Московский экономический журнал. № 2. 2023
Moscow economic journal. № 2. 2023
Научная статья
Original article
УДК 502.2+631.42+004.9
doi: 10.55186/2413046X_2023_8_2_54

# ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ ДЛЯ АНАЛИЗА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ АГРОЛАНДШАФТОВ
# THE USE OF GEOINFORMATION SYSTEMS FOR THE ANALYSIS OF THE ECOLOGICAL STATE OF AGRICULTURAL LANDSCAPES

**Костин Илья Григорьевич,** заведующий лабораторией программирования и баз данных, ФГБУ «ЦАС «Белгородский», E-mail: Hacker-100788@yandex.ru
**Kostin Ilya Grigorievich,** head of the laboratory of programming and databases, FSBI "CAS "Belgorodsky", E-mail: Hacker-100788@yandex.ru

**Аннотация.** Цель работы заключалась в проведении комплексного анализа данных агроэкологического мониторинга с применением геоинформационной системы «ГИС Агроэколог Онлайн» на примере Ракитянского района Белгородской области. Территория района входит в состав Украинской лесостепной почвенной провинции. Преобладающими почвами являются черноземы типичные и выщелоченные. Все химические анализы почв выполнены по общепринятым в агрохимической службе России методикам. В результате использования ГИС для обработки баз данных агрохимического и почвенно-эрозионного обследований пахотных почв установлено существенное улучшение по большинству исследуемых параметров. Например, по результатам обследования 2019 г., в сравнении с 2015 г., средневзвешенное содержание органического вещества в почвах увеличилось на 0,1 %, подвижных форм калия – на 6, серы – на 1,8, цинка –

на 0,38 мг/кг. Доля кислых почв сократилась на 19,1 %. Черноземы типичные и выщелоченные по агрохимическим свойствам существенно не различались. Среднее содержание органического вещества в пахотном слое несмытых черноземов составляло 5,3, слабосмытых – в зависимости от экспозиции склонов – 4,47 - 4,93 % среднесмытых – 3,84 - 4,12 %. С увеличением степени эродированности величина $pH_{KCl}$ возрастает с 5,84 на несмытых почвах до 6,42 - 6,74 – на среднесмытых. По генетическим горизонтам почвенного профиля чернозема типичного содержание органического вещества снижается с 5,3 в горизонте Апах до 0,63 % в горизонте С (материнская порода).

**Abstract.** The purpose of the work was to conduct a comprehensive analysis of agroecological monitoring data using the «GIS Agroecolog Online» geoinformation system on the example of the Rakityansky district of the Belgorod region. The territory of the district is part of the Ukrainian forest-steppe soil province. The predominant soils are typical and leached chernozems. All chemical analyses of soils were performed according to the methods generally accepted in the agrochemical service of Russia. As a result of the use of GIS for processing databases of agrochemical and soil erosion surveys of arable soils, a significant improvement was found in most of the parameters studied. For example, according to the results of the 2019 survey, in comparison with 2015, the weighted average content of organic matter in soils increased by 0.1 %, mobile forms of potassium – by 6, sulfur – by 1.8, zinc – by 0.38 mg/kg. The proportion of acidic soils decreased by 19.1 %. Typical and leached chernozems did not differ significantly in agrochemical properties. The average content of organic matter in the arable layer of unwashed chernozems was 5.3, slightly washed – depending on the exposure of slopes – 4.47 - 4.93%, average washed – 3.84 - 4.12 %. With an increase in the degree of erosion, the PHCL value increases from 5.84 on unwashed soils to 6.42 - 6.74 on medium–washed soils. According to the genetic

horizons of the soil profile of the typical chernozem, the content of organic matter decreases from 5.3 in the Aplow horizon to 0.63% in the C horizon (parent rock).
**Ключевые слова:** геоинформационная система, почва, мониторинг, агрохимическая служба, плодородие, агрохимическое обследование, почвенно-эрозионное обследование

**Keywords:** geoinformation system, GIS, soil, cartogram, monitoring, agrochemical service, fertility, agrochemical survey, soil erosion survey

**Введение.** Мировой и отечественный опыт свидетельствует, что высокая и устойчивая продуктивность земледелия возможна лишь при комплексном учете всех агрохимических и экологических факторов, необходимых для нормального роста и развития растений, формирования урожая и повышения его качества, недопущения деградации земель [1-3]. Поэтому комплексный подход к оценке почвенного плодородия с учётом агрохимических показателей всех основных почв наиболее целесообразен при агроэкологическом мониторинге.

Поскольку практически все сведения о почвенных ресурсах, используемых в земледелии, имеют пространственную привязку в качестве базовой технологии хранения и обработки данных агроэкологического мониторинга, целесообразнее использовать геоинформационные системы (ГИС) [4, 5]. Одной из широко используемых является ГИС «Агроэколог онлайн» [6-8].

