

9. Лисецкий, Ф.Н. Геоархеологические исследования исторических ландшафтов Крыма / Ф.Н. Лисецкий, О.А. Маринина, Ж.А. Буряк. – Воронеж: Воронежский государственный университет, 2017. – 432 с. – ISBN 978-5-9273-2546-7.
10. Лисецкий, Ф.Н. Изменение почв сухой степи в результате многовековых агрогенных воздействий (в окрестностях античной Ольвии) / Ф.Н. Лисецкий, М.Е. Родионова // Почвоведение. – 2015. – № 4. – С. 397. – <https://doi.org/10.7868/S0032180X1504005X>.
11. Лисецкий, Ф. Н. Развитие черноземов Днестровско-Прутского междуречья в голоцене / Ф.Н. Лисецкий, П.В. Голусов, О.А. Чепелев // Почвоведение. – 2013. – № 5. – С. 540. – <https://doi.org/10.7868/S0032180X13050109>.
12. Статистические параметры состава и свойств почв Молдавии / И.А. Крупеников, Т.Б. Махлин, З.И. Поляк [и др.]. Части 1–2. Кишинев: Штиинца, 1978, 1981.
13. Hussain, S.; Carbon sequestration to avoid soil degradation: A review on the role of conservation tillage / S. Hussain, S. Hussain, R. Guo, M. [et al.] // Plants. – 2021. – No 10. – Art. No 2001. – <https://doi.org/10.3390/plants10102001>.
14. Karelin, D.V. Annual carbon budget of biogenic greenhouse gases under mixed land use: Lgov district as a model object of the Central Chernozem zone of Russia / D.V. Karelin, O.E. Sukhovееva, M. V. Glagolev [et al.] // Eurasian Soil Sc. – 2023. – No 56. – P. 1043–1054. – <https://doi.org/10.1134/S1064229323600872>.
15. Post, W. M. Soil carbon sequestration and land-use change: Processes and potential / W. M. Post, K. C. Kwon // Glob. Change Biol. – 2000. – No 6. P. 317–327. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2486.2000.00308.x>.
16. Tiefenbacher, A. Optimizing carbon sequestration in croplands: A synthesis / A. Tiefenbacher, T. Sandén, H.P. Haslmayr, // Agronomy. – 2021. – No 11. – Art. No 882. – <https://doi.org/10.3390/agronomy11050882>.

УДК 633.11/621:631.5

## ОЦЕНКА ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ИЗМЕНЧИВОСТИ ПАРАМЕТРОВ ПОЧВЕННОГО ПЛОДОРОДИЯ В СКЛОНОВОМ АГРОЛАНДШАФТЕ

Глазунов Г.П.

ФГБНУ «Курский федеральный аграрный научный центр»,  
г. Курск, Российская Федерация  
E-mail: [gennadij-glazunov@yandex.ru](mailto:gennadij-glazunov@yandex.ru)

**Аннотация.** На основе методов цифрового моделирования рельефа с использованием ГИС-технологий проведен морфометрический анализ его характеристик, созданы электронные карты, дана комплексная таксономическая оценка неоднородности распределения в ландшафте агрохимических свойств и влажности почвы. Результаты исследований могут быть использованы для оценки и рационального использования природно-ресурсного потенциала агроландшафтов.

**Ключевые слова:** склоновый агроландшафт, черноземные почвы, природно-ресурсный потенциал, почвенное плодородие, ГИС-технологии

**Введение.** Для разработки новых систем земледелия, основанных на адаптивно-ландшафтном подходе, необходима объективная комплексная оценка природно-ресурсного потенциала, учитывающая показатели и критерии, в полной мере характеризующие особенности агроландшафта. Однако общепринятые методики агрохимического обследования и отбора почвенных проб [1] не позволяют адекватно оценить степень

## ПРОБЛЕМЫ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ И ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ СИТУАЦИЯ В ЕВРОПЕЙСКОЙ РОССИИ И СОПРЕДЕЛЬНЫХ СТРАНАХ

изменчивости параметров почвенного плодородия в агроландшафте и установить необходимость регулирования питательного режима сельскохозяйственных культур.

Проблеме пространственной изменчивости параметров почвенного плодородия в агроландшафте посвящено большое количество исследований [2, 3, 4] в которых доказывается влияние пестроты почвенного покрова на точность результатов обследования. В связи с развитием цифровых технологий у земледельцев появляется возможность их использования при комплексной оценке параметров почвенного плодородия с учетом морфометрических характеристик склоновых агроландшафтов.

Цель исследования – изучение зависимости показателей плодородия почв и урожайности сельскохозяйственных культур от морфометрических параметров рельефа в условиях ЦЧР с использованием ГИС-технологий для рационального использования природно-ресурсного потенциала агроландшафтов.

