

*В. И. Пичура¹, Ф. Н. Лисецкий²,
А. И. Задорожный¹, О. В. Ларченко¹*

*¹ГВУЗ «Херсонский государственный
аграрный университет», Украина*

*²НИУ «Белгородский государственный университет»,
Российская Федерация
E-mail: pichura@yandex.ru*

ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГИС И НЕЙРОТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ОЦЕНКИ ПРИГОДНОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР

Постановка проблемы. При качественной оценке сельскохозяйственных земель, анализ изменения агрохимических свойств почвенного плодородия является одним из важнейших объективных условий определения эффективности ведения земледелия. Агрохимические принципы качественной оценки земель приобретают особую актуальность в условиях экстенсивной и нерациональной хозяйственной деятельности землепользователей.

Черноземы южные и темно-каштановые почвы, по степени распространения в зоне Сухой Степи Украины, являются основными типами почв [1].

Основными агрохимическими показателями, которые характеризуют плодородие и энергетический потенциал почв, являются содержание гумуса и подвижных форм питательных веществ. Запасы питательных веществ и их доступность растениям, а также запасы продуктивной влаги находятся в тесной зависимости от природно-климатических условий местности (климата, рельефа, почвообразующих пород, гидрологических условий и т.п.), которые определяют величину и качество урожая сельскохозяйственных культур [2, 3].

В настоящее время одним из актуальных направлений в системе эколого-агромелиоративного мониторинга является системное применение современных инструментов и методов для пространственной оценки агрохимического состояния почв с целью определения изменения почвенного плодородия, под воздействием внешних факторов среды, при выращивании

зерновых культур.

Анализ последних публикаций и исследований. Весомый вклад изучению вопросов мониторингу, бонитировки, качественной оценки и охраны почв с использованием геоинформационных принадлежит ученым В.В. Медведеву, С.А. Балюку, В.О. Ушкаренку, П.П. Надточому, М.И. Ромащенко, Р.А. Акбирову, Б.М.Н. Гончикову, Ц.Ц. Цыбикдоржиеву и др. ученым [1-9]. В научных трудах Владимирского Б.М., Арзамасцева А.А., Козадаева А.С, Бахметова Н.А., Токарева С.В., Семейкина В.Д., Скупченка А.В. и других ученых [9-14] сформулирован новый методологический подход к прогнозированию реальных систем с применением метода искусственных нейронных сетей (ИНС).

Материалы, объекты и методы исследований. Объект исследований – агрохимическое состояние почв Херсонской области. Предмет исследований - показатели агрохимического состояния почв (гумус, подвижный фосфор, обменный калий).

Оценка пригодности сельскохозяйственных земель Херсонской области по содержанию питательных веществ для выращивания зерновых культур проведена согласно методике В.В. Медведева и И.В. Плиски (2006г) [4, 5]. Для исследований использованы данные 296 стационаров (IX тура исследований – 2002-2007 гг.) Херсонского государственного проектно-технологического центра охраны плодородия почв и качества продукции «Облгосплодородие». Характеристика агрохимических свойств почв проведена в слое 0-40 см, так как в этом слое сосредоточена основная масса корней растений.

Нейротехнологии рассматриваются, как универсальный аппроксиматор нелинейных функций для классификации сельскохозяйственных земель по содержанию питательных веществ для выращивания зерновых культур. Создание искусственных нейронных сетей проведено с помощью модуля Statistics Neural Networks (SNN) программного продукта STATISTICA 6.0. Для пространственного моделирования питательных веществ в почве применен метод кригинга

[15] модуля Geostatistical Analyst of ArcGis 9.2

Анализ результатов исследований. Для определения комплексной оценки (валовое содержание питательных веществ) сельскохозяйственных земель Херсонской области по уровню получения стабильных урожаев зерновых культур проведено статистическое нормирование рядов исследуемых показателей по формуле (1) и представлена качественная оценка почв (табл. 1):

$$X_{\text{норм}} = \int_1^n \frac{X_i - \bar{X}}{SD} di$$

где, \bar{X} - среднее арифметическое значение; SD – стандартное отклонение.

Пространственное районирование пригодности почв Херсонской области для выращивания зерновых культур состоит с двух основных этапов: создание интеллектуальных искусственной нейронной сети для классификации по нормированным данным и пространственное моделирование с использованием геостатистических методов.

