

ОБЗОРЫ

УДК 631.95 : 631.45 : 631.6.02

doi: 10.30766/2072-9081.2018.67.6.04-16

Подходы к выбору показателей и опыт оценки способности почвенного покрова к выполнению общебиосферных функций (аналитический обзор)

В.И. Титова

ФГБОУ ВО «Нижегородская государственная сельскохозяйственная академия»,
г. Нижний Новгород, Российская Федерация

Проведен анализ научных публикаций по народно-хозяйственной и экономической значимости оценки уровня плодородия и качества почв земель сельскохозяйственного назначения в технологических и стоимостных показателях. Отмечено, что исследования по почвам с учетом возможности выполнения ими общебиосферных функций в настоящее время актуальны не только с теоретических позиций, но с практической точки зрения. Они востребованы государственными природоохранными органами при выполнении контрольно-надзорных функций и имеют большую ценность для правообладателей на земельные участки при организации аренды и переходе прав на земельные участки на этапе эколого-экономической оценки стоимости земель сельхозназначения. В качестве показателей, позволяющих оценить способность почв к выполнению общебиосферных функций, предлагается использовать данные по содержанию в почве органического вещества и основных элементов питания. Экономическая оценка поддержания общебиосферных функций почвы может быть проведена по приросту содержания гумуса, а также подвижных соединений фосфора и калия за определенный период времени, и затратам на применение органических (навоза) и минеральных удобрений (суперфосфата и хлористого калия) для обеспечения этого прироста. На примере одного из хозяйств Нижегородской области рассчитана сумма затрат на поддержание плодородия почвы (оподзоленного чернозема) как компонента окружающей среды и гаранта обеспечения почвой биогеоценотических функций, которая в расчете на один гектар составила 2 259,5 руб./год.

Ключевые слова: почвенный покров, плодородие, гумус, подвижный фосфор и калий, затраты на поддержание общебиосферных функций почвы

В настоящее время почвенному покрову уделяется особое внимание не только как основному средству производства в отрасли агропромышленного комплекса, но и как компоненту окружающей среды, который выполняет ряд общебиосферных функций, определяющих жизнь на Земле. Существенная роль почвы в сельскохозяйственном производстве при решении проблемы обеспечения человечества продовольствием при этом отмечается априори [1, 2], а также подчеркивается значимость почв в сохранении качества и безопасности среды обитания всего живого на Земле [3, 4]. Многие из современных научных публикаций касаются теоретических аспектов возможности выполнения почвой биогеоценотических функций [5, 6, 7, 8], есть публикации с характеристикой проблемы всевозрастающей деградации почв под влиянием научно-технического прогресса, следствием чего зачастую бывает переэксплуатация земельных ресурсов (агроистощение почв), техногенное нарушение и загрязнение почвенного покрова [9]. Антропогенный пресс, таким образом, негативно влияет не только на плодородие, но и в целом на способность почвенной биологической системы к самовосстановлению и выполнению общебиосферных функций.

Важность и необходимость исследований почв с биосферных позиций четко формулируется как отдельными авторами, так и прослеживается в публикациях целых научных коллективов [10]. Во многих публикациях отмечается повсеместное накопление в агробиогенезах вредителей, болезней и сорняков [11, 12, 13, 14, 15], что снижает устойчивость компонентов агроэкосистемы к внешним воздействиям и способность к поддержанию общебиосферных функций. Систематическое применение удобрений также вносит свою долю отрицательного влияния химизации земледелия на возможность сохранения почвой биогеоценотических функций как минимум из-за нарушения микробиологического состояния почвы [16, 17, 18].

Здесь следует отметить, что по комплексу агрохимических показателей почвенное плодородие человек научился оценивать достаточно давно. В настоящее время есть предложения по включению в процедуру оценки качества почв показателей степени деградации почв под воздействием комплекса антропо- и техногенных факторов [19, 20]. Возникает необходимость и в подборе показателей для оценки способности почвы к выполнению биогеоценотических функций. Причем эти показатели состояния почвы должны быть достаточно просты в коли-

качественном определении, доступны для пользования и пригодны к стоимостной оценке. В этом плане основные агрохимические показатели – содержание гумуса, реакция среды и содержание подвижных соединений фосфора и калия – однозначно могут служить основой оценки способности почвы не только к проявлению свойств плодородия, но и к выполнению ею общебиосферных функций. Это возможно, так как именно эти показатели принципиально могут быть оценены в стоимостных единицах как по урожайности культур, так и по затратам на поддержание питательных свойств (внесение органических и минеральных удобрений) и реакции среды (химическая мелиорация) почвы.

Цель исследований – поиск показателей для оценки способности почвы к выполнению ею общебиосферных функций, позволяющих выразить эту способность не только в технологических функциях плодородия, но и в адекватных стоимостных единицах.

В задачи исследования входила оценка состояния почвенного покрова отдельного хозяйства по основным агрохимическим показателям в динамике за ряд лет (*этап 1*) и определение суммы затрат на поддержание в почве оптимальных величин агрохимических показателей (показателей плодородия), позволяющих не только получать планируемый урожай, но и выполнять общебиосферные функции (*этап 2*).

Объект исследования. Обследуемый участок общей площадью 1316 га расположен в юго-восточной части Арзамасского района Нижегородской области, территория относится к IV агроклиматическому району области, характеризующемуся умеренно тёплым и незначительно засушливым климатом. Гидротермический коэффициент составляет 1,2.

Оподзоленные черноземы объекта исследования сформировались на лессовидных суглинках и глинах Арзамасского плато, под дубравными лесами, которые постепенно сменила пашня с островками дубравных рощ. По гранулометрическому составу исследуемые почвы тяжело- и среднесуглинистые.

Материал и методы. Важным моментом при проведении работ по оценке состояния почвенного покрова является выбор не только оценочных показателей, но и критериев для их качественной оценки, а также доступности справочно-регламентирующей или

статистической информации для оценочных заключений. Объективность оценки при этом в сильной степени будет зависеть от того, насколько всесторонне выбранные показатели описывают объект исследования (почвы конкретного участка по состоянию на конкретную дату). В данном случае для подготовки заключения были использованы результаты обследования почв земельного участка в 2016 году в сравнении с данными предыдущего агрохимического обследования¹.

Отбор почвенных проб проведен по ГОСТ 28168-89. Все аналитические работы выполнены в соответствии с методическими рекомендациями ВНИИА им. Д.Н. Прянишникова [21], результаты исследований математически обработаны с использованием метода вариационной статистики [22] и программного обеспечения Microsoft Office Excel 2007.

Результаты и их обсуждение. Оценка состояния почвенного покрова хозяйства по основным агрохимическим показателям – *Этап 1*.

Согласно данным лабораторных исследований почвенных образцов (табл. 1, 2), среднее содержание гумуса в 2009 году (по результатам последнего цикла обследования) на исследуемой территории составило 4,05%, что, учитывая группировку почв по данному показателю, позволяет трактовать это как средний уровень обеспеченности органическим веществом. При этом четыре участка из пятнадцати относились к группе малообеспеченных гумусом земель, тогда как остальные одиннадцать – к группе со средним уровнем содержания гумуса. Показатели содержания гумуса на отдельных участках варьировали незначительно (от 3,5 на минимуме до 4,5 на максимуме), коэффициент вариации составил 7%, что говорит о достаточной выравненности рассматриваемой характеристики без существенных колебаний значений на отдельных участках.

