

ПРОГНОЗ ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВ НЕЧЕРНОЗЕМНОЙ ЗОНЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ УРОВНЯ ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ

В.Г. Сычев, ак. РАН, С.А. Шафран, д.с.-х.н., ВНИИА

Работа выполнена по госзаданию №0572-2019-0011

Приведены данные по изменению агрохимических показателей плодородия почв Нечерноземной зоны на 2030 г. в зависимости от интенсивности применения удобрений. Дана оценка прогнозируемых уровней продуктивности пашни на примере озимой пшеницы. Показано, что при инерционном сценарии развития АПК к 2030 г. следует ожидать снижения содержания подвижного фосфора на 13 мг/кг, а калия – до 86 мг/кг, что повлечет недобор урожайности озимой пшеницы около 3 ц/га. Оптимистичный сценарий позволит трансформировать содержание подвижного фосфора в более высокую группу обеспеченности, что даст возможность довести урожайность озимой пшеницы без внесения удобрений до 26 ц/га, а с внесением 60 кг/га азота – до 35-36 ц/га.

Ключевые слова: плодородие почв, баланс элементов питания, агрохимические показатели, продуктивность, озимая пшеница.

DOI: 10.25680/S19948603.2019.107.07

В 1971 г. закончился первый цикл агрохимического обследования пахотных почв Нечерноземной зоны, согласно которому 80% пашни занимали кислые почвы, а в Ивановской, Калужской, Костромской, Рязанской, Смоленской и Тульской областях – 90%. Почти столько же насчитывалось почв недостаточно обеспеченных подвижным фосфором. В Ивановской, Костромской, Тульской, Рязанской, Кировской, Пермской областях и в Удмуртии средневзвешенное содержание P_2O_5 не превышало 50 мг/кг почвы. Подвижным калием почвы Нечерноземной зоны обеспечены несколько лучше по сравнению с фосфором. В целом в зоне только 37% пашни относилось к низкообеспеченным K_2O , а в областях с большим удельным весом песчаных и супесчаных почв доля пашни с очень низким и низким содержанием подвижного калия составляла 60% и более. К таковым относились Брянская, Калужская, Смоленская и Тверская области.

Напомним, что в Нечерноземной зоне сосредоточена пятая часть пашни России, из которой 62% представлены дерново-подзолистыми почвами, 23 – серыми лесными и около 14% – оподзоленными и выщелоченными черноземами. Среди них наибольшее распространение имеют суглинистые почвы, занимающие 50%, глинистые и тяжелосуглинистые – 28, супесчаные – 14 и песчаные 2% [1]. На почвах при повышенной кислотности и низкой обеспеченности подвижными формами фосфора и калия, согласно нормативам, разработанным ВНИИА на основании многочисленных полевых опытов, можно получить без внесения удобрений 10,2-16,1 ц/га зерна озимой пшеницы [2].

В связи с этим, в стране была развернута работа по повышению плодородия почв данного региона. В период интенсивной химизации, благодаря систематической и целенаправленной работе, в Нечерноземной зоне наметилась устойчивая тенденция к улучшению агрохимических свойств пахотных почв. Интенсивное известкование позволило за короткий срок снизить долю кислых почв с 83 до 52% (табл. 1).

Преобразование дерново-подзолистых почв из кислых и низкообеспеченных подвижными формами фос-

фора и калия в слабокислые и высокообеспеченные этими питательными веществами способствует повышению урожайности озимой пшеницы в 2,5 раза. Аналогичные данные получены на серых лесных почвах и черноземах выщелоченных (табл. 3).

1. Динамика кислотности пашни Нечерноземной зоны

Годы	Обследованная площадь, тыс. га	Доля почв, % от обследованной площади			
		сильнокислые	среднекислые	слабокислые	всего кислых почв
1971	29140,3	24,8	30,7	27,2	82,7
1996	30317,1	8,6	15,9	27,5	52,0
2016	22263,4	6,4	18,9	33,7	60,0

С 1971 по 1995 г. было внесено в почву с удобрениями сверх выноса урожайности: фосфора – 675 кг/га, калия – 625 кг/га [3], что способствовало снижению доли низкообеспеченных почв подвижным фосфором с 64 до 16%, подвижным калием с 39 до 22% (табл. 2). Одновременно возрастал удельный вес почв с повышенным, высоким и очень высоким содержанием P_2O_5 и K_2O . Темпы этих изменений различались между областями. Как правило, более высокому уровню применения удобрений соответствовал также и прирост содержания этих питательных веществ в почве. Так, содержание подвижного фосфора в пахотных почвах Московской области увеличилось с 64 до 212 мг/кг.