Созданная искусственная нейронная сеть архитектуры многослойный перцептрон для классификации пригодности сельскохозяйственных земель Херсонской области по содержанию питательных веществ для выращивания зерновых культур (рис. 1) обладает достаточно высокой обобщающей способностью, что указывает на хорошие совпадения исходных и предсказанных значений (верно выделенных закономерностей из входных данных) на рабочем (тестируемом) участке (табл. 2). Достоверность нейромодели составила - 99%.

Таблица 1. Классификация пригодности сельскохозяйственных земель Херсонской области по содержанию питательных веществ (статистически нормированные показатели) в слое 0-40 см

Критерии, их параметры, единицы измерения	Параметры нормирования	Качественная оценка (нормированные показатели)				
		очень благоприятные	благоприятные	удовлетворительные	неудовлетворительные	очень неудовлетворительные
Содержание гумуса, %	$\int_1^{296} \frac{X - 2,26}{0,823} + 3di$	>4,51	3,91-4,51	3,30-3,90	2,68-3,29	<2,68
Содержание подвижного фосфора, мг/кг почвы	$\int_1^{296} \frac{X - 40,9}{13,54} + 3di$	>3,38	2,28-3,38	1,84-2,27	0,95-1,83	<0,94
Содержание обменного калия, мг/кг почвы	$\int_1^{296} \frac{X - 371}{138} + 3di$	>3,88	3,41-3,88	2,93-3,40	2,18-2,92	<2,17
Содержание питательных веществ (гумус + подвижный фосфор + обменный калий)	Nr(Hum)+Nr(P ₂ O ₅)+ Nr(K ₂ O) Nr - нормированный	>11,76	9,58-11,76	8,05-9,57	5,80-8,04	<5,79

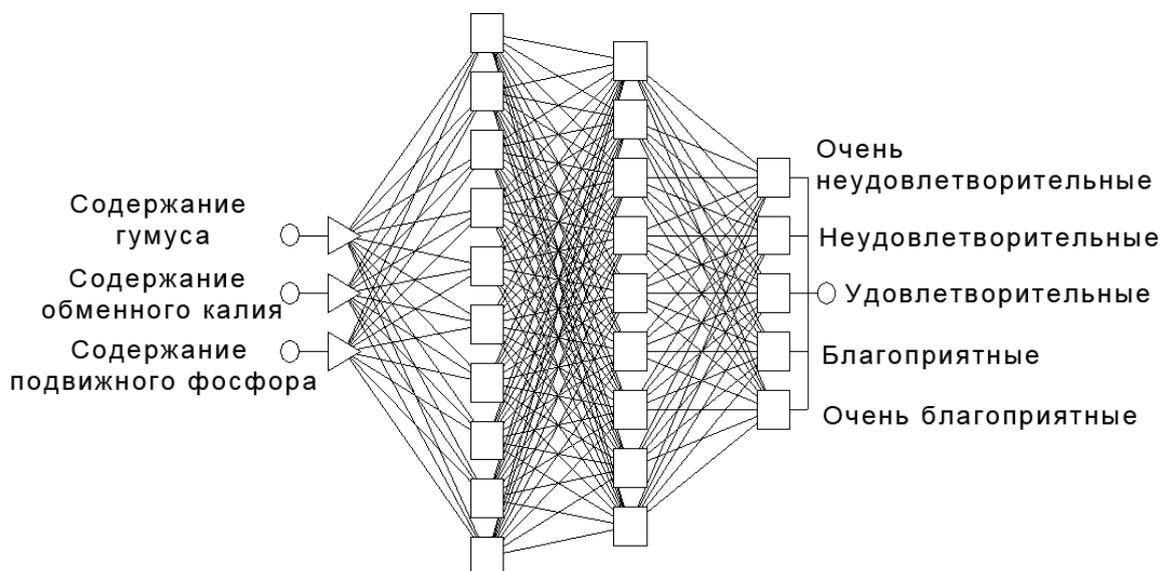


Рис. 1. Нейронная сеть классификации пригодности сельскохозяйственных земель для выращивания зерновых культур