**Условия, материалы и методы.** Исследования проводили в 2018-2022 гг. на базе лаборатории агрохимии и агроэкологического мониторинга ФГБНУ «Курский ФАНЦ» с использованием описательного, картографического и статистического, методов анализа с применением ГИС-технологий, полевые – на территории опытного поля Курского федерального аграрного научного центра (Медвенский район, Курская область) на участке пашни с куполообразной формой рельефа площадью 86 га. Полигон расположен на Средне-Русской возвышенности на высоте 190-217 м над уровнем моря. Разница высотных отметок достигает 29,5 м. Рельеф полигона типично эрозионный, отличающийся явно выраженной волнистостью. Средний уклон территории 2,23°. Почвенный покров комплексный, представлен черноземами типичным и выщелоченным различной степени смывости и выщелоченности на лёссовидных суглинках. Характер комплексности почвенного покрова меняется от вершины вниз по склону. Это зональная черта почвенного покрова.

Агроэкологическую оценку системы показателей почвенного плодородия черноземов разной степени эродированности проводили с использованием ГИС-технологий и авторского подхода. Пробы для изучения агрофизических и агрохимических параметров почвенного плодородия отбирали из пахотного слоя почвы (0-20 см) с предварительным наложением координатной сетки в компьютерных программах SASPlanet, Grid, OziExplorer с размером ячейки 50x50 м. Для построения карт рельефа местности использовали метод инструментальной топографической съемки при помощи нивелира ADA 32x с последующей обработкой в Microsoft Excel 2019 и визуализацией в программах Surfer 14.0. и QGIS 3.8.3

Для оценки почвенных ресурсов использовали общепринятые методики. Учет урожайности озимой пшеницы осуществляли путем отбора снопов в четырехкратной повторности с последующим пересчетом на 14 %-ную влажность зерна, учётная площадь 1 м<sup>2</sup>.

### Результаты и обсуждение

На основе выполненной нивелирной съёмки с использованием заранее загруженного маршрута с шагом 50×50 м. построена трёхмерная модель уклонов с изолиниями высот и размещением водосборов. На территории полигона были определены границы водоразделов и водосборов. Был выполнен анализ поверхности на предмет определения направления поверхностного стока. По его результатам наиболее интенсивный сток можно спрогнозировать на склонах северо-западной и северо-восточной экспозиций, площадь водосборов которых достигает 10000 м<sup>2</sup>. Наиболее высокий топографический индекс влажности (Topographic Wetness Index, TWI) также характерен для этих экспозиций с индексом влажности > 10,4.

В дальнейшем почва на территории полигона была исследована под покровом озимой пшеницы для изучения пространственного распределения запасов продуктивной влаги в 0...100 см слое почвы. В 0-30 см слое почвы величина этого показателя изменялись от 36,7 мм (южная экспозиция) до 48,5 мм (северо-западная экспозиция). Наибольшее

**ПРОБЛЕМЫ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ И ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ СИТУАЦИЯ  
В ЕВРОПЕЙСКОЙ РОССИИ И СОПРЕДЕЛЬНЫХ СТРАНАХ**

количество продуктивной влаги отмечали в точках U-9 – 158,0 мм (северо-восточная экспозиция) и I-9 – 157,9 мм (северо-западная экспозиция), что соответствует уровню «хорошее». Наименьшее количество продуктивной влаги отмечали в точках G-15 (116,0 мм, западная экспозиция) и W-19 (115,9 мм, юго-восточная экспозиция), где оно оценивается как «удовлетворительное». Результаты проведенной статистической обработки (табл. 1) свидетельствуют о том, что запасы продуктивной влаги в почве характеризовались низким коэффициентом вариации от 7,02 до 8,16, а их качественная оценка изменялась от хорошей до удовлетворительной.

Таблица 1

Оценка содержания запасов продуктивной влаги  
в 0...100 см слое в посевах озимой пшеницы (9 апреля 2019 г.)

Параметр	Запасы продуктивной влаги по слоям почвы, мм			Качественная оценка запасов продуктивной влаги
	0-30 см	0-50 см	0-100 см	
Max	49,5	85,2	158	хорошая
Min	36,7	60,7	115,9	удовлетворительная
$\bar{X}$	43	74	134	хорошая
Sd	3,19	5,18	10,93	
V, %	7,37	7,02	8,16	

Наибольшие запасы продуктивной влаги отмечали на вогнутых формах рельефа на водосборах. В почвенных образцах, отобранных на водоразделах её содержание соответствовало удовлетворительному уровню.

