы модуля определения степени окультуренности и бонитета почвы, хранится в базе данных ГИС и выводится в форму расчёта показателей из неё напрямую. Ручное заполнение полей не требуется, но имеется возможность редактирования некоторых значений и коэффициентов непосредственно перед расчётом.

По данным агрохимического модуля автоматически строятся картограммы содержания подвижного фосфора, подвижного калия, степени кислотности и органического вещества, просмотр которых доступен в разрезе района, организации, отдельного подразделения (рисунок 1).

Наличие в хозяйствах цифровых тематических карт позволяет определять географическое расположение почвенных ареалов с дефицитом тех или иных элементов питания. Существует возможность формирования картограмм в разрезе элементарных участков для удобства использования при реализации технологий точного земледелия, которые значительно снижают затраты ресурсов [15, 16]. Например, на основе показателей обеспечен-

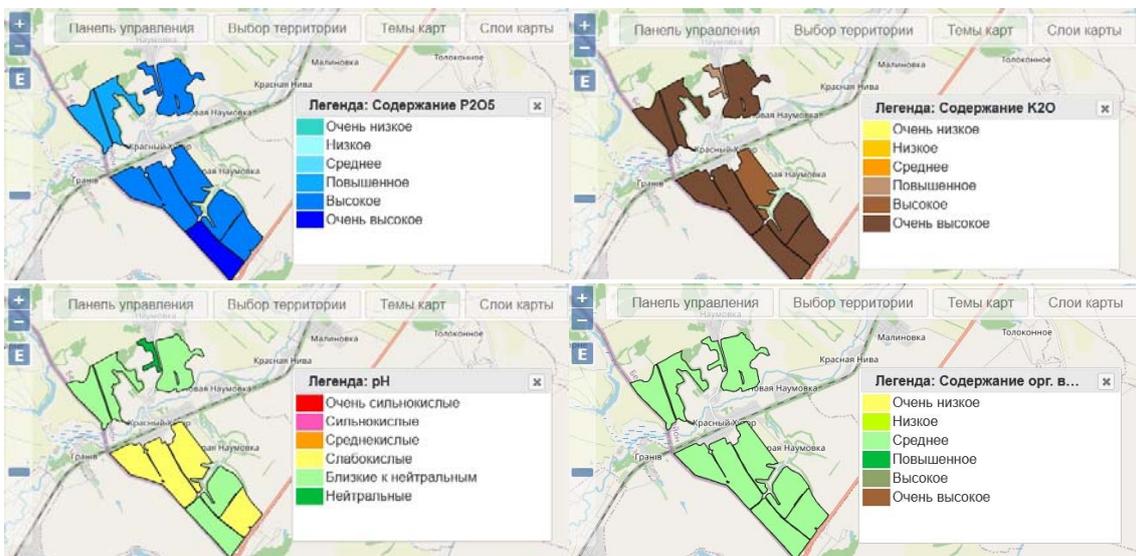


Рисунок 1 – Тематические картограммы содержания основных параметров плодородия почв

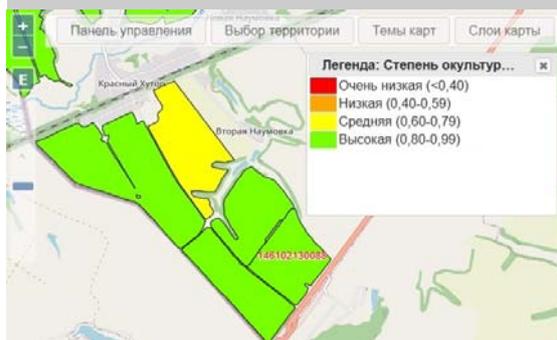


Рисунок 2 – Картограмма степени окультуренности

ности почвы доступными формами фосфора и калия, можно разрабатывать рекомендации по использованию фосфорных и калийных удобрений [17], а при внесении органических удобрений стоит учитывать содержание органического вещества в почве. Сведения о кислотности необходимы при составлении плана химической мелиорации почв.