Контроль за состоянием и использованием почвенных ресурсов проводится в рамках государственного агроэкологического мониторинга, который является одной из важнейших составляющих экологического мониторинга в целом. Агроэкологический мониторинг включает проведение периодически повторяемого комплексного агрохимического обследования, в ходе которого определяется содержание основных показателей плодородия почв, подвижных форм микроэлементов, и эколого-токсикологического

обследования, в процессе которого определяется валовое содержание тяжелых металлов, радионуклидов [9-11]. Эти два вида обследований проводятся на всей территории России. Кроме того, в Белгородской области было проведено почвенно-эрозионное обследование почв с целью уточнения масштабов развития эрозионных процессов.

**Цель исследований**. Провести комплексный анализ данных агроэкологического мониторинга с применением геоинформационной системы «ГИС Агроэколог Онлайн» на примере Ракитянского района Белгородской области.

**Материалы и методы.** Объектом изучения послужили земли сельскохозяйственного назначения Ракитянского района, расположенного на юго-западе Белгородской области. Территория района входит в состав Украинской лесостепной почвенной провинции. Преобладающими почвами являются черноземы типичные и выщелоченные.

В статье использованы материалы 10 (2015 г.) и 11 (2019 г.) циклов сплошного агрохимического обследования пахотных почв, а также почвенно-эрозионного обследования, проводимого в 2015 году.

При проведении агрохимического обследования один смешанный образец, состоящий из 15-20 точечных проб, отбирался с площади 15-20 га [12]. При проведении почвенно-эрозионного обследования количество заложенных разрезов, полуям и прикопок определялось в соответствии с федеральными и региональными методическими указаниями [13, 14]. В почвенных образцах содержание подвижных форм фосфора и калия определялось по методу Чирикова, органического вещества – по методу Тюрина. Определение величины pH солевой вытяжки ($pH_{KCl}$) и содержания подвижных форм серы, микроэлементов проводилось по общепринятым в агрохимической службе методикам [15-17].

Все результаты обследований были занесены в базу данных агрохимической службы, доступ к которой осуществляется посредством

геоинформационной системы «ГИС Агроэколог Онлайн», разработанной в ФГБУ «ЦАС «Белгородский» [6-8].

**Результаты и обсуждение.** При обработке данных агрохимического обследования «ГИС Агроэколог Онлайн» автоматически рассчитывает средневзвешенные значения определяемых параметров и проводит группировку обследованной площади по степени обеспеченности для хозяйств, районов и области. Кроме того, данная ГИС строит агрохимические картограммы и формирует отчеты по динамике агрохимических показателей между выбранными циклами обследования.

Анализ динамики основных параметров плодородия, выполненный на основе автоматической обработки базы данных агрохимической службы, позволяет констатировать, что средневзвешенное содержание органического вещества в пахотных почвах Ракитянского района за период с 2015 по 2019 годы имело тенденцию к увеличению на 0,1%, содержание подвижных форм $K_2O$ также незначительно (6 мг/кг) возросло. Благодаря реализации программы известкования кислых почв, доля последних (от площади обследованной пашни) за эти годы снизилась с 64,7 до 45,6%, в том числе среднекислых – с 13,3 до 2,2%. При этом средневзвешенная величина $pH_{KCl}$ увеличилась с 5,5 до 5,6. Большие объемы известкования явились причиной тренда к снижению содержания подвижного фосфора в почвах на 6 мг/кг, поскольку при внесении карбонатов кальция подвижные фосфаты переходят в труднорастворимую форму (табл. 1).

По данным агрохимического обследования с помощью ГИС строятся картограммы содержания основных показателей плодородия почв. На рисунке 1 представлен пример картограммы степени кислотности за 10 и 11 циклы агрохимического обследования почв Ракитянского района. В качестве обследованной единицы на картограмме представлены отдельно обрабатываемые участки, которые были отвекторизованы по космическим снимкам на актуальную дату.

Таблица 1. **Динамика основных показателей плодородия пахотных почв Ракитянского района**

| **Годы** | **Содержание органич. вещества, %** | **Содержание подвижных форм, мг/кг** | | **$pH_{KCl}$** | **Доля кислых почв, %** | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | **$P_2O_5$** | **$K_2O$** | | **всего** | **средне-кислых** | **слабо-кислых** |
| **2015** | 5,4 | 174 | 160 | 5,5 | 64,7 | 13,3 | 51,4 |
| **2019** | 5,5 | 168 | 166 | 5,6 | 45,6 | 2,2 | 43,4 |
| **Отклонение 2019 к 2015** | 0,1 | -6 | 6 | 0,1 | -19,1 | -11,1 | -8,0 |