Таблица 2. Статистическая характеристика многослойной нейронной модели

Показатели описательной статистики	Классы				
	очень неудовлетворительные	неудовлетворительны	удовлетворительные	благоприятные	очень благоприятные
Всего	16	65	72	119	24
Правильно	16	65	72	118	23
Ошибочно	0	0	0	1	1
Неизвестно	0	0	0	0	0
% правильных	100	100	100	99,16	95,83
% ошибочных	0	0	0	0,84	4,17
% неизвестно	0	0	0	0	0

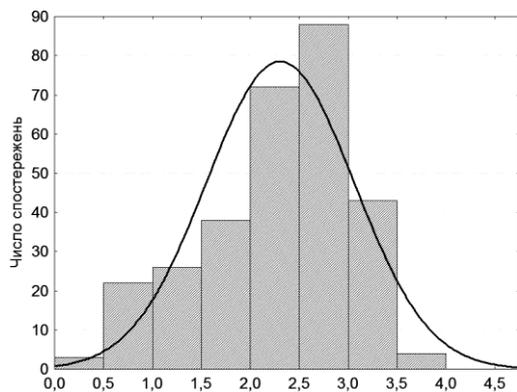
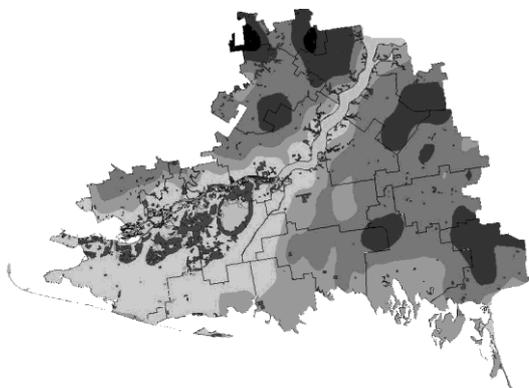
За данными 296 стационаров исследований Херсонского центра «Облгосплородориде» автором созданы картограммы районирования пригодности сельскохозяйственных земель Херсонской области для выращивания зерновых культур в зависимости от содержания питательных веществ (рис. 2).

В результате пространственного моделирования и классификации были определены площади сельскохозяйственных угодий (1971058 га, в т.ч. - пашня – 1777600 га) Херсонской области за агрохимическими показателями: гумус, подвижный фосфор, обменный калий, валовое содержание питательных веществ (табл. 3).

В результате пространственного анализа сельскохозяйственных земель по комплексной оценке содержания питательных веществ (слой почвы 0-40 см) Херсонской области было определено, что: 75% (1478294 га) территории с.-х. угодий имеют удовлетворительные и благоприятные природные условия для выращивания зерновых культур – северо-западная и юго-восточная часть Херсонской области; 25% (492764 га) территории с.-х. угодий, преимущественно южно-западной части (Голопристанский,

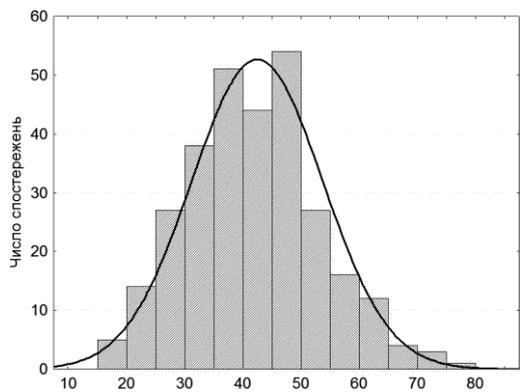
Цюрупинский, Скадовский, Белозерский районы) и прибрежная зона реки Днепр, имеют неудовлетворительные (20,6%) и очень неудовлетворительные (4,4%) природные почвенные условия для выращивания зерновых культур.