Доказательством высокой изменчивости агрохимических параметров почвенного плодородия служит характеризующий этот процесс коэффициент вариации. Наибольшим он был для гидролитической кислотности, содержания нитратного и аммонийного азота, средним – для подвижных форм фосфора и калия и незначительным – для содержания обменных оснований ( $Ca^{2+}$  и  $Mg^{2+}$ ),  $pH_{KCl}$ ,  $N_{щг}$  и гумуса (табл. 2).

Таблица 2

Статистические параметры агрохимических показателей почвы

Параметры	$pH_{KCl}$	Гумус, %	$N_g$	Обменные основания		$N_{щг}$	N-NH <sub>4</sub>	N-NO <sub>3</sub>	Подвижные	
				Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>				P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
				мг-экв/100 г					мг/100 г	
Max	7,2	6,16	5,06	29,10	5,00	19,22	2,07	5,02	34,10	28,10
Min	5,30	4,78	0,51	22,00	2,90	14,12	0,17	0,25	6,10	9,60
$\bar{X}$	6,23	5,57	2,30	25,21	4,01	16,74	0,77	0,77	12,78	13,80
Sd	0,61	0,29	1,37	1,87	0,53	1,08	0,34	0,63	3,82	3,30
V, %	9,85	5,29	59,49	7,43	13,28	6,44	44,23	81,64	29,93	23,93

Экспериментальные данные свидетельствуют о том, что на исследуемом участке произошло перераспределение гумусового вещества со склона с частичной его аккумуляцией в замкнутых понижениях северной части склона. Это, очевидно, связано с эрозионными процессами, которые привели к снижению содержания гумуса в почве и, как следствие, к увеличению площади малогумусных контуров. Так, наибольшее содержание гумуса отмечено в аккумулятивной фации (6,8 %), наименьшее – в ложбинах (в среднем 3,3 %) и на юго-западном водоразделе. В результате эрозионных процессов и активного

## ПРОБЛЕМЫ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ И ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ СИТУАЦИЯ В ЕВРОПЕЙСКОЙ РОССИИ И СОПРЕДЕЛЬНЫХ СТРАНАХ

смыва мелкозема в почвенном покрове ложбин южной и западной частей полигона содержание гумуса было низким.

Реакция почвенного раствора ( $pH_{KCl}$ ) на территории участка изменялась от слабокислой до нейтральной. Неоднородность величины этого показателя связана с повышением кислотности в результате потери катионов кальция и магния вследствие интенсивного промывания почвенной толщи или с ее снижением при обнажении нижележащих слоёв почвы, насыщенных карбонатами.

Содержание щёлочногидролизуемого азота в пахотном слое (мг/100 г почвы) чернозёмных почв (0-20 см) в агроландшафте характеризовалось самым низким коэффициентом вариации: при частоте отбора почвенных проб через 100 м – 6,44 %, через 200 м – 7,06 %.

Характер распределения подвижного фосфора в агроландшафте неравномерный. Наибольшее его содержания отмечено в средней части западного склона полигона, наименьшие – в нижней части южного и западного склонов. Кроме того, рост величины этого показателя наблюдали в нижней части склона южной экспозиции, по сравнению с верхней и средней, со 150 до 260 мг/кг. Почва приводораздельных и водораздельных частей склона содержит в среднем 150 мг/кг фосфора. Коэффициент вариации величины этого показателя был средним: при частоте отбора почвенных проб через 200 м – 25,17 %, через 100 м – 29,93 %.

Почва исследуемой территории характеризовалась очень высокой обеспеченностью подвижным калием. Наибольшее его содержание отмечали в аккумулятивной фации (180-290 мг/кг), самое низкое – в транзитных фациях на водоразделах (100-110 мг/кг). Варьирование величины этого показателя в агроландшафте было средним, практически не зависело от частоты отбора проб и составляло 23,61-23,93 %.

Пространственно-временная неоднородность параметров почвенного плодородия в агроландшафте со сложным рельефом возрастает, по сравнению с равнинными участками, практически по всем показателям [5], что свидетельствует о необходимости дифференцированного внесения удобрений. Сформированные на основе проведенных исследований рабочие участки позволят оптимизировать размещение культур на поле и проведение агротехнологических мероприятий (рис.). Самые высокие показатели таксономической оценки, основанные на данных агрохимического обследования, приурочены к плакорной части исследуемого полигона (3,8-4,4).