Однако в некоторых случаях специалистам в работе приходится давать комплексную оценку плодородия почв. Для этих целей часто используют индекс окультуренности почвы Т. Н. Кулаковской. При его расчете для каждого рабочего участка, помимо фактических значений четырех показателей (содержание подвижных форм фосфора и калия, органического вещества, величина pH_{KCl}), учитывают их оптимальные и минимальные параметры.

Термин «оптимальное содержание» показателей плодородия не имеет в агрохимии однозначного толкования. Для разных почв и сильно отличающихся по биологическим особенностям сельскохозяйственных культур оптимальные параметры плодородия могут быть разными. Так, по данным П. Г. Акулова, оптимальное содержание доступного фосфора по Чирикову в черноземах составляет 90...150 мг/кг, калия – 120...160 мг/кг [18]. По оценкам В.В. Медведева, оптимальная обеспеченность подвижным фосфором для зерновых культур находится на уровне 151...200 мг/кг, калием – 120...180 мг/кг, а для пропашных культур – соответственно превышает 180 и 200 мг/кг [19]. Оптимальное содержание органического вещества в пахотных ЦЧР составляет 5...7 % [18].

Для черноземов Белгородской области оптимальные уровни содержания подвижных (по Чирикову) форм фосфора приняты равными 200 мг/кг, калия – 180 мг/кг. Это соответствует значениям верхних границ групп почв с высокой обеспеченностью указанными элементами. Поскольку основные культуры, возделываемые в области (сахарная свекла, озимая пшеница, кукуруза), хорошо развиваются на нейтральных почвах, то за оптимальную величину pH_{KCl} принята 6 ед. Оптимальное содержание органического вещества принято равным 6 %. В качестве минимальных значений основных показателей плодородия почвы приняты следующие: содержание подвижных

форм фосфора и калия (по Чирикову) – соответственно 50 мг/кг и 80 мг/кг;

pH_{KCl} – 5,0 ед.;

содержание органического вещества – 4,0 %.

В Белгородской области доля пахотных почв с содержанием подвижного фосфора менее 50 мг/кг и подвижного калия менее 80 мг/кг составляет соответственно 2,3 и 4,8 %, органического вещества менее 4,0 % – 13,5 %, pH_{KCl} менее 5 ед. – 5,8 %.

Оптимальные и минимальные параметры плодородия в программе легко изменить в зависимости от особенностей региона. Кроме того, если в ГИС загружена почвенная карта, то возможна дифференцированная загрузка оптимальных и минимальных параметров в зависимости от типа и подтипа почвы.

По результатам расчёта обсуждаемого индекса можно построить картограмму степени окультуренности по всем участкам в разрезе района, организации и отделения. На ней будут видны участки с той или иной степенью окультуренности, характеризующие существующий уровень плодородия (рисунок 2). Используя такую картограмму, легко определить наличие проблемных участков.

В «ГИС Агрэколог Онлайн» загружены актуальные карты почвенно-эрозионного обследования Белгородской области. На его основе строится картограмма подтипов почв с нанесёнными точками отбора проб (рисунок 3), на которой можно увидеть подтипы почв, попадающие в границы участков. Эти почвенные контуры выбираются автоматически для каждого участка и в дальнейшем служат неотъемлемой частью расчёта бонитета почвы. Точки отбора проб показывают места корректировки почвенных контуров для их актуализации. При необходимости можно увидеть подробный гранулометрический состав

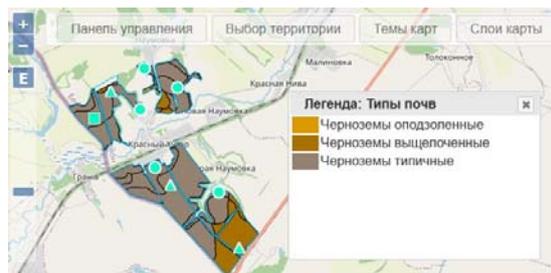


Рисунок 3 – Картограмма подтипов почв

почвы и содержание питательных элементов в месте отбора пробы, выбрав её на карте.

Подробно просмотреть почвенно-эрозионную характеристику любого участка позволяет форма модуля книги истории полей на соответствующей вкладке «Почвенно-эрозионная характеристика» в разделе «Общие данные» (рисунок 4). Этот интерфейс – часть расчётного модуля бонитета почвы. Используя картограмму подтипов почв и значения, приведённые на этой вкладке, можно увидеть более полную картину состояния плодородия почвы.