Помимо основных параметров плодородия при сплошном агрохимическом обследовании определяют содержание в почвах подвижных форм серы и основных микроэлементов. Низкая обеспеченность пахотных почв серой и микроэлементами является важным фактором, лимитирующим урожайность сельскохозяйственных культур и негативно влияющим на качество растениеводческой продукции. Большинство пахотных почв ЦЧР относятся к категории низкообеспеченных по содержанию серы и таких микроэлементов, как цинк, медь, кобальт [18]. Анализ динамики содержания подвижных форм серы и микроэлементов в пахотных почвах Ракитянского района позволят констатировать, что наметились позитивные тренды увеличения содержания серы на 1,8, цинка – на 0,38, меди – на 0,043, кобальта – на 0,012 мг/кг. Доля почв, низкообеспеченных серой, снизилась на 18,4, цинком – на 9,8, медью – на 12,0, кобальтом – на 0,1% (табл. 2). Причина этого – использование хозяйствами района микроудобрений и научно обоснованных норм внесения традиционных органических удобрений, которые являются значимым источником пополнения запасов микроэлементов в почвах.

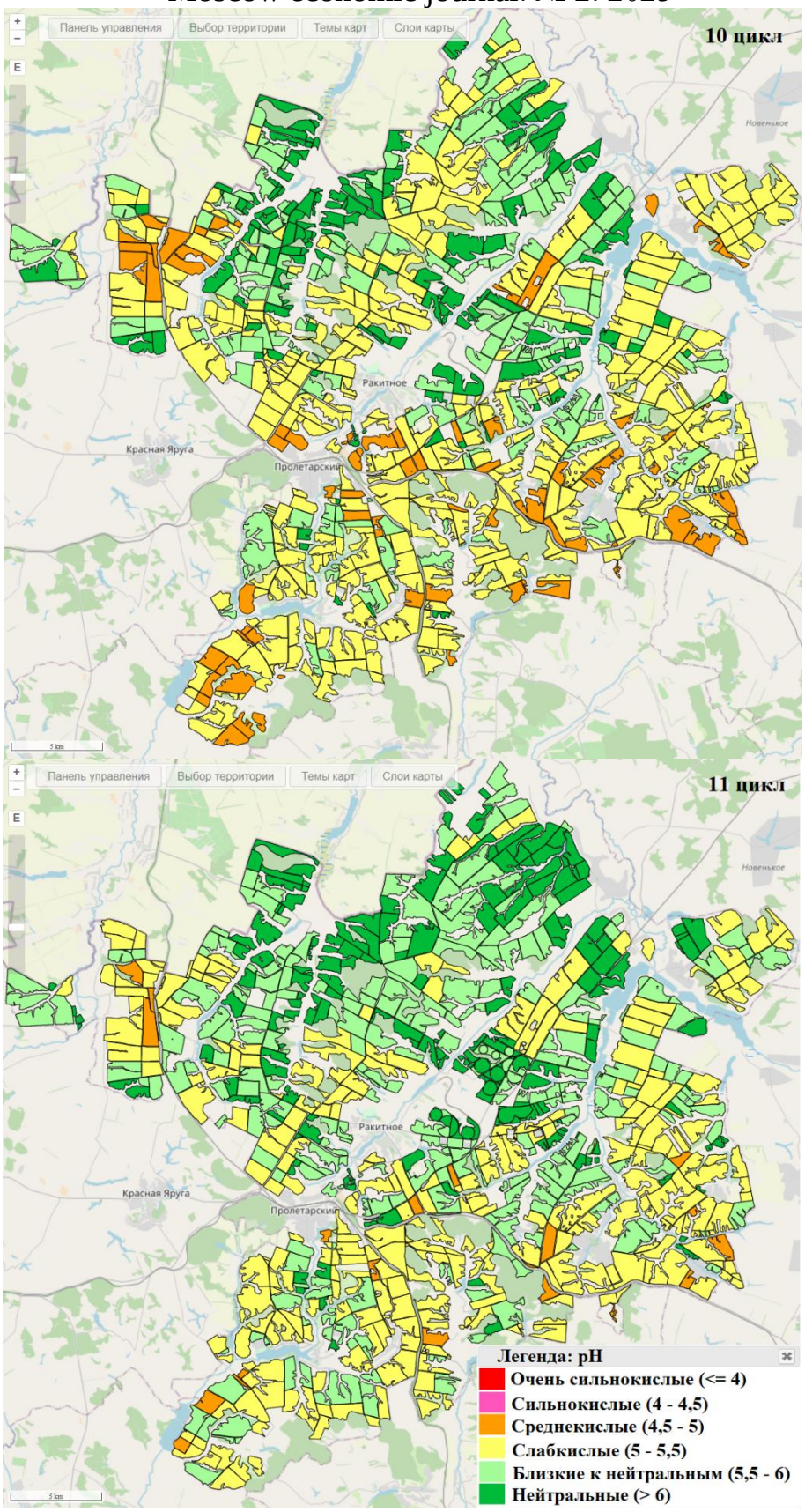


Рисунок 1. **Картограммы степени кислотности пахотных почв Ракитянского района за 10 и 11 циклы обследования**