Данные анализов почвенных образцов в 2016 году свидетельствуют о том, что среднее содержание гумуса на территории выросло до отметки в 4,1%, причём произошло это за счёт повышения общего уровня обеспеченности органическим веществом почти на всех участках, а не резкого увеличения данного показателя на отдельно взятых полях. На большей части участков (11 из 15) наблюдается

¹Материалы агрохимического обследования сельскохозяйственных угодий ООО «Латкин» Арзамасского района Нижегородской области. Центр агрохимической службы «Нижегородский», 2009 г.

отчётливая тенденция к увеличению или же сохранению прежнего уровня содержания гумуса в почве. Это нашло отражение и в сузившемся диапазоне его абсолютных зна-

чений (от 3,9 до 4,4%), и в ставшем значительно меньшим коэффициенте вариации (4%), характеризующем разброс численных данных как небольшой.

Таблица 1

Агрохимическая характеристика почв

№№ участка	Содержание гумуса, %		Реакция среды, ед. pH		Содержание, мг/кг			
					подвижного фосфора		подвижного калия	
	2009 г.	2016 г.	2009 г.	2016 г.	2009 г.	2016 г.	2009 г.	2016 г.
48	4,1	4,2	5,5	5,5	302	280	303	240
36	4,0	4,0	5,6	5,4	149	177	93	114
39	4,1	3,9	4,8	5,0	89	160	71	110
40	4,1	4,2	5,5	5,2	189	204	128	170
41	3,5	3,9	5,4	5,2	220	259	132	156
39	4,1	4,1	4,8	4,9	89	195	71	138
38	4,1	4,1	5,3	5,3	258	260	101	97
37	4,5	4,3	5,2	5,4	150	180	91	140
59	3,9	4,0	6,1	5,8	316	266	119	145
56	4,2	4,2	5,9	5,9	235	240	132	116
57	4,3	4,4	5,4	5,5	154	201	97	115
58	3,6	4,0	5,1	5,2	138	179	166	170
76	4,4	4,1	5,6	5,5	245	260	111	145
47	4,0	4,0	6,0	5,7	108	174	106	113
45	3,8	3,9	5,6	5,1	318	276	158	190

Причиной увеличения среднего содержания гумуса на исследуемой территории на столь небольшую величину, очевидно, явилось использование землепользователем органических удобрений только в форме соломы и сидератов, без внесения навоза. При внесении соломы в почву в ней, действительно, усиливается общая биологическая и ферментативная активность, почва обогащается аминокислотами, витаминами и другими физиологически активными веществами, благотворно влияющими на развитие растений, в приповерхностном слое почвы и воздуха повышается содержание углерода. Все отмеченное в целом стимулирует наращивание зелёной массы сельскохозяйственных культур и увеличение содержания гумусовых веществ, но в значительно меньшей степени, чем если бы органические удобрения применялись в форме навоза. Гумусовые вещества, в свою очередь, являются основными источниками почвенного плодородия ввиду множественности своих функций, включающих в себя как питание растений, так и структуру почвы и её благоприятные физико-химические свойства, а также способствуют повышению устойчивости почвы как сложной открытой системы в части круговорота элементов питания и воды [23, 24].

Согласно данным агрохимического обследования 2009 года, обменная кислотность почвы (pH солевой вытяжки) оценивается в среднем 5,45 единиц pH, с колебаниями от 4,8

до 6,1 единиц. Коэффициент вариации невысокий – 7,0%. К 2016 году среднее значение величины pH немного снизилось, достигнув отметки в 5,37 единиц. Диапазон значений – от 4,9 до 5,9 с коэффициентом вариации 5,0%. Нельзя не отметить в то же время некоторое повышение кислотности на отдельных участках, хотя присутствует и движение показателя pH к нейтральной области.

В целом показатель обменной кислотности исследуемой территории за период 2009-2016 гг. оставался стабильным, варьировал крайне незначительно и не выходил за пределы слабой кислотности по группировке (5,1-5,5). Нельзя не подчеркнуть при этом, что слабокислая реакция среды является типичной для оподзоленных черноземов: она сложилась под влиянием целого комплекса природно-исторических факторов, поэтому её сохранение – важное мероприятие с точки зрения охраны природы и поддержания экологических свойств почвы. Учитывая специализацию конкретного хозяйства (производство картофеля), технология возделывания которого предусматривает сохранение кислотности почвы на уровне слабокислой (культура картофеля слабо чувствительна к кислотности и толерантна к подобным её значениям), такие значения pH солевой вытяжки можно трактовать как вполне удовлетворительные.

Таблица 2
Результаты математической обработки данных агрохимической характеристики почвы

Показатель	Содержание гумуса, %		Реакция среды, ед. pH		Содержание, мг/кг			
	2009 г.		2009 г.		подвижного фосфора		подвижного калия	
	2009 г.	2016 г.	2009 г.	2016 г.	2009 г.	2016 г.	2009 г.	2016 г.
Lim	3,5-4,5	3,9-4,4	4,8-6,1	4,9-5,9	89-318	160-280	71-303	97-240
M±m	4,05±0,10	4,10±0,05	5,45±0,10	5,37±0,10	197,3±21,3	220,7±11,5	123,5±15,0	143,9±10,0
V, %	7,0	4,0	7,0	5,0	40,0	20,0	45,0	26,0

Условные обозначения: Lim – размах варьирования; M – среднее арифметическое; m – ошибка средней арифметической; V – коэффициент вариации признака

Среднее содержание подвижного фосфора в 2009 году характеризовалось по группировке как высокое (197,3 мг/кг), значительно варьируя от среднего (89 мг/кг) до очень высокого (318 мг/кг) на отдельных участках, что свидетельствует о высокой степени неоднородности обеспеченности этим элементом питания территории исследований. В 2016 году среднее содержание подвижного фосфора возросло до 220,7 мг/кг (высокое содержание), при этом оно варьировало в пределах 160-280 мг/кг. Коэффициент вариации в содержании подвижного фосфора снизился вдвое по сравнению с данными последнего цикла агрохимического обследования: пестрота по обеспеченности элементом уменьшилась, и обеспеченность им выравнивалась (все участки достигли высокого или очень высокого уровня).

Здесь следует еще раз обратить внимание на то, что применение фосфорных удобрений крайне важно не только для ведения сельскохозяйственного производства и получения продукции культурных растений, но и с точки зрения сохранения благополучия почвенно-биотического комплекса в целом. Фосфор, как биогенный элемент, участвует в энергетических обменных процессах, является компонентом наследственной информации и в значительной степени определяет рост и развитие педобионтов. В данном случае, удержанию его в почве на достаточно высоком уровне способствует и гранулометрический состав почв конкретной территории (тяжелосуглинистый), т.к. глина лессовидных суглинков (материнская порода для почв данной территории), будучи химически активной, имеет высокий запас активного (адсорбированного) фосфора. Запасы фосфора, доступные растениям, на таких почвах обычно выше, нежели на почвах, песчаных по гранулометрическому составу.

Учитывая, что часть легкорастворимого фосфора усваивается растениями и постоянно отчуждается из почвы с урожаем выращиваемых культур, нужно подчеркнуть актуальность применения фосфорсодержащих удобрений на пахотных землях. При этом увеличение содержания подвижных фосфатов в почве в целом оправданно не только с агрономических, но и с эколого-биологических позиций, т.к. фосфор становится своеобразным фундаментом для развития всего сложного комплекса почвенных организмов, определяющих превращение и накопление питательных элементов внутри системы.

