

УДК 504.53

ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПОЧВЕННО-ЗЕМЕЛЬНЫХ РЕСУРСОВ МОСКОВСКОЙ ОБЛАСТИ (НА ПРИМЕРЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ УГОДИЙ)

О.А. МАКАРОВ

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ М.В. ЛОМОНОСОВА,
МЕЖДУНАРОДНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ПРИРОДЫ
ОБЩЕСТВА И ЧЕЛОВЕКА «ДУБНА»

Предложена корректировка балла бонитета загрязненных почв Московской области с использованием бонити-ровочного коэффициента (Бк), созданного на основе нелинейного регрессионного анализа связи качества сельскохозяйственной продукции и ее урожайности с загрязнением почв тяжелыми металлами.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: бонитировка почв, загрязнение, тяжелые металлы, урожайность, качество сельскохозяйственной продукции.

Как известно, бонитет почвы является интегральным показателем ее плодородия [1] – одной из важнейших производственных и экологических функций почвенного покрова [2]. Кроме того, в многочисленных исследованиях установлено негативное влияние загрязнения почв сельхозугодий (относительно фоновых и предельно допустимых) токсикантами промышленного происхождения на урожайность и качество сельскохозяйственной продукции [3]. Следовательно, повышенные концентрации загрязняющих веществ в почвах должны отрицательно сказываться на их бонитете. Между тем, в действующих методиках бонитировки отсутствует механизм учета уровня загрязнения почв [1, 4], а попытки разработать эффективные методы эколого-бонитировочной оценки почв направлены на решение частных задач в разрозненных почвенно-экологических и кадастровых изысканиях [5–9].

Целью работы явилось проведение бонитировочной оценки почв сельскохозяйственных угодий Московской области, разработка и апробация методики учета загрязненности почв тяжелыми металлами

ENVIRONMENTAL ASSESSMENT OF SOIL AND LAND RESOURCES OF THE MOSCOW REGION AREA (ON THE EXAMPLE OF AGRICULTURAL LANDS)

O.A. MAKAROV

The correction of soil quality score for Moscow region using soil quality coefficient, calculated on the base of nonlinear regression analysis of association between the productivity (quality) of agricultural products and soil contamination by heavy metals is submitted to discussion.

KEYWORDS: assessment of soil quality, pollution, heavy metals, productivity, quality of agricultural production.

(ТМ) 1-го и 2-го класса опасности при проведении их бонитировки.

МЕТОДИКА

В качестве объектов исследования выступили почвы земельных участков (всего 131 участок) Московской области. Их бонитировочная оценка проводилась по данным, предоставленным ООО НПИ «Гипрозем», и результатам собственных исследований в Одинцовском, Люберецком, Подольском, Серпуховском районах. Методической основой для проведения работ послужили «Методические рекомендации по выявлению деградированных и загрязненных земель» (1996); ГОСТ 17.4.3.01.2-83 «Охрана природы. Почвы. Общие требования к отбору проб». Результаты измерения концентрации ТМ сопоставлялись с соответствующими величинами ориентировочно-допустимых концентраций (ОДК), дифференцированными в зависимости от гранулометрического состава и кислотности почв [10].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В системе природно-сельскохозяйственного районирования территория Московской области относится к двум зонам – южнотаежно-лесной и лесостепной [9, 11]. В составе южнотаежно-лесной зоны в пределах области выделяются три района (Северный, Северо-Западный, Восточный) с дерново-подзолистыми почвами и один район (Юго-Западный) – с дерново-подзолистыми и серыми лесными почвами. Почвы лесостепной зоны представлены среднесуглинистыми серыми лесными почвами, оподзоленными и выщелоченными черноземами (Южный район).

Бонитировочная оценка почв сельхозугодий Московской области

Баллы бонитета по отдельным почвенным свойствам (рН солевой вытяжки, сумма обменных оснований, содержание обменного калия, содержание подвижного фосфора, содержание гумуса и мощность гумусового горизонта, содержание физической глины) рассчитывали как процентное отношение значения показателя рассматриваемого свойства в исследуемой почве к соответствующему значению в эталонной почве [1, 12].

$$B = \left(\frac{\Pi}{\Pi_э} \right) \times 100 \quad (1),$$

где Π – значение показателя для исследуемой почвы; $\Pi_э$ – значение показателя для эталонной почвы. За эталонную почву был принят выщелоченный среднетощный среднегумусный чернозем.

Итоговый почвенный балл рассчитывался как среднее из баллов по отдельным свойствам почв, класс бонитета определялся диапазоном, в который попал итоговый балл (например, первый класс бонитета соответствует диапазону 1 – 10 баллов, второй класс – диапазону 11 – 20 баллов и т.д.).