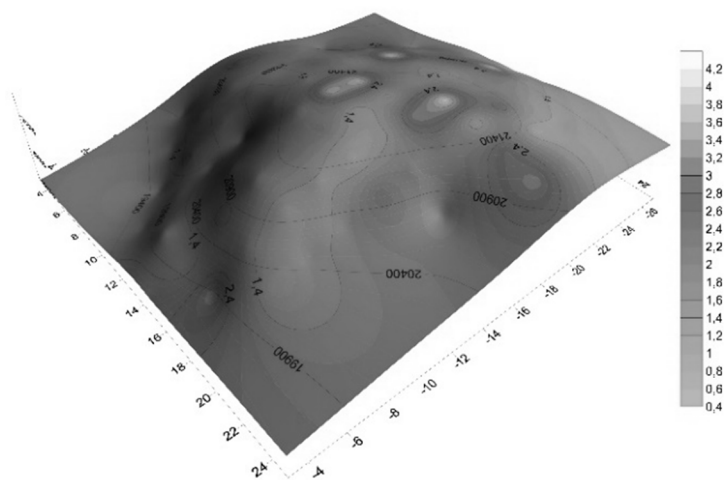


Рис. Комплексная таксономическая оценка  
неоднородности агрохимических свойств при шаге сетки 100 м

## ПРОБЛЕМЫ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ И ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ СИТУАЦИЯ В ЕВРОПЕЙСКОЙ РОССИИ И СОПРЕДЕЛЬНЫХ СТРАНАХ

**Выводы.** В результате исследований, проведенных на основе авторского методического подхода к агроэкологической оценке почв с использованием цифровых и ГИС-технологий, установлены и количественно оценены зависимости показателей плодородия почв и урожайности сельскохозяйственных культур от морфометрических параметров рельефа в условиях ЦЧР. В условиях типично эрозионного рельефа, отличающегося явно выраженной волнистостью, выявлены особенности варьирования в пахотном слое агрохимических показателей и запасов продуктивной влаги. Определены направления поверхностного стока и аккумуляции стока с водосборной площади микроформами рельефа. Установлено, что наиболее интенсивный сток можно спрогнозировать на склонах северо-западной и северо-восточной экспозиций. Выполнен прогноз распределения запасов почвенной влаги в зависимости от морфометрических параметров рельефа. Наиболее влагообеспеченными могут быть участки полигона северо-западной и северо-восточной экспозиций с индексом влажности  $> 10,4$ . Полученные результаты необходимы для совершенствования агроэкологического мониторинга плодородия почвы и для рационального использования природно-ресурсного потенциала агроландшафтов.

### Список литературы:

1. Флоринский М.А. Методические указания по проведению комплексного агрохимического обследования почв сельскохозяйственных угодий / М.А. Флоринский А.Н. Поляков А. В Павлихина и др. – М.: Центр научно-технической информации, пропаганды и рекламы Минсельхозпрода Российской Федерации, 1994. – 98с.
2. Behera S.K. Spatial variability of soil properties and delineation of soil management zones of oil palm plantations grown in a hot and humid tropical region of southern India / S.K. Behera, R.K. Mathur, A.K. Shukla // *Catena*. – 2018. – V. 165. – P. 251-259
3. Rosemary F. Exploring the spatial variability of soil properties in an Alfisol soil catena / F. Rosemary, U.W.A. Vitharana, S.P. Indraratne, R. Weerasooriya, U. Mishra // *Catena*. – 2017. – V. 150. – P. 53-61
4. Научно-практические основы адаптивно-ландшафтной системы земледелия Курской области Черкасов Г.Н., Дубовик Д.В., Масютенко Н.П., и др. Курск: «ТОП+», 2017. – 188 с.
5. Мнакацакан Х.Ш. Влияние рельефа агроландшафта на плодородие почвы и эффективность удобрений / Х.Ш. Мнакацакан, В.М. Кильдюшкин, Г.М. Лесовая // *Проблемы агрохимии и экологии*. – 2009. – № 2. – С. 14-17

УДК 910.3:504.436(470.325)

### РЕКРЕАЦИОННАЯ ЦЕННОСТЬ РОДНИКОВ РАКИТЯНСКОГО РАЙОНА (БЕЛГОРОДСКАЯ ОБЛАСТЬ)

Новых Л.Л.<sup>1</sup>, Гайденов Е.М.<sup>1</sup>, Новых И.Е.<sup>1</sup>, Гайдаренко А.П.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ФГАОУ ВО «Белгородский государственный национальный  
исследовательский университет», Белгород, Россия

<sup>2</sup>МОУ «Пролетарская СОШ № 2», Ракитянский район, Белгородская область, Россия  
E-mail: [novykh@bsu.edu.ru](mailto:novykh@bsu.edu.ru)

В последние годы в Белгородской области высокими темпами растет популярность родников, что отражает их уникальность как природных, культурно-исторических и