Другой важный для всех без исключения компонентов почвенных сообществ и фитоценозов химический элемент – калий – на момент агрохимического обследования в 2009 году в среднем по исследуемой территории характеризовался значением 123,3 мг/кг (повышенная обеспеченность), варьируя в пределах 71-303 мг/кг. В 2016 году среднее содержание увеличилось и составило 143,9 мг/кг при диапазоне 97-240 мг/кг. Высокое содержание калия в почве обусловлено картофелеводческой специализацией хозяйства, так как культура картофеля весьма требовательна к этому элементу питания, потребляя его на всём протяжении своего развития и используя его для увеличения обводненности тканей и увеличения доли сухого вещества. При достаточном калийном питании повышается устойчивость растений к различным заболеваниям, калий положительно влияет на прочность стеблей и устойчивость растений к полеганию, на выход и качество волокна, обмен

веществ и водный обмен. За счёт возвращения в почву клетчатки растений калий также косвенно участвует в воспроизведении почвенного плодородия, так как именно разложение целлюлозы является первым звеном в цепи превращения веществ, итогом которой становится синтез предшественников гумуса. Часть калия также удерживается в почвенном растворе или адсорбируется на поверхности глинистых минералов, интенсивно потребляясь всеми живыми организмами, поэтому обеспечение достаточных значений именно обменного, способного к передвижению калия особо важно.

Не менее велика и значима в жизни почвенных организмов и сохранении устойчивости экосистемы роль физико-химических свойств почвы – совокупности характеристик, определяющих способность почвы поддерживать физико-химическое равновесие между фазами, составом почвенных растворов и поглощенных оснований в почвенном погло-

щающем комплексе, кислотно-щелочной и окислительно-восстановительный потенциал, состав и количество доступных растению питательных веществ, буферность почв. Все это повышает способность почвы противостоять изменению своих свойств при поступлении в нее веществ извне.

Показатель гидролитической кислотности на исследуемой территории в 2009 г. (табл. 3, 4) составлял в среднем 4,04 ммоль на 100 г почвы (группа среднекислых), изменяясь в диапазоне от 1,90 до 6,05 (коэффициент вариации 30%, что говорит о сильной неоднородности по данной характеристике). К 2016 году эта величина изменилась (4,26 ммоль на 100 г почвы), продолжая при этом оставаться в рамках среднекислой группы почв по классификации ЦИНАО. Однако интервал значений по отдельным участкам сузился (3,0-5,4 ммоль на 100 г почвы) и стал более сглаженным.

Таблица 3

Динамика показателей, характеризующих устойчивость почв к антропогенному воздействию

№№ участка	Гидролитическая кислотность		Сумма поглощенных оснований		Емкость поглощения		Степень насыщенности почвы основаниями, %	
	ммоль/100 г						2009 г.	2016 г.
	2009 г.	2016 г.	2009 г.	2016 г.	2009 г.	2016 г.		
48	3,96	4,3	24,2	24,3	28,2	28,6	85,9	85,0
36	3,60	3,5	21,5	21,5	25,1	25,0	85,7	86,0
39	5,68	5,4	18,2	19,4	23,9	24,8	76,2	78,2
40	3,85	4,0	19,3	21,2	23,2	25,2	83,4	84,1
41	4,05	4,2	18,8	20,2	22,9	24,4	82,3	82,8
39	5,68	5,4	18,2	20,3	23,9	25,7	76,2	80,0
38	5,15	5,0	22,1	21,3	27,2	26,3	81,1	81,0
37	6,05	5,2	24,5	25,5	30,6	30,7	80,2	83,1
59	2,20	4,1	28,2	24,8	30,4	28,9	92,8	85,8
56	3,16	3,5	27,8	26,2	30,9	29,7	89,8	88,2
57	3,93	4,2	26,1	27,0	30,0	31,2	86,9	86,5
58	4,92	5,0	21,2	22,1	26,1	27,1	81,2	81,5
76	3,37	3,9	25,9	26,2	29,2	30,1	88,5	87,0
47	1,90	3,2	26,6	24,5	28,5	27,7	93,3	88,4
45	3,09	3,0	22,2	22,4	25,3	25,4	87,8	88,2

В целом же гидролитическая кислотность исследуемой территории по своим численным значениям не выходит за пределы типичной для оподзоленных чернозёмов, не превышая даже на отдельных участках 7 ммоль на 100 г почвы. Очень сдержанное, небольшими дозами, систематическое из-

весткование почв в хозяйстве способствует подавлению негативного действия катионов водорода и алюминия в почвенном поглощающем комплексе, увеличению темпов нитрификации и аммонификации, формированию водопрочной структуры и увеличению поглотительной способности почв.

Таблица 4
Результаты математической обработки показателей, характеризующих устойчивость почв к антропогенному воздействию

Показатель	Гидролитическая кислотность		Сумма поглощенных оснований ммоль/100 г		Емкость поглощения		Степень насыщенности почв основаниями, %	
	2009 г.	2016 г.	2009 г.	2016 г.	2009 г.	2016 г.	2009 г.	2016 г.
	1,90-6,05	3,0-5,4	18,2-28,2	21,2-27,2	22,9-30,9	24,8-31,2	76,2-93,3	78,2-88,2
Lim								
M ± m	4,04±0,3	4,26±0,2	23,0±0,9	23,1±0,6	27,0±0,7	27,4±0,7	84,7±1,4	84,4±0,8
V, %	31,0	18,0	15,0	11,0	11,0	9,0	6,0	4,0

Условные обозначения: Lim – размах варьирования; M – среднее арифметическое; m – ошибка средней арифметической; V – коэффициент вариации признака

Среднее значение суммы поглощенных оснований в 2009 и 2016 годах практически не менялось (23,0 и 23,1 ммоль на 100 г почвы, высокое), однако коэффициент вариации и интервал колебаний величин суммы поглощенных оснований на отдельных участках за указанный период уменьшились. Ёмкость поглощения почвы (27,0 и 27,4 ммоль на 100 г почвы) и степень её насыщенности основаниями (84,7 и 84,4%) в среднем по всей территории также практически не менялись во времени, оставаясь на одном уровне.

Резюмируя, можно заключить, что для сохранения биосферных функций почвенного покрова и его плодородия необходимо оптимальное сочетание свойств и режимов почв, а также тщательный подбор мероприятий, обусловленных не только целями получения урожаев, но и охраной почв, что наблюдается на исследуемой территории. Для нормального развития растений и почвенных организмов, активного участия в процессах перемещения, накопления и превращения веществ почвы должны иметь достаточное количество элементов питания, небольшую плотность, достаточное количество воды и воздуха. Живые организмы, обитающие в почве и использующие ее ресурсы, не должны угнетаться неблагоприятными физико-химическими свойствами, что и реализовано на исследуемой территории.

Определение суммы затрат на поддержание в почве оптимальных величин агрохимических показателей, позволяющих поддерживать плодородие и выполнять общебиосферные функции почвенного покрова – Этап 2. Основной целью второго этапа работы было определение суммы затрат на поддержание почвенного покрова в состоянии, пригодном не только для получения сельхозпродукции (что было возможно и при уровне плодородия, которым почва характеризовалась в 2009 г.), но и для выполнения почвой как компонентом окружающей среды функций, направленных на природоохранные цели.