Таблица 2. **Динамика содержания подвижных форм серы и микроэлементов в пахотных почвах Ракитянского района**

| Годы | Средневзвешенное содержание, мг/кг | | | | Доля низкообеспеченных почв, % от обследованной площади | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | S | Zn | Cu | Co | S <6 мг/кг | Zn <2 мг/кг | Cu <0,2 мг/кг | Co <0,15 мг/кг |
| **2015** | 3,6 | 0,74 | 0,101 | 0,072 | 86,4 | 95,1 | 96,9 | 99,7 |
| **2019** | 5,4 | 1,12 | 0,144 | 0,084 | 68,0 | 85,3 | 84,9 | 99,6 |
| **Отклонение 2019 к 2015** | 1,8 | 0,38 | 0,043 | 0,012 | 18,4 | 9,8 | 12,0 | 0,1 |

В настоящее время «ГИС Агроэколог Онлайн» является единственной системой, позволяющей формировать и обрабатывать электронную базу данных почвенно-эрозионного обследования, поскольку данный вид мониторинга проводится только на территории Белгородской области. Данная ГИС позволяет помимо почвенной строить карты крутизны и экспозиции склонов, агроэкологической группировки земель (рис. 2).

К каждой почвенной карте автоматически строится экспликация, в которой указывается площадь, занятая конкретной почвой. Например, для Ракитянского района Белгородской области рассчитано, что несмытые черноземы выщелоченные занимают площадь 10,31, слабосмытые – 7,74, среднесмытые – 1,15 тыс. га. Такая же информация представлена для черноземов типичных (табл. 3).

Таблица 3. **Площадь распространения пахотных почв Ракитянского района**

| Почва | Несмытые | | Слабо-смытые | | Средне-смытые | | Всего | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | тыс. га | % | тыс. га | % | тыс. га | % | тыс. га | % |
| Чернозем выщелоченный | 10,31 | 54 | 7,74 | 40 | 1,15 | 6 | 19,2 | 100 |
| Чернозем типичный | 26,16 | 72 | 9,02 | 25 | 0,99 | 3 | 36,17 | 100 |

Рисунок 2. **Почвенная карта с точками отбора проб ООО «Борисовская Зерновая Компания»**

«ГИС Агроэколог Онлайн» имеет функцию статистической обработки данных, полученных при агрохимическом анализе проб из почвенных разрезов, что существенно упрощает анализ полученной информации. Например, статистически обработав данные почвенно-эрозионного обследования, удалось установить, что такой вид деградации пахотных почв как подкисление в основном характерен для черноземов типичных и выщелоченных, расположенных на пологих водораздельных участках. С увеличением степени смытости величина $pH_{KCl}$ увеличивается. Поэтому

слабосмытые почвы редко характеризуются слабокислой реакцией среды, а среднекислые, как правило, имеют близкую к нейтральной или нейтральную реакцию среды. На склонах «теплых» экспозиций, как правило, величина $pH_{KCl}$ выше, чем на склонах «холодных» экспозиций. Величина $pH_{KCl}$ меньше величины $pH_{водн}$ в среднем на 1 (рис. 6).