В базу данных ГИС внесён справочник бонитета почв, учитывающий тип почвы, гра-

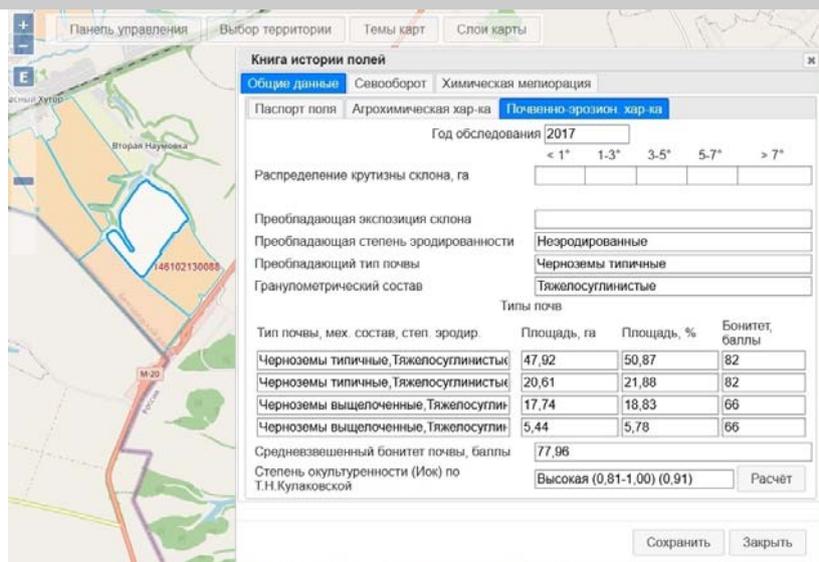


Рисунок 4 – Интерфейс просмотра почвенно-эрозионной характеристики участка

нулометрический состав и степень эродированности. На основе этих сведений для любого рабочего участка можно рассчитать средневзвешенный балл бонитета, который определяет реальное или потенциальное качество почв, отражающее их ценность для земледелия. При бонитировке почв применяют 100-балльную шкалу. За эталон принимается выщелоченный чернозем без проявлений эрозии [20].

Бонитировку, или качественную оценку почв, проводят для всех сельскохозяйственных угодий. Она имеет большое научно-производственное значение, дает объективную основу для определения ценности и доходности земель разных угодий, позволяет установить цену земли, ставки налогообложения и аренды. Результаты бонитировки почв используют при планировании, специализации и организации сельскохозяйственного производства, в частности, при разработке рациональных систем земледелия, севооборотов. Они позволяют оценивать производственную деятельность землепользователей и контролировать состояние сельскохозяйственных угодий [21]. Бонитировка почв необходима для экономической оценки земель, ведения земельного кадастра, мелиорации, совершенствования систем земледелия и др. [22].

Наряду с бонитировкой почв, при кадастровой оценке земель могут использоваться расчеты индексов окультуренности почвы. Кроме того, на основе результатов агрохимического и почвенно-эрозионного обследова-

ний для землепользователей на территории Белгородской области разрабатывают проекты адаптивно-ландшафтных систем земледелия, согласно которым рабочие участки с высоким индексом окультуренности и балом бонитета отводят под интенсивные севообороты. Все материалы этих проектов загружаются в «ГИС Агроэколог Онлайн» [23].

Выводы. В результате проделанной работы был разработан и внедрён модуль определения степени окультуренности и бонитета почвы для геоинформационных систем. Он в автоматическом режиме рассчитывает индекс окультуренности и бонитет почвы на выбранном участке, а также строит картограмму по степени окультуренности в разрезе отделения, организации, района. В результате внедрения разработанного функционала в «ГИС Агроэколог Онлайн» у землепользователей появилась дополнительная возможность быстро определять участки с высокими показателями плодородия для возделывания наиболее требовательных сельскохозяйственных культур. С помощью разработанного функционала и картограммы, строящейся на основе показателей окультуренности почвы, местные и федеральные органы управления могут контролировать плодородие почвы на участках. В свою очередь автоматизированную бонитировку почв, реализованную в «ГИС Агроэколог Онлайн», можно использовать при определении кадастровой стоимости участка.