В Федеральном законе «Об охране окружающей среды» зафиксировано, что все компоненты окружающей среды подлежат охране, а общество в целом обязано в этих процессах активно участвовать. Так, например, в п.3. ст. 11 ФЗ есть слова: «Граждане обязаны: сохранять природу и окружающую среду; ...». Меж тем, как отмечает Г.Б. Морозов [25], обязанность обеспечения сохранности – это функция гражданско-правового договора, что предполагает возмездный характер отношений. То есть, деятельность граждан по сохранению компонентов окружающей среды может быть каким-то образом компенсирована. Другими словами, обязанность сохранения общебиосферных функций почв земель сельхозназначения, правообладателем на которые является частное или юридическое лицо, должна возлагаться на них небезвозмездно. Есть и другие публикации, в которых в настоящее время такая мысль уже отмечается [26, 27].

Однако методик, имеющих правовой статус и позволяющих дать стоимостную оценку усилиям правообладателя на земельный участок сельхозназначения по сохранению общебиосферных функций таких почв, нет. Логично возникает вопрос: как компенсировать затраты, которые понесены им исключительно для сохранения почвы земельного участка как

объекта окружающей среды с присущими ей (почве) свойствами и функциями? Но прежде всего – как оценить его затраты в этом направлении, чтобы иметь возможность хотя бы в неопределенно отдаленном времени компенсировать их собственнику земельного участка?

В литературе крайне редко встречаются предложения по использованию как отдельных параметров почвенного плодородия, так и комплекса факторов для эколого-экономической оценки стоимости сельскохозяйственных земель. Чаще всего это авторские, экспертные методики или публикации, представляющие собою алгоритм адаптации зарубежных методик по оценке стоимости земель к экологическим требованиям Российского законодательства [3, 4, 7, 8, 28, 29, 30].

Публикаций же с предложениями по экономической оценке биосферных функций почвенного покрова еще меньше. Одна из таких – статья А.В. Леднева, в которой предлагается «...в качестве основного показателя, свидетельствующего об ухудшении (улучшении) биосферных функций почв, использовать показатель содержания в них органического вещества» [26, с. 243]. В качестве дополнительных показателей для этих целей он предлагает использовать содержание основных элементов питания (прежде всего – подвижных соединений фосфора), кислотность почвы и содержание в ней различных поллютантов. В дальнейших расчетах по данной работе отдельные позиции этого подхода использованы и нами.

Поскольку обследование земель 2016 года установлено повышение содержания в почве гумуса, подвижных соединений фосфора (P_2O_5) и калия (K_2O), то в расчеты по определению затрат сельхозтоваропроизводителя на поддержание почвой биогеоценотических функций почвы взяты величины прироста именно этих показателей плодородия.

Для расчетов использованы некоторые справочные данные по способности отдельных видов органических удобрений к образованию в почве гумуса, затратам минеральных удобрений на повышение содержания в почве подвижных соединений фосфора и калия^{2,3}, а также данные из Интернет-пространства по стоимости навоза, суперфосфата или фосфоритной муки и хлористого калия.

Расчет затрат на прирост содержания гумуса. За анализируемый период времени содержание гумуса в почве возросло в среднем по участку на 0,05%, т.е. на 1500 кг гумуса в расчете на каждый гектар пашни. Однако нужно учитывать, что некоторая часть этих запасов будет обеспечивать благоприятные условия для получения урожая культурных растений, т.е. будет подвергаться параллельной минерализации новообразованных гумусовых веществ с образованием минеральных соединений азота и других химических элементов и веществ. Важной задачей синтезированного гумуса является также формирование тех показателей агрохимической характеристики почвы, которые обеспечивают общую устойчивость почвенного поглощающего комплекса. На эти нужды (функционирования агроэкосистемы), по ориентировочным расчетам, уходит порядка 25-30% новообразованных гумусовых веществ. Таким образом, на осуществление почвой своих биосферных функций можно отнести не более 70% запасов гумуса, которые удалось накопить сельхозтоваропроизводителю за анализируемый период – т.е. 70% от 1500 кг/га, что равно 1050 кг гумуса.

Известно, что одним из наиболее эффективных видов органических удобрений, способствующих повышению содержания в почве гумуса, является подстилочный навоз крупного рогатого скота. Согласно справочным данным³, из одной тонны навоза в черноземной почве образуется порядка 100 кг гумуса. Соответственно, для накопления в пахотном слое почвы на площади 1 га 1050 кг гумуса нужно внести 10,5 т навоза. Стоимость 1 т навоза на рынке колеблется по годам и хозяйствам, но для расчетов можно взять усредненную величину – 800 рублей за 1 т навоза.

Тогда сумма средств, которые сельхозтоваропроизводитель вложил за анализируемый период (с 2009 по 2016 гг.) в почву в связи с необходимостью поддержания в ней запасов гумуса и сохранения ее качества, как компонента окружающей среды, составит:

- в расчете на 1 га площади – 8400 рублей ($10,5 \text{ т} \times 800 \text{ руб./т}$) в сумме за 6 лет, или 1400 руб./га ежегодно;
- в расчете на всю площадь хозяйства за анализируемый период – 11 054 400 рублей ($8400 \text{ руб./га} \times 1316 \text{ га}$).

²Справочная книга по производству и применению органических удобрений. Владимир: ВНИПТИОУ, 2001. 495 с.

³Справочник агронома-эколога. Нижний Новгород: НГСХА, Нижегородский НИИСХ РАСХН, 2012. 75 с.

Таким образом, для поддержания запаса гумуса в почве с целью сохранения её биосферных функций, при условии активного использования почвы в земледелии, ежегодно требуется 1400 рублей в расчете на 1 га, что в сумме за 6 лет хозяйствования составило 11 054 400 рублей в расчете на площадь землепользования (1 842 400 руб./год).

Расчет затрат на прирост содержания в почве подвижного фосфора. Среднее содержание подвижного фосфора в почвах исследуемой территории с момента проведения последнего цикла агрохимического обследования увеличилось на 23,4 мг/кг. Согласно справочным данным³, на повышение содержания фосфатов в почве на 10 мг/кг необходимо внести 80 кг фосфора в виде минеральных удобрений. Для повышения содержания подвижных фосфатов в почве на 23,4 мг/кг соответственно нужно будет внести на каждый гектар 187,2 кг действующего вещества фосфорных удобрений.

Для пересчета действующего вещества в физическую массу удобрений нужно знать, какое из фосфорсодержащих удобрений будет использовано. В хозяйстве в качестве фосфорсодержащих минеральных удобрений обычно применяют сложные (комплексные) минеральные удобрения (аммофос, нитроаммофоска, диаммофоска и др.). Для расчета дозы удобрения в физической массе примем удобрение аммофос, где содержание действующего вещества достигает 52%. Тогда доза удобрения в физической массе составит 360 кг/га ($187,2 \text{ кг/га} \times 100/52$).

Из этого количества удобрений порядка 20-25% будет использовано культурными растениями для построения своего урожая (что есть задача производства сельхозпродукции), а порядка 10-15% внесенной дозы перейдет в почве в недоступные (неподвижные) формы соединений фосфора. Последнее происходит, т.к. фосфор в почве активно взаимодействует с содержащимися в чернозёме минеральными соединениями кальция и магния, вступая с ними в реакции и образуя нерастворимые соли, которые закрепляются в ней и становятся недоступными для растений, являясь фактически инертными [31, 32]. Часть внесенных фосфатов (до 20%) выносятся сорняками [12], а часть мигрирует, приводя в конечном итоге к эвтрофикации поверхностных вод [33, 34, 35, 36, 37].