а) по содержанию гумуса, %

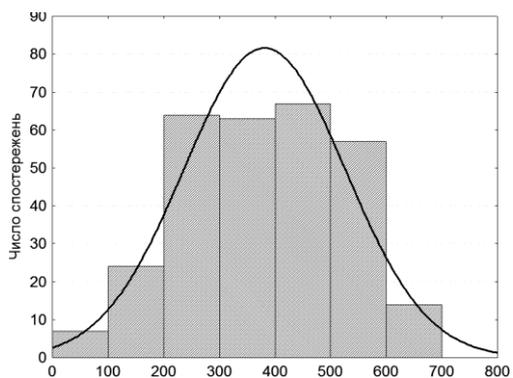
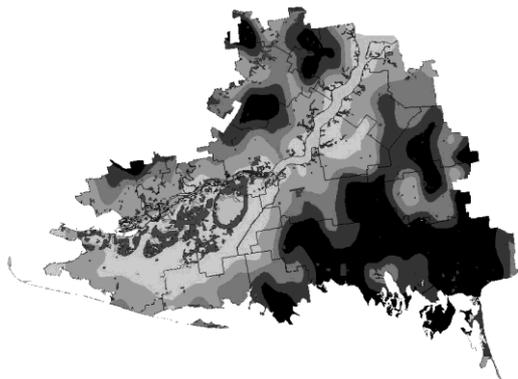


б) по содержанию подвижного фосфора, мг/кг

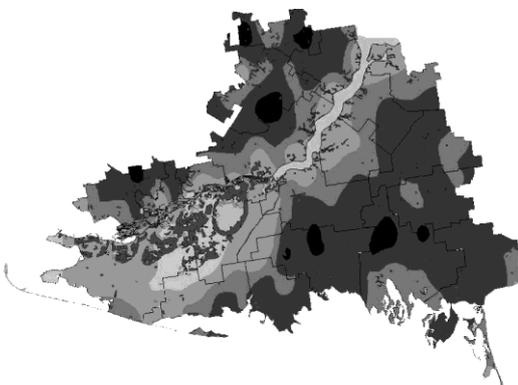




в) по содержанию обменного калия, мг/кг



г) по комплексному (валовому) содержанию питательных веществ



Оценка содержания питательных веществ:

-  - очень неудовлетворительные
-  - неудовлетворительные
-  - удовлетворительные
-  - благоприятные
-  - очень благоприятные
-  - леса
-  - пески
-  - реки

Рис. 2. Районирование сельскохозяйственных земель Херсонской области по пригодности для выращивания зерновых культур

Таблица 3. Распределение пригодности сельскохозяйственных земель Херсонской области для выращивания зерновых культур по содержанию питательных веществ в слое 0-40 см

Качественная оценка		Сельскохозяйственные угодья		
		га	%	
Всего по Херсонской области		197105	100	
<i>Содержание гумуса, %</i>				
очень неудовлетворительные	<2,1	587572,4		29,81
неудовлетворительные	2,1-2,5	427522,5		21,69
удовлетворительные	2,6-3,0	684351,3		34,72
благоприятные	3,1-3,5	254660,7		12,92
очень благоприятные	>3,5	16951,1		0,86
<i>Содержание подвижного фосфора, мг/кг почвы</i>				
очень неудовлетворительные	<13,0	-	-	-

неудовлетворительные	13,0- 25,0	216816 ,4		11,00
удовлетворительные	25,1- 31,0	107659 2		54, 62
благоприятные	31,1- 46,0	602355 ,3		30, 56
очень благоприятные	>46,0	75294, 42		3,82
<i>Содержание обменного калия, мг/кг почвы</i>				
очень неудовлетворительные	<240	350454 ,1		17,78
неудовлетворительные	241- 359	441714 ,1		22,41
удовлетворительные	360- 434	352622 ,3		17,89
благоприятные	435- 510	366616 ,8		18,6
очень благоприятные	>510	459650 ,7		23, 32
<i>Содержание питательных веществ (Nr(Hum)+Nr(P₂O₅)+Nr(K₂O))</i>				
очень неудовлетворительные	<5,79	86923, 66		4,41
неудовлетворительные	5,80- 8,04	405446 ,6		20,57
удовлетворительные	8,05- 9,57	483697 ,6		24, 54
благоприятные	9,58- 11,76	926988 ,6		47, 03
очень благоприятные	>11,7	68001, 5		3,45

Выводы

Предложено статистическое нормирование агрохимических показателей и определен классификатор качественной оценки пригодности сельскохозяйственных земель Херсонской области в зависимости от содержания питательных веществ в почве.

Впервые созданы пространственные модели территории Херсонской области для комплексной оценки влияния питательных веществ на выращивания зерновых культур с использованием ГИС и нейротехнологий. Достоверность нейромодели составила - 99%.