Литература

1. Методические указания по проведению комплексного мониторинга плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения. М.: Минсельхоз России, 2003. 304 с.
2. Lukin S.V. Dynamics of the agrochemical fertility parameters of arable soils in the southwestern region of Central Chernozemic zone of Russia // Eurasian Soil Science. 2017. vol. 50. № 11. P. 1323-1331.
3. Чекмарёв П.А., Лукин С.В. Динамика плодородия пахотных почв, использования удобрений и урожайности основных сельскохозяйственных культур в Центрально-Черноземных областях России // Международный сельскохозяйственный журнал. 2017. № 4. С. 41-44.
4. Сборник отраслевых стандартов ОСТ 10 294-2002 – ОСТ 10 297-2002. Показатели состояния плодородия почв по основным природно-сельскохозяйственным зонам Российской Федерации. М.: ФГНУ Росиформагротех, 2002.
5. Лукин С.В., Костин И.Г., Малышева Е.С. Применение геоинформационных систем для агроэкологического мониторинга земель сельскохозяйственного назначения // Вестник Казанского ГАУ. 2019. № 2(58). С. 105-110.

- ческого мониторинга сельскохозяйственных земель // *Агрохимический вестник*. 2019. № 4. С. 8-13.
6. Technologies and standards in the information systems of the soil-geographic database of Russia / Golozubov O.M., Rozhkov V.A., Alyabina I.O., Ivanov A.V., Kolesnikova V.M., Shoba S.A. // *Eurasian Soil Science*. 2015. vol. 48. № 1. P. 1-10.
 7. Геопространственная база данных цифровизации системы земледелия Красноярского края / М.Г. Ерунова, А.А. Шпедт, О.Э. Якубайлик и др. // *Достижения науки и техники АПК*. 2019. Т. 33. № 7. С. 56-61.
 8. Цифровые технологии в управлении земельными ресурсами Владимирской области / В.С. Столбовой, А.А. Корчагин, Т.С. Бирик и др. // *Достижения науки и техники АПК*. 2018. Т. 32. № 10. С. 45-49.
 9. Интеграция оценки агроэкологических и технологических свойств земель // В.К. Каличкин, А.И. Павлова, В.Н. Шоба и др. // *Достижения науки и техники АПК*. 2019. Т. 33. № 3. С. 11-14.
 10. Лукин С. В., Костин И. Г., Малышева Е. С. *Agroecology / Свидетельство о государственной регистрации базы данных, рег. № 2018621018 от 06.07.2018*. М.: Роспатент, 2018.
 11. Лукин С. В., Костин И. Г., Малышева Е. С. *ГИС Агроэколог Онлайн / Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ, рег. № 2018615340 от 04.05.2018*. М.: Роспатент, 2018.
 12. Костин И.Г. Применение геоинформационных систем при инвентаризации многолетних насаждений и в точном земледелии // *Земледелие*. 2018. № 7. С. 45-48.
 13. Бонитировка и качественная оценка почв. Учебно-методическое пособие / В.С. Цховребов, В.И. Фаизова, А.Н. Марьин, и др.; – Ставрополь: Ставропольское издательство «Параграф», 2011. 61 с.
 14. Костин И.Г., Малышева Е.С. Разработка модульной структуры географической информационной системы для агроэкологического мониторинга земель сельскохозяйственного назначения // *Проблемы природопользования и экологической ситуации в Европейской России и на сопредельных территориях: матер. VIII Междунар. науч. конф. (Белгород, 22–25 октября 2019 г.)*. Белгород: ИД «Белгород» НИУ «БелГУ», 2019. С. 358-362.
 15. Цифровое картографирование степени окультуренности пахотных почв Предсалаирской дренированной равнины / Гопп Н. В., Нечаева Т. В., Савенков О. А., Смирнова Н. В., Смирнов В. В., Смирнов А. В. // *Почвы и окружающая среда*. 2018. № 1(1). С. 32-44. doi:10.31251/pos.v1i1.7.
 16. Любич В.А., Курамшин М.Р. Оценка плодородия чернозёмов южных с использованием ГИС-технологий и современных технических средств // *Известия ОГАУ*. 2014. №5 (49). С. 66-69.
 17. Nikitishen V.I., Dmitrakova L.K., Lichko V.I. The phosphate regime of gray forest soil and the efficiency of phosphate fertilizer // *Eurasian Soil Science*. 2000. vol. 33. № 10. p. 1101-1111.
 18. Акулов П.Г. Воспроизводство плодородия и продуктивность черноземов. М.: Колос, 1992. 223 с.
 19. Медведев В.В. Мониторинг почв Украины. Харьков: ПФ «Антиква», 2002. 428 с.
 20. Апарин Б.Ф., Русаков А.В., Булгаков Д.С. Бонитировка почв и основы государственного земельного кадастра: Учебное пособие. СПб.: Изд-во С.-Петербург. ун-та, 2002. 88 с.
 21. Ковриго, В.П. Почвоведение с основами геологии / В.П. Ковриго, И.С. Кауричев, Л.М. Бурлакова. М.: Колос, 2000. 416 с.: ил.
 22. Гаврилюк, Ф.Я. Бонитировка почв. М., 1970. 265 с.
 23. Лукин С.В. Биологизация земледелия Белгородской области: итоги и перспективы // *Достижения науки и техники АПК*. 2016. Т. 30. № 7. С. 20-23.