Таким образом, на цели круговорота фосфора в экосистеме, обеспечения фосфором микробиоты и других живых существ из внесенных в почву 360 килограммов фосфорсодержащего удобрения в расчете на 1 га земли будет израсходовано порядка 40% (не более 45%), т.е. 162 кг. Стоимость сложных фосфорсодержащих удобрений, по данным Интернет-ресурсов, колеблется от 21500 до 31300 руб./т, составляя в среднем на настоящее время 25000 руб./т.

Тогда сумма средств, которые сельхозтоваропроизводитель вложил в почву за период с 2009 по 2016 гг. в связи с необходимостью поддержания в почве запасов подвижных фосфатов и в целом качества почвы как компонента окружающей среды, составит:

- в расчете на 1 га площади – 4050 рублей ($0,162 \text{ т} \times 25000 \text{ руб./т}$) в сумме за 6 лет, или 675 руб./га ежегодно;

- в расчете на всю площадь хозяйства за анализируемый период – 5 329 800 рублей ($4050 \text{ руб./га} \times 1316 \text{ га}$).

В целом, для поддержания запаса фосфора в почве с целью сохранения её биосферных функций, при условии активного использования почвы в земледелии, ежегодно требуется 675 рублей в расчете на 1 га, что в сумме за 6 лет хозяйствования составило 5 329 800 рублей в расчете на площадь землепользования (888 300 руб./год).

Расчет затрат на прирост содержания подвижного калия. Расчёт стоимости удобрений, необходимых к внесению для повышения содержания подвижных соединений калия в почве (на 20,4 мг/кг) проведен аналогично расчетам по фосфору. Согласно справочным данным⁴, необходимо на каждый гектар внести 80 кг действующего вещества калия, чтобы увеличить его содержание в почве на 10 мг/кг. Тогда доза удобрений, позволяющая повысить содержание подвижных соединений калия на 20,4 мг/кг, составит 163,2 кг/га. Для целей улучшения калийного состояния почв обычно используют хлористый калий (60% действующего вещества). Доза калийного удобрения в физической массе в таком случае составит 272 кг/га ($163,2 \text{ кг} \times 100/60$).

Из этого количества удобрений порядка 50-55% будет использовано культурными растениями для построения своего урожая. До 20-28% калия, внесенного в почву, используется сорным компонентом агроэкосистемы [12].

Известна способность калия к адсорбции глинистыми частицами (по необменному типу в межпакетном пространстве кристаллической решетки глинистых минералов, которыми богаты черноземные почвы хозяйства). В целом резерв калия в почве определяется многими факторами, среди которых присутствуют гранулометрический и минералогический состав, характер почвообразующей породы, тип почвообразования и др. [38]. Для данного хозяйства их набор свидетельствует о повышенной способности почв к закреплению калия удобрений в малодоступной для биоты форме.

Таким образом, на цели обеспечения калием микробиоты и других живых существ почвы из внесенных в нее 272 кг хлористого калия в расчете на 1 га земли может быть израсходовано порядка 20%, т.е. 54,4 кг хлористого калия. Стоимость хлористого калия, по данным Интернет-ресурсов, составляет в среднем 20500 руб./т. Тогда сумма средств, которые сельхозтоваропроизводитель вложил в почву за период с 2009 по 2016 гг. в связи с необходимостью поддержания в почве запасов подвижного калия и в целом качества почвы как компонента окружающей среды, составит:

- в расчете на 1 га площади – 1107 рублей ($0,054 \text{ т} \times 20500 \text{ руб./т}$) в сумме за 6 лет, или 184,5 руб./га ежегодно;

- в расчете на всю площадь хозяйства за анализируемый период – 242802 рубля ($184,5 \text{ руб./га} \times 1316 \text{ га}$).

В целом, для поддержания запаса калия в почве с целью сохранения её биосферных функций, при условии активного использования почвы в земледелии, ежегодно требуется 184,5 рублей в расчете на 1 га, что в сумме за 6 лет хозяйствования составило 24 2802 рубля в расчете на площадь земледользования (40 467 руб./год).

Заключение. 1. Сельскохозяйственная деятельность и выполняемый землепользователем комплекс агротехнических, агрохимических и мелиоративных мероприятий на земельном участке:

- позволяет поддерживать плодородие на высоком уровне, обеспечиваемом реакцией среды, запасами гумуса и элементами питания в пахотном слое почвы. За период с 2009 по 2016 гг. прирост содержания гумуса составил 0,05%, или 1500 кг/га, содержание подвижных соединений фосфора и калия повысилось в среднем по участку на 23,4 мг/кг (70,2 кг/га) и 20,4 мг/кг (61,2 кг/га) соответственно;

- благоприятствует сохранению естественных функций почвы по участию в циклах жизненно важных химических превращений благодаря сохранению характеристик почвенного поглощающего комплекса в параметрах, обеспечивающих устойчивость почв к антропогенезу;

- обеспечивает поддержание способности почвенного покрова сглаживать воздействие антропогенных факторов, рост и развитие всех живых компонентов экосистемы, что подтверждается значительным снижением пестроты почвенного плодородия.

2. В качестве показателей, позволяющих оценить способность почв к выполнению общебиосферных функций, предлагается использовать данные по содержанию в почве органического вещества и основных элементов питания. Экономическая оценка поддержания общебиосферных функций почвы может быть проведена по приросту содержания гумуса, а также подвижных соединений фосфора и калия за определенный период времени, и затратам на применение удобрений для обеспечения этого прироста.

3. Общая сумма затрат на поддержание плодородия почвы как компонента окружающей среды и гаранта обеспечения почвой биогеоценотических функций составила в расчете на 1 га площади 12 634,5 рублей в сумме за 6 лет, или 2 259,5 руб./га ежегодно.

4. Все вышеотмеченное свидетельствует о том, что почвенный покров земельного участка общей площадью 1316 га используется в сельскохозяйственном производстве с учетом норм природоохранного законодательства и с целью сохранения комплексной функции плодородия почв как гаранта выполнения почвой биогеоценотических функций на фоне получения урожая культурных растений.

Список литературы

1. Монастырский О.А., Глинушкин А.П., Соколов М.С. Проблема обеспечения продовольственной безопасности России и пути ее решения // Агрохимия. 2016. №11. С. 3-11.
2. Дрегуло А.М. Проблемы загрязнения окружающей среды осадками иловых карт различных сроков жизненного цикла // Агрохимия. 2016. №8. С. 88-92.
3. Соколов М.С., Глинушкин А.П., Торопова Е.Ю. Средообразующие функции здоровой почвы – фитосанитарные и социальные аспекты // Агрохимия. 2015. № 8. С. 81-94.