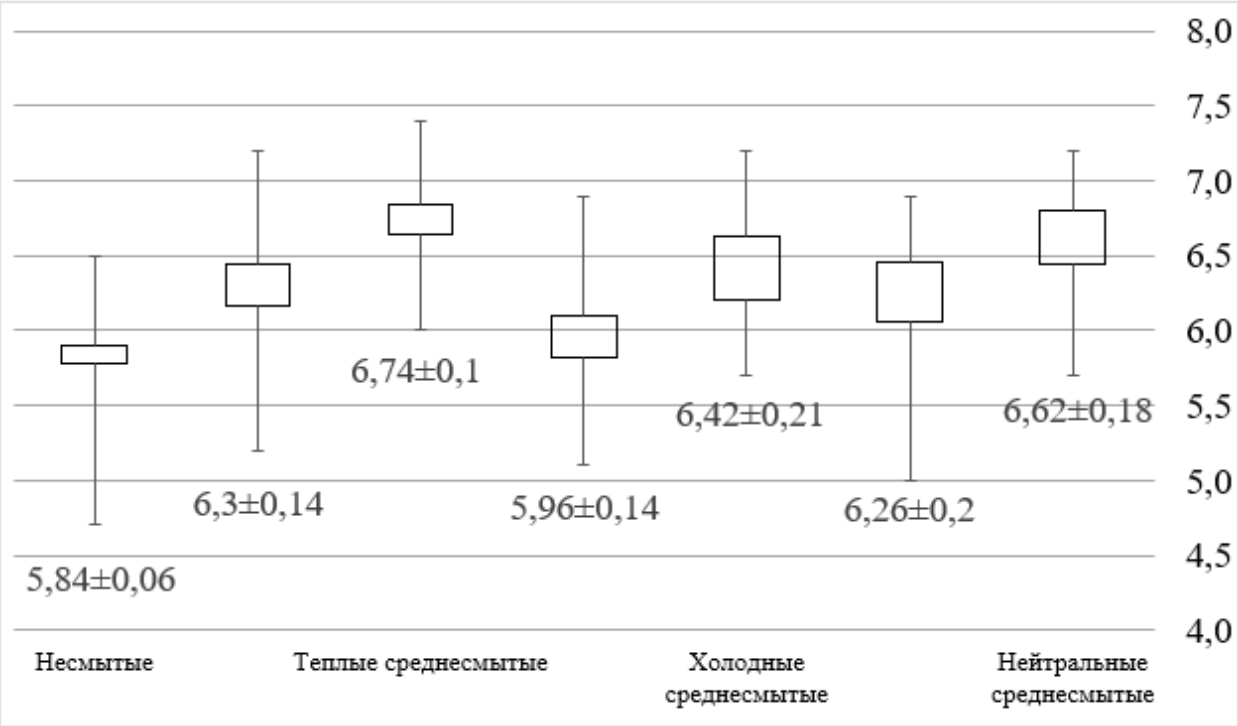


Рисунок 6. **Изменение величины $pH_{KCl}$ в зависимости от экспозиции склонов и степени эродированности чернозема типичного**

Острейшей проблемой современного земледелия является дегумификация пахотных почв [19]. По результатам почвенно-эрозионного обследования установлено, что среднее содержание органического вещества в пахотном слое чернозема типичного несмытого составляет 5,30 %, слабосмытого (в зависимости от экспозиции склона) – 4,47-4,89 %, среднесмытого – 3,84-4,12 %. Содержание органического вещества в смытых почвах «теплых» склонов имеет тенденцию к снижению по сравнению со смытыми почвами «холодных» склонов (рис. 7).

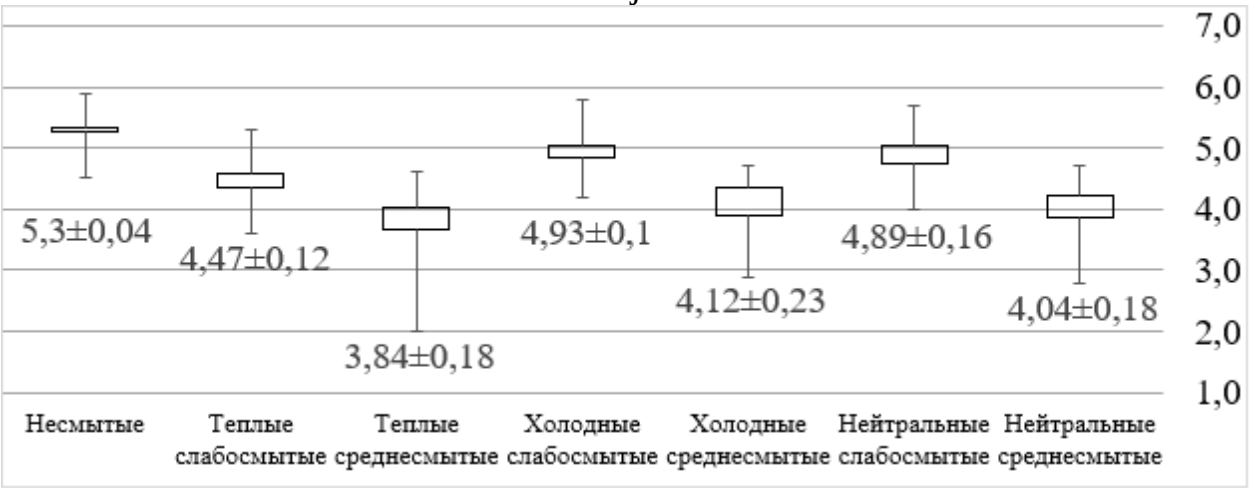


Рисунок 7. **Содержание органического вещества в черноземе типичном в зависимости от экспозиции склонов и степени эродированности, %**

При статистическом анализе данных почвенных разрезов установлено, что с увеличением глубины почвенного профиля отмечается достоверное закономерное снижение содержания органического вещества с 5,27 % (горизонт Апах) до 0,63 % (горизонт С) (рис. 8). Чернозем типичный пахотный содержит органического вещества в пахотном слое в 1,9, в горизонтах АВ и В – соответственно в 1,28 и 1,21 раза меньше по сравнению с целинными аналогами [20].