Проведенная бонитировочная оценка показала, что исследованные участки в различных районах Московской области в основном характеризуются 4-ым и 5-ым классами бонитета. Шестой класс бонитета был присвоен следующим всем участкам Серпуховского района; трем участкам Солнечногорского, Наро-Фоминского районов; четырем участкам Балашихинского, Ленинского районов; 6-ти участкам Одинцовского района, 7-ми участкам Истринского и Коломенского районов. Седьмой класс бонитета был получен для всех исследуемых участков в Каширском районе.

Корректировка результатов бонитировки почв на основе сведений об их загрязненности тяжелыми металлами

Поскольку часть исследованных почв загрязнена ТМ, что приводит к ухудшению качества и падению урожайности сельскохозяйственных культур, представляется целесообразным оценку бонитета таких почв проводить с учетом содержания в них ТМ. С этой целью была разработана методика расчета корректирующего бонитировочного коэффициента B_k

на основе нелинейного регрессионного анализа связи качества и урожайности сельскохозяйственных культур с содержанием кадмия, свинца, цинка, меди в почвах. Качество культуры оценивали по содержанию в продукции ТМ.

При расчете B_k использовали данные, полученные для пшеницы, картофеля и многолетних трав как основных культур, возделываемых на этой территории, при выращивании их на дерново-подзолистых и черноземных почвах, в разной степени загрязненных ТМ [13–16].

При расчете B_k прежде всего был определен вид зависимостей урожайности и качества сельхозпродукции от содержания тяжелых металлов в почвах было предложено модифицированное уравнение Ричардса [6, 17, 18]:

$$y(x) = \frac{P_1}{1 \exp(P_2 + P_3 x + P_4 x^2)} + P_5 x + P_6 \quad (2),$$

где y – урожайность (качество содержание ТМ в растениях) сельскохозяйственной продукции; x – концентрация тяжелого металла в почве; P_1 – максимальный уровень y ; P_2, P_3, P_4 – параметры, описывающие положение и крутизну кривой; P_5, P_6 – минимальные значения y при больших значениях x .

Опираясь на положение о связи бонитета почвы с урожайностью сельскохозяйственных культур и их качеством [1], был выведен корректирующий бонитировочный коэффициент B_k :

$$B_k = \frac{B_{ур. пшеница} \times B_{кач. пшеница} + B_{ур. картофель} \times B_{кач. картофель} + B_{ур. мн. травы} \times B_{кач. мн. травы}}{3} \quad (3),$$

где B_k – корректирующий бонитировочный коэффициент, учитывающий потенциальную урожайность и качество сельскохозяйственных культур с учетом загрязненности почв тяжелыми металлами (B_k может принимать значения от 0 до 1,1);

$B_{ур. пшеница, картофель, мн. травы}$ – урожайность пшеницы, картофеля, многолетних трав с учетом загрязненности почв тяжелыми металлами, в условных единицах – баллы по урожайности могут принимать значения от 0 до 1,16 (0–116 %);

$B_{кач. пшеница, картофель, мн. травы}$ – качество пшеницы, картофеля, многолетних трав с учетом загрязненности почв тяжелыми металлами, баллы по качеству могут принимать значения 0 или 1 (0% или 100 %).

Итоговый бонитировочный балл рассчитывали по уравнению (4):

$$B_{обш.} = B \times B_k \quad (4),$$

где $B_{обш.}$ – итоговый бонитировочный балл с учетом

загрязненности почв; Б – бонитировочный балл, рассчитанный по формуле (1); Бк – корректирующий бонитировочный коэффициент, рассчитанный по формуле (3).

Определение Бк почв отдельных участков, расположенных в различных районах Московской области. Расчет бонитировочного коэффициента Бк почв отдельных участков сельхозугодий, расположенных в различных административных и природно-сельскохозяйственных районах Московской области, выявил следующие закономерности, представленные в таблице 1.

1) наименьшее значение Бк было получено для почв некоторых участков сельхозугодий, расположенных в Восточном (Балашихинский, Люберецкий, Щелковский районы) и Юго-западном природно-сельскохозяйственных районах (Ленинский и Подольский районы). Для исследованных участков в Балашихинском

районе значения Бк варьируют в пределах от 0,31 до 0,99, в Люберецком районе – от 0,33 до 0,98, в Щелковском – от 0,65 до 0,99, в Ленинском – от 0,69 до 0,99, Подольском – от 0,66 до 0,98.