2. Динамика содержания подвижных форм фосфора и калия в пахотных почвах Нечерноземной зоны, % от обследованной площади

Годы	Содержание в почве					
	низкое	среднее	повышенное	высокое	очень высокое	в среднем, мг/кг
Подвижный фосфор						
1971	63,5	24,8	6,2	4,2	1,4	40
1996	16,4	25,9	20,1	25,2	12,4	139
2016	16,9	28,6	20,4	23,1	11,0	133
Подвижный калий						
1971	39,0	37,7	17,9	7,4	2,0	108
1996	21,6	32,1	25,2	14,9	6,2	131
2016	26,5	33,8	24,4	12,1	3,2	120

3. Прогнозируемая урожайность озимой пшеницы без внесения удобрений в зависимости от агрохимических свойств почв Нечерноземной зоны

Содержание P_2O_5	Содержание K_2O , мг/кг		
	≤80	81-120	>120
$pH \leq 5,5$			
≤50	11,4	14,1	17,1
51-100	13,4	17,5	20,5
>100	18,2	21,0	23,9
$pH > 5,5$			
≤50	12,4	15,6	18,8
51-100	16,0	19,2	22,4
>100	19,8	23,0	26,2

В целом по зоне нормативная урожайность зерновых культур без внесения удобрений к 1996 г. достигла 22,7 ц/га по сравнению с 14,1 ц/га в 1971 г. Кроме того, следует отметить, что уровень плодородия почв Нечерноземной зоны по состоянию 1 января 1996 г. превысил таковой в среднем по России на 3,2 ц/га [3]. Начиная с 90-х годов прошлого столетия, положение изменилось коренным образом. Применение минеральных и органических удобрений резко сократилось, практически прекратилось известкование кислых почв. Баланс питательных веществ в земледелии Нечерноземной зоны стал складываться со значительным превышением выноса над их поступлением в почву (табл. 4). Это повлекло за собой снижение содержания подвижных форм фосфора и калия в почвах, увеличилась доля кислых почв. По состоянию на 1 января 2016 г. их доля возросла с 52 до 60%, наметилась тенденция к увеличению удельного веса почв с очень низким и низким содержанием подвижного фосфора и снижению площади высокообеспеченных подвижным P_2O_5 .

4. Баланс питательных веществ в земледелии Нечерноземной зоны, кг/га

Годы	Приход		Вынос уро- жайями	Баланс	Возме- щение выноса %
	с мине- ральны- ми удобре- ниями	с органи- ческими удобре- ниями			
Азот					
1971-1995	39	26	43	22	151
1996-2010	9	5	31	-17	45
2011-2015	10	4	38	-24	37
2016-2017	11	4	40	-25	38
Фосфор					
1971-1995	30	11	14	27	293
1996-2010	6	3	10	-1	90
2011-2015	3	2	12	-7	42
2016-2017	3	2	13	-8	38
Калий					
1971-1995	36	24	35	25	171
1996-2010	3	5	31	-19	39
2011-2015	3	4	40	-33	18
2016-2017	3	4	44	-37	16

Еще более заметны негативные изменения в содержании подвижного калия. За 20 лет доля пашни с низким содержанием подвижного калия возросла на 4,9 %, с высоким содержанием – уменьшилась на 5,8%. При этом, в отдельных областях, таких как Костромская, Орловская и Рязанская, средневзвешенное содержание подвижного фосфора перешло из группы повышенно-обеспеченных в среднюю. В Брянской, Владимирской, Ивановской, Костромской, Орловской и Тверской областях наблюдается аналогичная картина по степени обеспеченности почв подвижным калием.

В настоящее время положение не улучшается и для того, чтобы представить масштабы деградации почв Нечерноземной зоны по агрохимическим показателям необходимо систематически прогнозировать динамику этого процесса. Аналогичная работа была выполнена ранее, когда был составлен прогноз содержания подвижных форм фосфора и калия по ряду областей центра Нечерноземной зоны на 2010 г., согласно которому прогнозные и фактические величины были достаточно близкими [4].