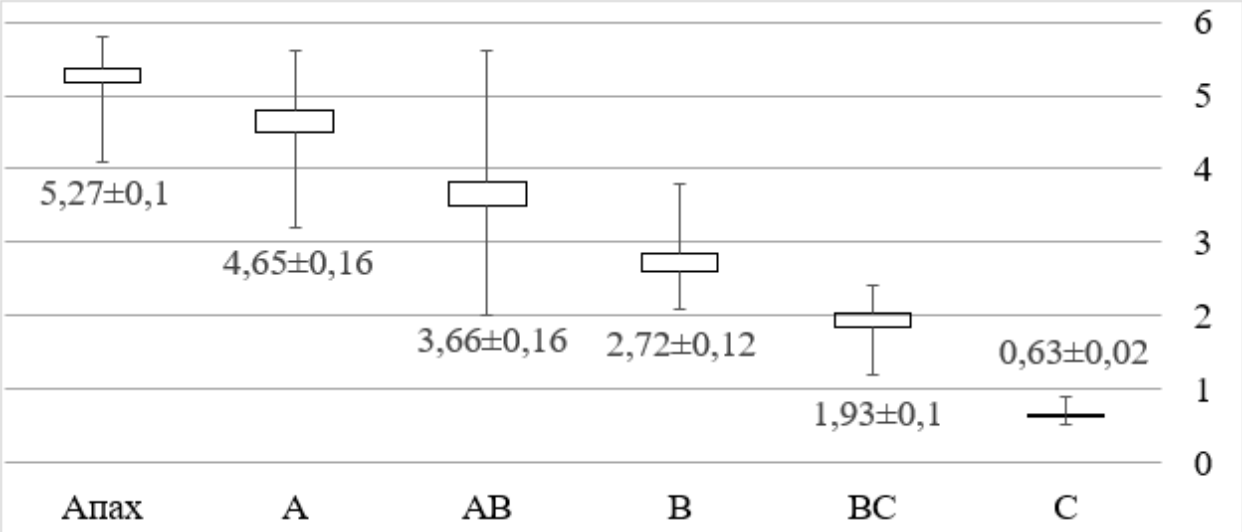


Рисунок 8. **Содержание органического вещества в почвенных горизонтах чернозема типичного, %**

«ГИС Агроэколог Онлайн» является единственной программой, которая позволяет проводить комплексный анализ данных агрохимического и почвенно-эрозионного обследований, что позволяет получать более информативные отчеты. Для этого методом пространственного пересечения слоёв ГИС автоматически формирует соответствующую выборку из базы данных, содержащую для каждого отдельного контура уникальную атрибутивную характеристику. Например, таким способом формируется отчет о средневзвешенных значениях основных параметров плодородия почв для разных подтипов черноземов (табл. 4). В условиях Ракитянского района черноземы типичные и выщелоченные существенно не отличаются по агрохимическим характеристикам, поэтому их часто объединяют в одну агроэкологическую группу и используют в рамках одних агротехнологий.

Таблица 4. **Средневзвешенные значения основных показателей плодородия по подтипам почв Ракитянского района (2019 г.)**

| **Почва** | **Содержание органического вещества, %** | **Содержание подвижных форм, мг/кг** | | **$pH_{KCl}$** |
|---|---|---|---|---|
| | | **$P_2O_5$** | **$K_2O$** | |
| Чернозем выщелоченный | 5,5 | 166 | 169 | 5,5 |
| Чернозем типичный | 5,5 | 165 | 160 | 5,7 |

**Выводы.** Таким образом, в результате использования «ГИС Агроэколог онлайн» для обработки баз данных агрохимического и почвенно-эрозионного обследований пахотных почв Ракитянского района установлено существенное улучшение по большинству исследуемых параметров. Например, по результатам обследования 2019 г., в сравнении с 2015 г., средневзвешенное содержание органического вещества в почвах увеличилось на 0,1 %, подвижных форм калия – на 6, серы – на 1,8, цинка – на 0,38 мг/кг. Доля кислых почв сократилась на 19,1 %. Черноземы типичные и

выщелоченные по агрохимическим свойствам существенно не различались. Среднее содержание органического вещества в пахотном слое несмытых черноземов составляло 5,3, слабосмытых – в зависимости от экспозиции склонов – 4,47 - 4,93 % среднесмытых – 3,84 - 4,12 %. С увеличением степени эродированности величина $pH_{KCl}$ возрастает с 5,84 на несмытых почвах до 6,42 - 6,74 – на среднесмытых. По генетическим горизонтам почвенного профиля чернозема типичного содержание органического вещества снижается с 5,3 в горизонте Апах до 0,63 % в горизонте С (материнская порода).