4. Семенов А.М., Соколов М.С. Концепция здоровья почвы: фундаментально-прикладные аспекты обоснования критериев оценки // *Агрохимия*. 2016. №1. С. 3-16.
5. Вернадский В.И. Биосфера и ноосфера. М.: Айрес-пресс, 2013. 469 с.
6. Добровольский Г.В., Никитин Е.Д. Сохранение почв как незаменимого компонента биосферы: Функционально-экологический подход. М.: МАИК «Наука, Интерпериодика», 2000. 185 с.
7. Титова В.И., Дабахова Е.В., Дабахов М.В. Рекомендации по оценке экологического состояния почв как компонента окружающей среды. Н. Новгород: Изд-во ВВАГС, 2004. 68 с.
8. Масютенко Н.П., Кузнецов А.В., Масютенко М.Н., Брескина Г.М., Панкова Т.И. К вопросу нормирования антропогенной нагрузки для формирования экологически сбалансированных агроландшафтов // *Достижения науки и техники АПК*. 2014. Т. 28. № 10. С. 14-17.
9. Соколов М.С., Глазко В.И. Минимизация негативных социально-экологических последствий техногенеза в агросфере России // *Агрохимия*. 2015. №3. С. 3-9.
10. Кудяров В.Н., Семенов В.М. Проблемы агрохимии и современное состояние химизации сельскохозяйственного производства в Российской Федерации // *Агрохимия*. 2014. № 10. С. 3-17.
11. Жученко А.А. Основы адаптивно-интегрированной системы защиты агроценозов, агроэкосистем и агроландшафтов от вредных видов // *Роль мобилизации генетических ресурсов цветковых растений*. Саратов, 2012. С. 180-195.
12. Конова А.М., Самойлов Л.Н. Вынос питательных веществ культурными и сорными растениями в севообороте // *Агрохимия*. 2015. №5. С. 46-53.
13. Захаренко В.А. Гербициды в интегрированном управлении сорным компонентом агроэкосистем в условиях реформирования аграрного сектора России // *Современные проблемы гербологии и оздоровление почв: материалы Междунар. научн.-практ. конф.* 21-23 июня 2016 г. Большие Вяземы: ВНИИФ, 2016. С. 36-43.
14. Delgado J.A. Crop residue is a key for sustaining maximum food production and for conservation of our biosphere // *J. Soil.Water Conserv.* 2010. V. 65(5) P. 111-116.
15. Blanco-Canqui H., Lal R. Crop residue removal impacts on soil productivity and environmental quality Critical Reviews in Plant Sciences // *Special Issue: Cacbon Sequestration*. 2009. V.28. I. 3. P. 139-163.
16. Aziz I., Ashraf M., Mahmood T., Islam K.R. Crop rotation impact on soil quality Pakistan // *J. Bot.* 2011. V. 43. I. 2. P. 949-960.
17. Cerny J., Balik J., Kulhanek M., Nedved V. The changes in microdial biomass C and N in long-term field experiments // *Plant Soil Environ.* 2008. V. 54(5). P. 212-218.
18. Kautz T., Wirth S., Ellmer F. Microbial activity in a sandy arable soil is governed by the fertilization regime Europ // *J. Soil Biol.* 2004. V. 40. P. 87-94.
19. Кирейчева Л.В., Лентяева Е.А. Восстановление антропогенно деградированных почв земель сельскохозяйственного назначения // *Агрохимический вестник*. 2016. №5. С. 2-6.
20. Титова В.И. К вопросу оценки влияния строительства и ремонта магистральных трубопроводов на почву // *Почва – национальное богатство. Пути повышения ее плодородия и улучшения экологического состояния: материалы Всеросс. научн.-практ. конф.* 2-3 июля 2015 г., Ижевск. ФГБОУ ВПО Ижевская ГСХА; ФГБНУ Удмуртский НИИСХ. Ижевск: ООО «Союз оригинал», 2015. С. 222-230.
21. Методические указания по проведению комплексного мониторинга плодородия земель сельскохозяйственного назначения. М.: ВНИИА, 2003. 195 с.
22. Дмитриев, Е.А. Математическая статистика в почвоведении. М.: Изд-во МГУ, 1995. 320 с.
23. Когут Б.М., Семенов В.М. Эволюция доминирующих парадигм в учении о гумусе и почвенном органическом веществе // *Агрохимия*. 2015. №12. С. 3-19.
24. Lal R. Soil carbon sequestration to mitigate climate chang // *Geoderma*. 2004. V. 123. P. 1-22.
25. Морозов Г.Б. Экологические опасности России – в законе! // *Экологический вестник Северного Кавказа*. 2018. Т.14. №1. С. 66-75.
26. Леднев А.В. Экономическая оценка биосферных функций почвенного покрова // *Агрохимикаты в XXI веке: теория и практика применения: материалы Междунар. научн.-практ. конф.* Н. Новгород: Нижегородская ГСХА, 2017. С. 242-246.
27. Титова В.И. Вопросы охраны почв и земель сельхозназначения в нормативно-законодательных актах Российской Федерации // *Агрохимикаты в XXI веке: теория и практика применения: материалы междунардн. научно-практич. конф.* / под общ. ред. В.И. Титовой. Н. Новгород: Нижегородская ГСХА, 2017. С. 280-283.
28. Титова В.И. К вопросу оценки ущерба окружающей среде от деградации почв // *Эволюция и деградация почвенного покрова: сб. научн. статей по матер. V Междунар. научн. конф.* Ставрополь, СтГАУ: Секвойя, 2017. С. 55-57.
29. Макаров О.А., Строков А.С., Цветнов Е.В., Бондаренко Е.В., Кубарев Е.Н., Чистова О.А., Ермияев Я.Р. Апробация методики эколого-экономической оценки деградации земель // *Агрохимический вестник*. 2017. №3. С. 55-59.
30. Макаров О.А., Цветнов Е.В., Строков А.С., Кубарев Е.Н., Абдулханова Д.Р. «Нерыночная» сущность рыночных отношений в сфере землепользования / *Агрохимический вестник*. 2018. №2. С. 24-28.

31. Карпова Д.В., Чижикина Н.П., Колобова Н.А., Кононенко В.В. Анализ состояния фосфора в агросерых почвах Владимирского ополья // *Агрохимический вестник*. 2016. № 3. С. 15-19.

32. Кудеярова А.Ю. Хемосорбция фосфат-ионов и деструкция органоминеральных сорбентов в кислых почвах // *Почвоведение*. 2010. №6. С. 681-697.

33. Пуховский А.В. Проблемы государственной экологической экспертизы фосфорных удобрений // *Агрохимический вестник*. 2015. №2. С. 34-36.

34. Демидов В.В., Мушаева Т.Н. Миграция химических веществ в период весеннего снеготаяния на территории аграрного ландшафта // *Агрохимия*. 2016. №7. С. 66-71.

35. Maguire R.O., Sims J. T., Foy R. H. Long-term kinetics for phosphorus sorption-desorption by

high phosphorus soils from Ireland and the Delmarva Peninsula, USA1 // *Soil Science*. 2001. Vol. 166. Iss. 8. P. 557-565.

36. Codling E.E. Effects of soil acidity and cropping on solubility of by-product-immobilized phosphorus and extractable aluminum, calcium, and iron from two high-phosphorus soils // *Soil Science*. 2008. Vol. 173. Iss. 8. P. 552-559.

37. Sheri Cahill, Amy Johnson, Deanna Osmond, David Hardy Response of Corn and Cotton to Starter Phosphorus on Soils Testing Very High in Phosphorus // *Agronomy Journal*. 2008. Vol. 100. Iss. 3. P. 537-542.

38. Алексеев В.Е. Природный калий в почвах Молдовы: резервы и факторы // *Почва и удобрения в современном сельском хозяйстве: материалы Междунар. научн. конф. Кишинев, Республика Молдова, 6-7 сентября 2017 г.* С. 223-229.