2) в целом для почв большей части исследуемых отдельных участков сельхозугодий Московской области были получены высокие значения корректирующего бонитировочного коэффициента (диапазон изменения 1 – 1,04).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ текущей экологической обстановки сельхозугодий Московской области выявил значительный уровень загрязнения тяжелыми металлами 1-го и 2-го класса опасности в почвах районов, прилегающих к мегаполису, где содержание свинца доходит до 4,1 ОДК, кадмия – 7,2 ОДК, меди – 4,7 ОДК, цинка

ТАБЛИЦА 1.

Результаты бонитировки почв и их корректировки на основе применения Бк (извлечения)

Районы	№ участка	Бонитировочный балл почв с/х угодий	Класс бонитета	Значение Бк	Скорректированная величина балла бонитета	Скорректированная величина класса бонитета
Северо-Западный Истринский	10	48,6	5	1,01	49,1	5
	11	49,2	5	1,01	49,7	5
	12	36,3	4	1,02	37	4
	13	31,1	4	1,01	31,4	4
	14	43,1	5	1,01	43,5	5
	15	33,2	4	1,01	33,5	4
	16	52,6	6	1,01	53,1	6
	17	53,7	6	1,01	54,2	6
	18	52,7	6	1,01	53,2	6
	19	42,6	5	1,02	43,4	5
	20	36,1	4	1,01	36,5	4
	22	39,9	4	1,01	41,1	5
	23	35,6	4	1,01	36	4
	30	69,7	7	1,02	71	7
	34	53,6	6	1,02	54,7	6
	35	53,6	6	1,04	55,7	6
	36	46,4	5	1,02	47,3	5
	37	54,8	6	1,02	55,9	6
	38	49,1	5	1,02	50	5
	39	59,1	6	1,02	60,3	6
40	47,9	5	1,02	48,8	5	
41	47,8	5	1,03	49,2	5	
42	49,5	5	1,02	50,5	5	
43	46,8	5	1,02	47,7	5	
45	46,7	5	1,01	47,2	5	
49	56,3	6	1,01	56,8	6	

Районы	№ участка	Бонитировочный балл почв с/х угодий	Класс бонитета	Значение Бк	Скорректированная величина балла бонитета	Скорректированная величина класса бонитета	
Юго-Западный	Ленинский	51	58,7	6	1,01	59,3	6
		52	49,1	5	1,02	50	5
		53	49,2	5	1,02	50,2	5
		54	50,8	5	1,02	51	5
		55	50	5	0,99	49,5	4
		59	37,7	4	1,01	38,1	4
		60	46,1	5	1,02	47	5
		61	37,8	4	0,69	26,1	3
		62	30,3	3	1,01	30,6	3
		63	30,4	2	1,01	30,7	3
	64	38,6	4	0,99	38,2	4	
	Подольский	115	49,1	5	0,65	32	4
		116	53,1	6	0,66	35	4
		117	51,1	6	0,98	50	5
121		54,3	6	1,01	54,8	6	
Восточный	Люберецкий	66	30,6	4	0,33	11	2
		67	37,2	4	0,33	12,3	2
		68	37,4	4	0,65	24,3	3
		69	35,6	4	0,98	34,5	4
		70	41,8	5	0,98	41	5
	Балашихинский	1	57,5	6	0,33	19	2
		2	42,1	5	0,31	13,1	2
		3	53,2	6	0,83	44,1	2
		4	52,7	6	0,99	52,2	6
		5	42,8	5	0,76	32,6	4
		6	45,7	5	1	45,7	6
		7	51,8	6	0,97	50	5
		8	46,9	5	0,96	45	5
		129	45,3	5	0,65	29,5	3

* - Щелковский район

– 3,2 ОДК. Предположительный механизм загрязнения наряду с аэральным привносом и воздействием транспорта – использование ОСВ в качестве нетрадиционных средств химизации (Балашихинский, Люберецкий, Раменский районы).

Было обнаружено, что дерново-подзолистые почвы, преобладающие на территории Московской области, характеризуются главным образом 4-ым и 5-ым классами бонитета; 6-й и 7-ой классы бонитета были рассчитаны для почв Серпуховского, Каширского и Серебряно-Прудского районов (территории преимущественного распространения серых лесных и черноземных почв).

Предложена методика эколого-бонитировочной оценки почв сельхозугодий, учитывающая характери-

стики их производственных функций в агроэкосистемах. Максимальное снижение балльной оценки при корректировке с помощью Бк (30%–74%) было проведено для почв некоторых сельхозугодий Люберецкого, Балашихинского, Щелковского, Ленинского, Подольского, Раменского районов. Для почв сельхозугодий, преимущественно находящихся в северном, северо-западном и южном природно-сельскохозяйственных районах, исходный балл оставался неизменным или увеличивался.