**Список источников**

1. Мазиров М.А. Комплексный мониторинг плодородия почв различных агроландшафтов. – Владимир: Изд-во ВлГУ, 2019. 120 с.
2. Лукин С. В. Мониторинг плодородия пахотных почв юго-западной части Центрально-Черноземного района России // Агрохимия. 2021. № 3. С. 3-14. – DOI 10.31857/S000218812103011X.
3. Пивоварова Е. Г., Кононцева Е. В., Хлуденцов Ж. Г. Агрохимическая оценка свойств почв в системе почвенно-географического районирования Алтайского края // Вестник Алтайского государственного аграрного университета, 2020. № 3. С. 61-69.
4. Васенев И.И., Мешалкина Ю.Л., Грачев Д.А. Геоинформационные системы в почвоведении и экологии. – М.: РГАУ-МСХА, 2010. – 212 с.
5. Паламарчук Н.А. Моделирование сельскохозяйственного землепользования с учетом классификационных природных групп факторов: дис. ... канд. техн. наук. // Москва.: ФГБОУ ВО «Московский государственный университет геодезии и картографии», 2019. 235с.
6. Костин И.Г., Малышева Е.С. Мониторинг плодородия почв с применением геоинформационных систем // Плодородие, 2020. №1(112). С. 24-28. Doi: 10.25680/S19948603.2020.112.08

7. Костин И.Г. Применение геоинформационных систем при инвентаризации многолетних насаждений и в точном земледелии // Земледелие, 2018. № 7. С. 45-48. Doi: 10.24411/0044-3913-2018-10713
8. Костин И.Г., Малышева Е.С. Мониторинг основных параметров плодородия почв с применением геоинформационных систем // Вестник Казанского ГАУ, 2020. № 2 (58). С. 96-101. Doi: 10.12737/2073-0462-2020-96-101
9. Лукин С. В., Четверикова Н.С. Мониторинг плодородия пахотных почв лесостепной зоны Центрально-Черноземного района // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. 2010. № 1. С. 71-73.
10. Лукин С. В, Мрошникова Ю.В., Авраменко П.М. Мониторинг содержания тяжелых металлов в почвах Белгородской области // Агрохимия. 2002. № 8. С. 86-91.
11. Якутина О. П., Нечаева Т. В., Смирнова Н. В. Изменение плодородия эродированных черноземных почв юга западной Сибири в зависимости от экспозиции склона // Плодородие, 2017. № 5. С. 39-42.
12. Методические указания по проведению комплексного мониторинга плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения / В.Г. Сычёв, А.Н. Аристархов, И.В. Володарская и др. – М.: МСХ, 2003. 195 с.
13. Общесоюзная инструкция по почвенным обследованиям и составлению крупномасштабных почвенных карт землепользования. - М.: "Колос", 1973. - 101 с.
14. Соловиченко В. Д., Тютюнов С.И. Методика проведения почвенно-эрозионного обследования склоновых земель Белгородской области. – Белгород: Отчий край, 2014. – 44 с.
15. ГОСТ 26204-91. Почвы. Определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Чирикова в модификации ЦИНАО. – М.: Издательство стандартов, 1992. – 6 с. – Текст: непосредственный.

16. ГОСТ 26213-91. Почвы. Методы определения органического. – М.: Издательство стандартов, 1992. – 7 с. – Текст: непосредственный.

17. ГОСТ 26483-85. Почвы. Приготовление солевой вытяжки и определение ее pH по методу ЦИНАО. – М.: Издательство стандартов, 1985. – 4 с. – Текст: непосредственный.

18. Жуйков Д.В. Геоэкологические особенности распределения серы и марганца в агроэкосистемах Белгородской области // Региональные геосистемы. 2022. Т. 46, №4. С. 585-595.

19. Sobol N.V., Gabbasova I.M., Komissarov M.A. Effect of rainfall intensity and slope steepness on the development of soil erosion in the southern Cis-Ural region (a model experiment) // Eurasian Soil Science, 2017. T. 50. No. 9. Pp. 1098-1104. Doi: 10.1134/S106422931709006X

20. Лукин С. В., Соловиченко В.Д. Результаты мониторинга плодородия почв государственного заповедника "Белогорье" // Достижения науки и техники АПК. 2008. № 8. С. 15-17.

**References**

1. Mazirov M.A. Kompleksny`j monitoring plodorodiya pochv razlichny`x agrolandshaftov. - Vladimir: Izd-vo VlGU, 2019. 120 s.

2. Lukin S. V. Monitoring plodorodiya paxotny`x pochv yugo-zapadnoj chasti Central`no-Chernozemnogo rajona Rossii // Agroximiya. 2021. № 3. S. 3-14. – DOI 10.31857/S000218812103011X.

3. Pivovarova E. G., Kononceva E. V., Xludenczov Zh. G. Agroximicheskaya ocenka svojstv pochv v sisteme pochvenno-geograficheskogo rajonirovaniya Altajskogo kraya // Vestnik Altajskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta, 2020. № 3. S. 61-69.