За основу расчётов в данном случае были взяты величины выноса, снижающие содержание питательных веществ в почвах на 10 мг/кг, или 1 мг/100 г, которые получены в длительных полевых опытах зоны. Согласно этим данным, на вынос элементов питания оказывали влияние тип почвы и её гранулометрический состав.

Прогноз социально-экономического развития АПК страны до 2030 г. разработан с учетом трех сценариев: инерционного, базового и оптимистичного [5].

Инерционный сценарий характеризуется умеренными темпами роста производства сельскохозяйственной продукции и экономики. Он базируется на сохранении достигнутого уровня почвенного плодородия и ресурсно-производственного потенциала агропромышленного комплекса.

Базовый сценарий предусматривает не только сохранение, но и повышение плодородия почв и на этой основе увеличение урожайности сельскохозяйственных культур.

Оптимистичный сценарий предполагает дальнейшее расширение воспроизводства плодородия почв и предусматривает формирование высокоэффективного товарного производства, что позволяет повысить урожайность зерновых культур до 30 ц/га, а среднегодовой волевой сбор зерна – до 150 млн т.

Величины выноса, снижающие содержание питательных веществ на 10 мг/кг, или на 1 мг/100 г почвы приведены ниже.

Почва и гранулометрический состав	Вынос, кг/га
P_2O_5	
Дерново-подзолистая на легком песчано-пылевом суглинке	100-250
Дерново-подзолистая пылевидная тяжелосуглинистая	67-500
Дерново-подзолистая легкосуглинистая	42-125
Дерново-подзолистая тяжело-суглинистая	42-45
В среднем для дерново-подзолистых почв	71
Серая лесная суглинистая	77-125
K_2O	
Дерново-подзолистая песчаная	31-62
Дерново-подзолистая супесчаная	43
Дерново-подзолистая средне-суглинистая	91
Дерново-подзолистая суглинистая	40-45
<i>В среднем</i>	48

Все изложенное в полной мере относится к Нечерноземной зоне, поскольку её вклад в решение продовольственной программы страны может быть более высоким, чем в настоящий период.

По состоянию на 1 января 2016 г. в пашне Нечерноземной зоны насчитывается 60% кислых почв, 17 с низ-

кой степенью обеспеченности подвижным фосфором и 27% – подвижным калием (см. табл. 2). На таких почвах можно получить без применения удобрений, в зависимости от агрохимических свойств 10,2-16,1 ц/га озимой пшеницы. При их переводе в близкие к нейтральным и в среднеобеспеченные P_2O_5 и K_2O урожайность может возрасти до 24,5 ц/га. Дальнейшее агрохимическое окультурирование почв будет способствовать повышению урожайности озимой пшеницы до 30,9 ц/га.

Согласно инерционному сценарию, применение удобрений останется на современном уровне, это около 17 кг/га пахотной площади в виде минеральных и 10 кг/га органических удобрений, вынос азота и фосфора будет возмещаться на 38 %, а калия на 16% (табл. 5). Из этого следует, что процесс деградации почв по агрохимическим показателям будет продолжаться. К 2030 г. будет вынесено из почвы 400 кг/га азота, 130 фосфора и 440 кг/га калия, а возвращено в почву, соответственно, 165; 55, и 77 кг/га.

5. Прогноз баланса питательных веществ в земледелии Нечерноземной зоны к 2030 г., кг/га

Сценарий развития	Приход		Вынос уро- жайями	Ба- ланс	Возмеще- ние выно- са, %
	с мине- ральными удобре- ниями	с органически- ми удобрени- ми			
Азот					
Инерционный	11	4	40	-25	38
Базовый	30	5	50	-15	70
Оптимистич- ный	50	8	60	-2	98
Фосфор					
Инерционный	3	2	13	-8	38
Базовый	28	2	16	14	188
Оптимистич- ный	40	4	20	24	220
Калий					
Инерционный	3	4	44	-37	16
Базовый	30	5	50	-15	70
Оптимистич- ный	45	8	65	-8	82

Из результатов обобщения длительных полевых опытов следует, что при превышении выноса фосфора над его поступлением происходит снижение содержания его подвижных форм в почве. В среднем в Нечерноземной зоне вынос, снижающий содержание P_2O_5 на 10 мг/кг, или на 1 мг/100 г, составляет 71 кг/га. Содержание подвижного калия уменьшается на такую же величину при разнице между его выносом и поступлением 120 кг/га [5]. Таким образом, при инерционном сценарии содержание подвижного фосфора к 2030 г. понизится на 13 мг/кг и составит 120 мг/кг, а подвижного калия снизится до 86 мг/кг (табл. 6).