ЛИТЕРАТУРА

1. Востокова Л.Б., Якушевская И.В. Бонитировка почв. М.: Изд-во МГУ, 1979. 102 с.
2. Добровольский Г.В., Никитин Е.Д. Функции

- почв в биосфере и экосистемах. М.: Наука, 1990. 270 с.
3. **КАБАТА-ПЕНДИАС А., ПЕНДИАС Х.** Микроэлементы в почвах и растениях. М.: Мир, 1989. 439 с.
 4. Теоретические основы и пути регулирования плодородия почв. Шишов Л.А., Дурманов Д.Н., Карманов И.И., Ефремов В.В. М.: Агропромиздат, 1991. 304 с.
 5. Временная система показателей комплексного почвенно-экологического и оценочно-кадастрового обследования сельскохозяйственных угодий Московской области для определения их непригодности использования в сельскохозяйственном производстве. Утверждена распоряжением № 24 Минсельхозпрода МО от 27.05.2005.
 6. **МАКАРОВ О.А.** Почему нужно оценивать почву (состояние, качество почвы: оценка, нормирование, управление, сертификация). М.: Издательство МГУ, 2003. 259 с.
 7. Оценка экологического состояния почвенно-земельных ресурсов региона в зонах влияния промышленных предприятий (на примере Тульской области). Под общей редакцией академика РАН Г.В. Добровольского, С.А. Шобы. М.: Изд-во МГУ, 1999. 252 с.
 8. Приказ Минэкономразвития РФ от 04.07.2005 №145 (ред. от 08.07.2011) «Об утверждении Методических рекомендаций по государственной кадастровой оценке земель сельскохозяйственного назначения».
 9. Почвенная карта Московской области под редакцией А. И. Сагалкина. 1985. Масштаб 1: 300 000.
 10. ГН 2.1.7.2042-06 «Ориентировочно допустимые концентрации (ОДК) химических веществ в почве». Утверждены Постановлением Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека от 23 января 2006 г. № 2.
 11. Почвы Московской области и их использование. Т. 1, Т. 2. / Почв. ин-т им. В.В. Докучаева, НИИСХ центр, р-нов Нечернозем. зоны. Отв. ред. Войтович Н.В., Шишов Л.А. М., 2002.
 12. **ШИШКИНА Н.Г.** Опыт бонитировки почв Московской области. Дисс. на соиск. степ. к. б. н. М.: МГУ, 1972. 184 с.
 13. **ГОЛОВАТЫЙ С.Е., ЖИГАРЕВ П.Ф., ПАНКРУТСКАЯ Л.И.** Поступление кадмия в сельскохозяйственные растения // Агрехимия. 2000. № 1. С. 81–85.
 14. **ИЛЬИН В.Б.** О надежности гигиенических нормативов содержания тяжелых металлов в почве // Агрехимия. 1992. № 12. С. 78–85.
 15. **СТЕПАНОВА М.Д.** Подходы к оценке загрязнения почв и растений тяжелыми металлами // Химические элементы в системе почва-растение. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1982. С. 92–105.
 16. **ЧЕРНЫХ Н.А., МИЛАШЕНКО Н.З., ЛАДОНИН В.Ф.** Экотоксикологические аспекты загрязнения почв тяжелыми металлами. М.: Изд-во ОНТИ ПНЦ РАН, 2001. 149 с.
 17. **ВИНОГРАДОВ Б.В.** Основы ландшафтной экологии. М.: ГЕОС, 1998. 418 с.
 18. **ВОРОБЕЙЧИК Е.А., САДЫКОВ О.Ф., ФАРАФОНТОВ М.Г.** Экологическое нормирование техногенных загрязнений наземных экосистем. Екатеринбург: Наука, 1994. 280 с.
 19. СанПиН 2.1.7.573-96 «Санитарная охрана почвы. Гигиенические требования к использованию сточных вод» (Приложение 17 – «Временный максимальный допустимый уровень (МДУ) некоторых химических элементов в кормах для сельскохозяйственных животных, мг/кг корма» №123-41-81 от 15.07.1987).
 20. СанПиН 2.3.2.1078-01 Гигиенические требования к безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов.

Олег Анатольевич Макаров

д.б.н., профессор кафедры земельных ресурсов и оценки почв факультета почвоведения Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова, ГБОУ ВПО МО «Международный университет природы, общества и человека «Дубна»

☎ 119234, г. Москва, Ленинские горы, д. 1, стр. 12,
тел.: +7 (903) 708-88-43, e-mail: oa_makarov@mail.ru