Сведения об авторах:

Костин Илья Григорьевич – заведующий лабораторией программирования и баз данных, e-mail: Hacker-100788@yandex.ru
 Малышева Елена Сергеевна – инженер-программист, e-mail: helen2907a@mail.ru
 ФГБУ «Центр агрохимической службы «Белгородский», г. Белгород, Россия

MONITORING OF BASIC PARAMETERS OF SOIL FERTILITY USING GEOINFORMATION SYSTEMS
Kostin I.G., Malysheva E.S.

Abstract. The studies were carried out with the aim of developing and implementing a module for determining the degree of cultivation and soil quality for geographic information systems using the example of “GIS Agroecologist Online”. The geoinformation system database includes a reference book of soil bonitet, depending on the type of soil, particle size distribution and degree of erosion. Based on this directory, the weighted average soil tolerance is calculated for the site. Soil subtypes that fall within the boundaries of the site can be viewed using the appropriate cartogram, as well as in the interface for viewing the soil erosion characteristics of the site, which displays information about the area of each soil subtype and its bonitet, the prevailing degree of erosion and particle size distribution. The calculation of the culture index is carried out in 2 stages according to the method of T.N. Kulakovskaya. First, a relative index is calculated for each indicator used to assess fertility, which is the ratio of the difference between the actual and minimum index to the difference between the optimal and minimum values of the indicator. At the second stage, the soil cultivation index is calculated, which is calculated as the average value of all relative indices. Based on the results of calculating fertility indicators for each site, a cartogram of the degree of cultivation is automatically built, which can be viewed in the context of the district, organization and department. On the cartogram, you can clearly see areas with each degree of cultivation. A high and medium soil cultivation index indicates a high level of fertility, and a very low and low indicates possible problems. Using this cartogram, it is easy to identify problem areas, if any. When monitoring the main indicators of soil fertility, this functionality is used for each cycle of agrochemical examination. This functionality can also be used in determining the cadastral value of the plot.

Key words: geographic information system, cartogram, monitoring, soil, fertility, degree of cultivation, soil tolerance, agrochemical service.