Сведения об авторе:

Титова Вера Ивановна, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, зав. кафедрой ФГБОУ ВО «Нижегородская государственная сельскохозяйственная академия», пр. Гагарина, 97, г. Нижний Новгород, Нижегородская область, Российская Федерация, 603107, e-mail:ngsha-kancel-1@bk.ru

Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka, 2018. Vol. 67, no. 6, pp. 4-16

doi: 10.30766/2072-9081.2018.67.6.04-16

Approaches to indices choice and the experience of assessment of soil covering ability to realize general biospheric functions

V.I. Titova

Nizhny Novgorod State Agricultural Academy, Nizhny Novgorod, Russian Federation

The analysis of scientific papers concerning economic significance of evaluation of agricultural land fertility and quality has been done. This analysis was made according to technological and cost parameters. It is noted that the study of soil ability to realize the general biospheric functions is of current importance now not only in theoretical but also in practical aspect. This research is required by state environmental agencies when they execute their oversight functions. It is also very important for land owners when they organize a land rent or title transfer on the stage of ecological and economic evaluation of agricultural land. The data on the content of organic substance and basic plant food compounds in the soil are proposed as criteria for assessment of the soil ability to realize general biospheric functions. The economic evaluation of soil general biospheric functions support may be done by analyzing the increase of humus, mobile potassium and labile phosphorus for a certain period of time as well as by costs for applying organic fertilizers (manure) and mineral fertilizers (superphosphate and potassium chloride) to provide the increase. The costs for support of soil fertility (an environment component and a guarantor of biogeocenotic functions execution) was calculated and it was 2 259.5 rubles a year per hectare. The podzolic chernozem soil of one farm in Nizhny Novgorod region was taken as an example for this assessment.

Key words: *soil covering, fertility, humus, mobile potassium, labile phosphorus, costs for soil general biospheric functions support*

References

1. Monastyrskiy O.A., Glinushkin A.P., Sokolov M.S. *Problema obespecheniya prodovol'stvennoy bezopasnosti Rossii i puti ee resheniya*. [The problem of food security providing of Russia and the ways of its solution]. *Agrokhimiya*. 2016. no. 11. pp. 3-11.

2. Dregulo A.M. *Problemy zagryazneniya okruzhayushchey sredy osadkami ilovykh kart razlichnykh srokov zhiznennogo tsikla*. [The problems of environment pollution with silt detention ponds immersions of

various life cycle periods]. *Agrokhimiya*. 2016. no. 8. pp. 88-92.

3. Sokolov M.S., Glinushkin A.P., Toropova E.Yu. *Sredobrazuyushchie funktsii zdorovoy pochvy – fitosanitarnye i sotsial'nye aspekty*. [Environment-forming functions of healthy soils – phytosanitarian and social aspects]. *Agrokhimiya*. 2015. no. 8. pp. 81-94.

4. Semenov A.M., Sokolov M.S. *Kontseptsiya zdorov'ya pochvy: fundamental'no-prikladnye aspekty obosnovaniya kriteriev otsenki*. [The conception of soil

heath: fundamental and applied aspects of assessment criterions]. *Agrokhimiya*. 2016. no. 1. pp. 3-16.

5. Vernadskiy V.I. *Biosfera i noosfera*. [Biosphere and noosphere]. Moscow: Ayres-press, 2013. 469 p.

6. Dobrovolskiy G.V., Nikitin E.D. *Sokhranenie pochv kak nezamenimogo komponenta biosfery: Funktsional'no-ekologicheskii podkhod*. [The preservation of soils as indispensable component of biosphere: functional ecological approach]. Moscow: MAIK «Nauka, Interperiodika», 2000. 185 p.

7. Titova V.I., Dabakhova E.V., Dabakhov M.V. *Rekomendatsii po otsenke ekologicheskogo sostoyaniya pochv kak komponenta okruzhayushchey sredy*. [Recommendations on assessment the ecological state of soils as an environment component]. N. Novgorod: Izd-vo VVAGS, 2004. 68 p.

8. Masyutenko N.P., Kuznetsov A.V., Masyutenko M.N., Breskina G.M., Pankova T.I. *K voprosu normirovaniya antropogennoy nagruzki dlya formirovaniya ekologicheskii sbalansirovannykh agrolandshaftov*. [On the problem of rationing the anthropogenic load for forming of environmentally sustainable cultivated lands]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*. 2014. Vol. 28. no. 10. pp. 14-17.

9. Sokolov M.S., Glazko V.I. *Minimizatsiya negativnykh sotsial'no-ekologicheskikh posledstviy tekhnogeneza v agrosfere Rossii*. [Minimization of negative social ecological consequences of technogenesis in the agro sphere of Russia]. *Agrokhimiya*. 2015. no. 3. pp. 3-9.

10. Kudiyarov V.N., Semenov V.M. *Problemy agrokhimii i sovremennoe sostoyanie khimizatsii sel'skokhozyaystvennogo proizvodstva v Rossiyskoy Federatsii*. [The problems of agrochemistry and the current state of chemicals use in farm production of Russian Federation]. *Agrokhimiya*. 2014. no. 10. pp. 3-17.

11. Zhuchenko A.A. *Osnovy adaptivno-integriruyemykh sistem zashchity agrosensozov, agroekosistem i agrolandshaftov ot vrednykh vidov*. [Bases of adaptive integrated system of agrocoenosis, agroecosystem and cultivated land protection against harmful species]. *Rol' mobilizatsii geneticheskikh resursov tsvetkovykh rasteniy*. [The role of flowering plants genetic sources mobilization]. Saratov, 2012. pp. 180-195.

12. Konova A.M., Samoylov L.N. *Vynos pitatel'nykh veshchestv kul'turnymi i sornymi rasteniyami v sevooborote*. [The nutrient removal with domestic plants and weed plants in crop rotation]. *Agrokhimiya*. 2015. no. 5. pp. 46-53.

13. Zakharenko V.A. *Gerbitsidy v integriruyemykh upravlenii sornymi komponentom agroekosistem v usloviyakh reformirovaniya agrarnogo sektora Rossii*. [Herbicides in integrated management of agroecosystem weed component in reforms of agricultural sector in Russia]. *Sovremennyye problemy gerbologii i ozdorovleniya pochv: materialy Mezhdunar. nauchno-prakt. konf.* [Modern problems of herbology and soil improvement: Proceedings of research and practical

Conference]. 21-23 iyunya 2016 g. Bol'shie Vyazemy: VNIIF, 2016. pp. 36-43.

14. Delgado J.A. Crop residue is a key for sustaining maximum food production and for conservation of our biosphere. *J. Soil. Water Conserv.* 2010. Vol. 65(5). pp. 111-116.

15. Blanco-Canqui H., Lal R. Crop residue removal impacts on soil productivity and environmental quality Critical Reviews in Plant Sciences. Special Issue: Carbon Sequestration. 2009. Vol.28. Iss.3. pp. 139-163.

16. Aziz I., Ashraf M., Mahmood T., Islam K.R. Crop rotation impact on soil quality Pakistan. *J. Bot.* 2011. Vol. 43. Iss. 2. pp. 949-960.

17. Cerny J., Balik J., Kulhanek M., Nedved V. The changes in microbial biomass C and N in long-term field experiments. *Plant Soil Environ.* 2008. Vol. 54(5). pp. 212-218.

18. Kautz T., Wirth S., Ellmer F. Microbial activity in a sandy arable soil is governed by the fertilization regime Europ. *J. Soil Biol.* 2004. Vol. 40. pp. 87-94.

19. Kireycheva L.V., Lentyaeva E.A. *Vosstanovlenie antropogenno degradirovannykh pochv zemel' sel'skokhozyaystvennogo naznacheniya*. [The recultivation of anthropogenic degraded agricultural lands]. *Agrokhimicheskii vestnik*. 2016. no. 5. pp. 2-6.