4. Vasenev I.I., Meshalkina Yu.L., Grachev D.A. Geoinformacionny`e sistemy` v pochvovedenii i e`kologii. – M.: RGAU-MSXA, 2010. – 212 s.

5. Palamarchuk N.A. Modelirovanie sel`skoxozyajstvennogo zemlepol`zovaniya s uchetom klassifikacionny`x prirodny`x grupp faktorov: dis. ... kand. texn. nauk. //

Moskva.: FGBOU VO «Moskovskij gosudarstvenny`j universitet geodezii i kartografii», 2019. 235s.

6. Kostin I.G., Maly`sheva E.S. Monitoring plodorodiya pochv s primeneniem geoinformacionny`x sistem // Plodorodie, 2020. №1(112). S. 24-28. Doi: 10.25680/S19948603.2020.112.08

7. Kostin I.G. Primenenie geoinformacionny`x sistem pri inventarizacii mnogoletnix nasazhdenij i v tochnom zemledelii // Zemledelie, 2018. № 7. S. 45-48. Doi: 10.24411/0044-3913-2018-10713

8. Kostin I.G., Maly`sheva E.S. Monitoring osnovny`x parametrov plodorodiya pochv s primeneniem geoinformacionny`x sistem // Vestnik Kazanskogo GAU, 2020. № 2 (58). S. 96-101. Doi: 10.12737/2073-0462-2020-96-101

9. Lukin S. V., Chetverikova N.S. Monitoring plodorodiya paxotny`x pochv lesostepnoj zony` Central`no-Chernozemnogo rajona // Vestnik Rossijskoj akademii sel`skoxozyajstvenny`x nauk. 2010. № 1. S. 71-73.

10. Lukin S. V, Mroshnikova Yu.V., Avramenko P.M. Monitoring soderzhaniya tyazhely`x metallov v pochvax Belgorodskoj oblasti // Agroximiya. 2002. № 8. S. 86-91.

11. Yakutina O. P., Nechaeva T. V., Smirnova N. V. Izmenenie plodorodiya e`rodirovanny`x chernozemny`x pochv yuga zapadnoj Sibiri v zavisimosti ot e`kspozicii sklona // Plodorodie, 2017. № 5. S. 39-42.

12. Metodicheskie ukazaniya po provedeniyu kompleksnogo monitoringa plodorodiya pochv zemel` sel`skoxozyajstvennogo naznacheniya / V.G. Sy`chyov, A.N. Aristarxov, I.V. Volodarskaya i dr. – M.: MSX, 2003. 195 s.

13. Obshhesoyuznaya instrukciya po pochvenny`m obsledovaniyam i sostavleniyu krupnomasshtabny`x pochvenny`x kart zemlepol`zovaniya. - M.: "Kolos", 1973. - 101 s.

14. Solovichenko V. D., Tyutyunov S.I. Metodika provedeniya pochvenno-e`rozionnogo obsledovaniya sklonovy`x zemel` Belgorodskoj oblasti. – Belgorod: Otchij kraj, 2014. – 44 s.

15. GOST 26204-91. Pochvy`. Opredelenie podvizhny`x soedinenij fosfora i kaliya po metodu Chirikova v modifikacii CINAO. – M.: Izdatel`stvo standartov, 1992. – 6 s. – Tekst: neposredstvenny`j.
16. GOST 26213-91. Pochvy`. Metody` opredeleniya organicheskogo. – M.: Izdatel`stvo standartov, 1992. – 7 s. – Tekst: neposredstvenny`j.
17. GOST 26483-85. Pochvy`. Prigotovlenie solevoj vy`tyazhki i opredelenie ee rN po metodu CINAO. – M.: Izdatel`stvo standartov, 1985. – 4 s. – Tekst: neposredstvenny`j.
18. Zhujkov D.V. Geoe`kologicheskie osobennosti raspredeleniya sery` i margancza v agroe`kosistemax Belgorodskoj oblasti // Regional`ny`e geosistemy`. 2022. T. 46, №4. S. 585-595.
19. Sobol N.V., Gabbasova I.M., Komissarov M.A. Effect of rainfall intensity and slope steepness on the development of soil erosion in the southern Cis-Ural region (a model experiment) // Eurasian Soil Science, 2017. T. 50. No. 9. Pp. 1098-1104. Doi: 10.1134/S106422931709006X
20. Lukin C. B., Solovichenko V.D. Rezul`taty` monitoringa plodorodiya pochv gosudarstvennogo zapovednika "Belogor`e" // Dostizheniya nauki i texniki APK. 2008. № 8. S. 15-17.
**Для цитирования:** Костин И.Г. Использование геоинформационных систем для анализа экологического состояния агроландшафтов // Московский экономический журнал. 2023. № 2. URL: https://qje.su/nauki-o-zemle/moskovskij-ekonomicheskij-zhurnal-2-2023-7/
*© Костин И.Г. 2023. Московский экономический журнал, 2023, № 2.*