За результатами классификации и пространственного моделирования определены площади сельскохозяйственных угодий Херсонской области по степени пригодности для выращивания зерновых культур за агрохимическими показателями: гумус, подвижный фосфор, обменный калий.

При комплексной пространственной оценке содержания питательных веществ (слой 0-40 см) определено, что 75 % (1478294 га) территории сельскохозяйственных земель Херсонской области имеют удовлетворительные и благоприятные природные и почвенные условия для выращивания зерновых культур, 25 % (492764 га) - неудовлетворительные и очень неудовлетворительные.

Литература

1. Бонитировка почв и качественная оценка земель лесостепной зоны Республики Башкортостан на агроэкологической основе / Акбиров Р.А. Вестник Оренбургского государственного университета, 2005. - № 9. - С. 134- 137.
2. Бонитировка и кадастровая оценка почв западного Забайкалья (на примере Кижингинской котловины) / Гончиков Б.М.Н., Цыбикдоржиев Ц.Ц. // Вестник Красноярского государственного аграрного университета, 2010. - № 9. - С. 7- 12.
3. Бонитировка и кадастровая оценка почв Джидинского района Республики Бурятия // Цыбикдоржиев Ц.Ц., Хубракова Б.Ц., Гончиков Б.М.Н. / Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии им. В.Р. Филиппова, 2009. - № 3. - С. 143-150.
4. Медведев В.В. Бонитировка и качественная оценка пахотных земель Украины / Медведев В.В., Плиско И.В. – Харьков: Изд. «13 типография», 2006. – 386 с.
5. Медведев В.В. Мониторинг почв Украины. Концепция, предварительные результаты, задачи / Медведев В.В. - Харьков: ПФ «Антиква». - 2002. - 428с.
6. Ефективне використання ґрунтів із застосуванням сучасних геоінформаційних технологій / [С.А. Балюк, І.В. Пліско, С.Р.Трускавецький та ін.]; за наук. ред. С.А.Балюка. – К.: Аграрна наука, 2011. – 72 с.
7. Геоінформаційні системи для управління зрошуваними землями: навч. посіб. / [В.О. Ушкаренко, В.В. Морозов, В.В.Колесніков та ін.].-Херсон, Вид-во „ЛТ- Офіс”, 2010.-378 с.
8. Інформаційне забезпечення зрошеного землеробства. Концепція, структура, методологія організації / [Ромашенко М.І., Драчинська Е.С., Шевченко А.М.]; за ред. М.І. Ромашенка. – К.: Аграрна наука, 2005. – 196 с.

9. Лисецкий Ф.Н. Эталонные почвы в системе особо охраняемых природных территорий / Лисецкий Ф.Н., Замураева М.Е., Половинко В.В., Данильченко М.А. // Проблемы региональной экологии. 2009. - № 1. - С. 104-110.
10. Владимирский Б.М. Нейронные сети как источник идей и инструмент моделирования процессов самоорганизации и управления / Владимирский Б.М. - Экономический вестник Ростовского государственного университета, 2006. - Т. 4. - № 4. - С. 14.
11. Арзамасцев А.А. Алгоритм самоорганизации структуры искусственной нейронной сети в процессе ее обучения / Арзамасцев А.А. - Вестник Тамбовского университета. Серия: Естественные и технические науки, 2007. - Т. 12. - № 1. - С. 105-106.
12. Семейкин В.Д. Моделирование искусственных нейронных сетей в среде MATLAB / Семейкин В.Д., Скупченко А.В. Вестник – Астраханского государственного технического университета. Серия: Управление, вычислительная техника и информатика, 2009. - № 1. - С. 159-164.
13. Козадаев А.С. Техническая реализация искусственного нейрона и искусственной нейронной сети / Козадаев А.С. - Вестник Тамбовского университета. Серия: Естественные и технические науки, 2010. - Т. 15. - № 1. - С. 301-302.
14. Бахметова Н.А. Моделирование технологических процессов с помощью нейронных сетей / Бахметова Н.А., Токарев С.В. - Современные наукоемкие технологии, 2008. - № 2. - С. 87.
15. Using ArcGIS Geostatistical Analyst. - Published by ESRI, 2002. - 306p.