References

1. *Metodicheskie ukazaniya po provedeniyu kompleksnogo monitoringa plodorodiya pochv zemel selskokhozyaystvennogo naznacheniya*. [Guidelines for the comprehensive monitoring of soil fertility of agricultural lands]. М.: Minselkhoz Rossii, 2003. P. 304.
2. Lukin S.V. Dynamics of the agrochemical fertility parameters of arable soils in the southwestern region of Central

- Chernozemic zone of Russia // Eurasian Soil Science. 2017. Vol. 50. № 11. 1323-1331 pp.
3. Chekmarov P.A., Lukin S.V. Dynamics of fertility of arable soils, the use of fertilizers and productivity of major crops in the Central black soil regions of Russia. [Dinamika plodorodiya pakhotnykh pochv, ispolzovaniya udobreniy i urozhaynosti osnovnykh selskokhozyaystvennykh kultur v Tsentralno-Chernozemnykh oblastiakh Rossii]. // *Mezhdunarodnyy selskokhozyaystvennyy zhurnal. - International Agricultural Journal*. 2017. № 4. P. 41-44.
 4. *Sbornik otraslevykh standartov OST 10 294-2002 – OST 10 297-2002. Pokazateli sostoyaniya plodorodiya pochv po osnovnym prirodno-selskokhozyaystvennym zonam Rossiyskoy Federatsii*. [Collection of industry standards OST 10 294-2002 - OST 10 297-2002. Indicators of soil fertility in the main natural agricultural zones of the Russian Federation]. M.: FGNU Rosinformagrotekh, 2002.
 5. Lukin S.V., Kostin I.G., Malysheva E.S. The use of geographic information systems for agroecological monitoring of agricultural land. [Primenenie geoinformatsionnykh sistem dlya agroekologicheskogo monitoringa selskokhozyaystvennykh zemel]. // *Agrokhimicheskiy vestnik. - Agrochemical Herald*. 2019. № 4. P. 8-13.
 6. Technologies and standards in the information systems of the soil-geographic database of Russia. / Golozubov O.M., Rozhkov V.A., Alyabina I.O., Ivanov A.V., Kolesnikova V.M., Shoba S.A. // Eurasian Soil Science. 2015. T. 48. № 1. P. 1-10.
 7. Geospatial database of digitalization of the agricultural system of Krasnoyarsk Kray. [Geoprostranstvennaya baza dannykh tsifrovizatsii sistemy zemledeliya Krasnoyarskogo kraya]. / M.G. Erunova, A.A. Shpedt, O.E. Yakubaylik and others. // *Dostizheniya nauki i tekhniki APK. - Achievements of science and technology of the agro-industrial complex*. 2019. Vol. 33. № 7. P. 56-61.
 8. Digital technologies in land management of Vladimir region. [Tsifrovye tekhnologii v upravlenii zemelnymi resursami Vladimirskoy oblasti]. / V.S. Stolbovoy, A.A. Korchagin, T.S. Bibik and others. // *Dostizheniya nauki i tekhniki APK. - Achievements of science and technology of the agro-industrial complex*. 2018. Vol. 32. № 10. P. 45-49.
 9. Integration of the assessment of agroecological and technological properties of land. [Integratsiya otsenki agroekologicheskikh i tekhnologicheskikh svoystv zemel]. // V.K. Kalichkin, A.I. Pavlova, V.N. Shoba and others. // *Dostizheniya nauki i tekhniki APK. - Achievements of science and technology of the agro-industrial complex*. 2019. Vol. 33. № 3. P. 11-14.
 10. Lukin S.V., Kostin I.G., Malysheva E.S. *Agroecolog. / Svidetelstvo o gosudarstvennoy registratsii bazy dannykh, reg. № 2018621018 ot 06.07.2018*. (Certificate of state registration of the database, reg. No. 2018621018 dated 07.06.2018). – M.: Rospatent, 2018.
 11. Lukin S.V., Kostin I. G., Malysheva E. S. *GIS Agroecolog Onlayn. / Svidetelstvo o gosudarstvennoy registratsii programmy dlya EVM, reg. № 2018615340 ot 04.05.2018*. (GIS Agroecologist Online. / Certificate of state registration of a computer program, reg. No. 2018615340 dated 05.04.2018). – M.: Rospatent, 2018.