20. Titova V.I. *K voprosu otsenki vliyaniya stroitel'stva i remonta magistral'nykh truboprovodov na pochvu*. [On the problem of assessment of major pipelines building and reparation influence on soil]. *Pochva – natsional'noe bogatstvo. Puti povysheniya ee plodorodiya i uluchsheniya ekologicheskogo sostoyaniya: materialy Vseross. nauchno-prakt. konf.* [Soil is a national wealth. The ways of increasing soil fertility and improvement of ecological state: Proceedings of All Russia research and practical Conference]. 2-3 iyulya 2015 g., Izhevsk. FGBOU VPO Izhevskaya GSKhA; FGBNU Udmurtskiy NIISKh. Izhevsk: OOO «Soyuz original», 2015. pp. 222-230.

21. *Metodicheskie ukazaniya po provedeniyu kompleksnogo monitoringa plodorodiya zemel' sel'skokhozyaystvennogo naznacheniya*. [Methodological instructive regulations for the organization of agricultural land fertility integrated monitoring]. Moscow: VNIIA, 2003. 195 p.

22. Dmitriev, E.A. *Matematicheskaya statistika v pochvovedenii*. [Mathematical statistics in soil science]. Moscow: Izd-vo MGU, 1995. 320 p.

23. Kogut B.M., Semenov V.M. *Evolutsiya dominiruyushchikh paradigmat v uchenii o gumuse i pochvennom organicheskom veshchestve*. [The evolution of dominate paradigms in the doctrine of humus and soil organic substance]. *Agrokhimiya*. 2015. no. 12. pp. 3-19.

24. Lal R. Soil carbon sequestration to mitigate climate change. *Geoderma*. 2004. Vol. 123. pp. 1-22.

25. Morozov G.B. *Ekologicheskie opasnosti Rossii – v zakone!* [Ecological dangers of Russia are in law!]. *Ekologicheskii vestnik Severnogo Kavkaza*. 2018. Vol. 14. no. 1. pp. 66-75.

26. Lednev A.V. *Ekonomicheskaya otsenka biosfernykh funktsiy pochvennogo pokrova*. [Economic assessment of soil covering biospheric functions]. *Agrokhimikaty v XXI veke: teoriya i praktika primeneniya: materialy Mezhdunar. nauchno-prakt. konf.* [Agrochemicals in the 21st century: theory and practice of use. Proceedings of International research and practical Conference]. N. Novgorod: Nizhegorodskaya GSKhA, 2017. pp. 242-246.

27. Titova V.I. *Voprosy okhrany pochv i zemel' sel'khoznaznacheniya v normativno-zakonodatel'nykh aktakh Rossiyskoy Federatsii*. [The issues of soil and agricultural lands protection in regulatory acts of Russian Federation]. *Agrokhimikaty v XXI veke: teoriya i praktika primeneniya: materialy Mezhdunar. nauchno-prakt. konf.* [Agrochemicals in the 21st century: theory and practice of use: Proceedings of International research and practical Conference]. *Pod obshch. red. V.I. Titovoy*. N. Novgorod: Nizhegorodskaya GSKhA, 2017. S. 280-283.

28. Titova V.I. *K voprosu otsenki ushcherba okruzhayushchey sredy ot degradatsii pochv*. [On the problems of assessment the environmental damage from soil degradation]. *Evolutsiya i degradatsiya pochvennogo pokrova: sb. nauchn. statey po mater. V Mezhdunar. nauchn. konf.* [Evolution and degradation of soil covering: collection of scientific articles on the proceedings of the 5th International research and practical Conference]. Stavropol', StGAU: *Sekvoyya*, 2017. pp. 55-57.

29. Makarov O.A., Stokov A.S., Tsvetnov E.V., Bondarenko E.V., Kubarev E.N., Chistova O.A., Ermiyaev Ya.R. *Aprobatsiya metodiki ekologo-ekonomicheskoy otsenki degradatsii zemel'*. [Approbation of method of ecologic and economic evaluation of soil degradation]. *Agrokhimicheskii vestnik*. 2017. no. 3. pp. 55-59.

30. Makarov O.A., Tsvetnov E.V., Stokov A.S., Kubarev E.N., Abdulkhanova D.R. *«Nerynochnaya» sushchnost' rynochnykh otnosheniy v sfere zemlepol'zovaniya*. [“Nonmarket” essence of market in land tenure]. *Agrokhimicheskii vestnik*. 2018. no. 2. pp. 24-28.

31. Karpova D.V., Chizhikova N.P., Kolobova N.A., Kononenko V.V. *Analiz sostoyaniya fosfora v agroserykh pochvakh Vladimirskogo opol'ya*. [The analysis of state of phosphorus in agrogrey soils of Vladimir high plains]. *Agrokhimicheskii vestnik*. 2016. no. 3. pp. 15-19.

32. Kudayarova A.Yu. *Khemosorbtsiya fosfat-ionov i destrukttsiya organo-mineral'nykh sorbentov v kislykh pochvakh*. [Chemical sorption of phosphate ions and destruction of organic and mineral sorbents in acidic soils]. *Pochvovedenie*. 2010. no. 6. pp. 681-697.

33. Pukhovskiy A.V. *Problemy gosudarstvennoy ekologicheskoy ekspertizy fosfornykh udobreniy*. [Problems of state ecological expertise of phosphor fertilizers]. *Agrokhimicheskii vestnik*. 2015. no. 2. pp. 34-36.

34. Demidov V.V., Mushaeva T.N. *Migratsiya khimicheskikh veshchestv v period vesennego snegotayaniya na territorii agrarnogo landshafta*. [Migration of chemical substances in spring snowbreak period in the area of an agrarian landscape]. *Agrokhimiya*. 2016. no. 7. pp. 66-71.

35. Maguire R.O., Sims J. T., Foy R. H. Long-term kinetics for phosphorus sorption-desorption by high phosphorus soils from Ireland and the Delmarva Peninsula, USA1. *Soil Science*. 2001. Vol. 166. Iss. 8. pp. 557-565.

36. Codling E.E. Effects of soil acidity and cropping on solubility of by-product-immobilized phosphorus and extractable aluminum, calcium, and iron from two high-phosphorus soils. *Soil Science*. 2008. Vol. 173. Iss. 8. pp. 552-559.

37. Sheri Cahill, Amy Johnson, Deanna Osmond, David Hardy Response of Corn and Cotton to Starter Phosphorus on Soils Testing Very High in Phosphorus. *Agronomy Journal*. 2008. Vol. 100. Iss. 3. pp. 537-542.

38. Alekseev V.E. *Prirodnyy kaliy v pochvakh Moldovy: rezervy i factory*. [Natural potassium in soils of Moldova: reserves and factors]. *Pochva i udobreniya v sovremennom sel'skom khozyaystve: materialy Mezhdunar. nauchn. konf.* [Soil and fertilizers in modern agriculture: Proceedings of International scientific Conf.]. Kishinev, 2017. pp. 223-229.

Information about the authors:

V.I. Titova, DSc in Agriculture, professor, Head of the Department of Agrochemistry and Agroecology

Nizhny Novgorod State Agricultural Academy, Gagarin Avenue, 97, Nizhny Novgorod, Nizhny Novgorod region, Russian Federation, 603107, e-mail:ngsha-kancel-1@bk.ru