 12. Kostin I.G. The use of geographic information systems in the inventory of perennial plantations and in precision farming. [Primenenie geoinformatsionnykh sistem pri inventarizatsii mnogoletnikh nasazhdeniy i v tochnom zemledelii]. // *Zemledelie. – Agriculture*. 2018. № 7. P. 45-48.
 13. *Bonitirovka i kachestvennaya otsenka pochv. Uchebno-metodicheskoe posobie*. [Valuation and soil quality assessment. Training aid]. / V.S. Tskhovrebov, V.I. Faizova, A.N. Marin and others; Stavropolskiy gosudarstvennyy agrarnyy universitet. – Stavropol: Stavropolskoe izdatelstvo “Paragraf”, 2011. 61 pp.
 14. Kostin I.G., Malysheva E.S. *Razrabotka modulnoy struktury geograficheskoy informatsionnoy sistemy dlya agroekologicheskogo monitoringa zemel selskokhozyaystvennogo naznacheniya. // Problemy prirodnopolzovaniya i ekologicheskoy situatsii v Evropeyskoy Rossii i na sopredelnykh territoriyakh: mater. VIII Mezhdunar. nauch. konf. (Belgorod, 22–25 oktyabrya 2019 g.)*. (The development of the modular structure of a geographic information system for agroecological monitoring of agricultural lands. // Problems of nature management and the environmental situation in European Russia and in adjacent territories: Proceedings of VIII International scientific conference. (Belgorod, October 22 –25, 2019). Belgorod: ID «Belgorod» NIU «BelGU», 2019. P. 358-362.
 15. Digital mapping of the cultivation degree of arable soils of Presalair drained plain. [Tsifrovoye kartografirovaniye stepeni okulturennosti pakhotnykh pochv Predsalairskoy drenirovannoy ravniny]. / Gopp N.V., Nechaeva T.V., Savenkov O.A., Smirnova N.V., Smirnov V.V., Smirnov A.V. // *Pochvy i okruzhayushchaya sreda. - Soils and the environment*. 2018. № 1(1). P. 32-44. doi:10.31251/pos.v1i1.7.
 16. Lyubchich V.A., Kuramshin M.R. Evaluation of southern chernozem fertility using GIS technologies and modern technology. [Otsenka plodorodiya chernozemov yuzhnykh s ispolzovaniem GIS-tekhnologiy i sovremennykh tekhnicheskikh sredstv]. // *Izvestiya OGAU. – News of OSAU*. 2014. №5 (49). P. 66-69.
 17. Nikitishen V.I., Dmitrakova L.K., Lichko V.I. The phosphate regime of gray forest soil and the efficiency of phosphate fertilizer // Eurasian Soil Science. 2000. Vol. 33. № 10. P. 1101-1111.
 18. Akulov P.G. *Vosproizvodstvo plodorodiya i produktivnost chernozemov*. [Reproduction of fertility and productivity of chernozem]. M.: Kolos, 1992. P. 223.
 19. Medvedev V.V. *Monitoring pochv Ukrainy*. [Monitoring of Ukrainian soils]. Kharkov: PF “Antikva”, 2002. 428 pp.
 20. Aparin B.F., Rusakov A.V., Bulgakov D.S. *Bonitirovka pochv i osnovy gosudarstvennogo zemelnogo kadastra: Uchebnoe posobie*. [Soil appraisal and the basics of the state land cadastre: a manual]. SPb.: Izd-vo S.-Peterb. un-ta, 2002. 88 pp. .
 21. Kovrigo V.P. *Pochvovedenie s osnovami geologii*. [Soil science with the basics of geology]. / V.P. Kovrigo, I.S. Kaurichev, L.M. Burlakova. M.: Kolos, 2000. P. 416, illustrated.
 22. Gavriluyuk, F.YA. *Bonitirovka pochv*. [Soil appraisal]. M., 1970. 265 pp. .
 23. Lukin S.V. Biologization of agriculture in Belgorod region: results and prospects. [Biologizatsiya zemledeliya Belgorodskoy oblasti: itogi i perspektivy]. // *Dostizheniya nauki i tekhniki APK. - Achievements of science and technology of the agro-industrial complex*. 2016. Vol. 30. № 7. P. 20-23.

Authors:

Kostin Ilya Grigorevich - Head of Programming and Databases Laboratory, e-mail: Hacker-100788@yandex.ru
 Malysheva Elena Sergeevna - software engineer, e-mail: helen2907a@mail.ru
 Center of the agrochemical service “Belgorodskiy”, Belgorod, Russia