6. Прогноз содержания подвижных форм фосфора и калия в пашне Нечерноземной зоны к 2030 г.

Сценарий развития	Вынос	Поступление в почву	Баланс	Среднее содержание, мг/кг	
	кг/га			на 01.01.2016	Прогноз на 2030 г.
Фосфор					
Инерционный	143	55	-91	133	120
Базовый	160	165	5	133	139
Оптимистичный	182	242	60	133	161
Калий					
Инерционный	484	77	-407	120	86
Базовый	517	193	-324	120	93
Оптимистичный	600	600	0	120	130

При прогнозировании содержания питательных веществ в пахотных почвах по базовому и оптимистичному сценариям исходили из того, что уровень применения удобрений и прирост урожайности, следовательно, и вынос будут равномерно повышаться по годам и к 2030 г. баланс элементов питания достигнет величин, представленных в таблице 5. При этом применение фосфорных и калийных удобрений будет сконцентрировано в первую очередь на почвах с низкой степенью обеспеченности P_2O_5 и K_2O , чтобы за короткий срок перевести их в более высокую категорию. Дозы фосфора и калия надо внести сверх выноса урожаем для увеличения содержания подвижных форм фосфора и калия в почвах. Эти дозы дифференцируют по основным типам почв Нечерноземной зоны и их гранулометрическому составу.

Расчеты показали, что при базовом сценарии развития АПК среднее содержание подвижного фосфора стабилизируется, но при этом почвы с низкой обеспеченностью P_2O_5 перейдут в среднеобеспеченные. Содержание подвижного калия несколько уменьшится, но будет оставаться в пределах среднего уровня обеспеченности почвы K_2O (см. табл. 6).

Оптимистичный сценарий позволит еще в большей степени влиять на улучшение фосфатного режима почв. Средневзвешенное содержание P_2O_5 трансформируется в высокую группу обеспеченности. Несмотря на увеличение доз калия, в основном за счет минеральных удобрений, баланс этого элемента будет складываться с большим дефицитом, что приведет к заметному снижению содержания K_2O в почве. В связи с этим, особое внимание следует обратить на песчаные и супесчаные почвы, которых в зоне 16%, и они, в первую очередь, нуждаются во внесении калийных удобрений.

Следует отметить, что в последние годы при благоприятных погодных условиях был получен достаточно высокий урожай зерновых культур, изменилась структура посевных площадей, что повлекло за собой увеличение выноса калия и даже внесение ежегодно по 30 кг/га K_2O не может перекрыть его дефицит.

Для этого необходимо применять не менее 60 кг калия на каждый гектар пашни путем внесения как минеральных, так и органических удобрений. Распределять их следует так, чтобы на почвах недостаточно обеспеченных K_2O , баланс калия складывался с превышением его поступления над выносом, а на достаточно обеспеченных – с дефицитом 20-25%. В этом случае можно ожидать к 2030 г. увеличения содержания подвижного калия до 130 мг/кг, т.е. пашня зоны перейдет в повышено обеспеченную, что позволит повысить её потенциальную продуктивность. Например, при агрохимических показателях почв, которые можно ожидать без применения удобрений по инерционному и базовому сценариям, урожайность озимой пшеницы составит 23 ц/га, а по оптимистичному – 26 ц/га. Внесение по 60 кг/га азотных удобрений позволит повысить урожайность озимой пшеницы в среднем по зоне на 9,7 ц/га, т.е. в сумме она составит 35-36 ц/га. Влияние минеральных удобрений на урожайность зерновых культур в Нечерноземной зоне подтверждается производственными данными. Урожайность зерновых культур в среднем по Нечерноземной зоне в 2016-2017 гг. составила 26,7 ц/га при внесении 63 кг/га минеральных удобрений. Урожайность между зерносеющими регионами варьировала от 13,6 до 44,0 ц/га. При этом в первом

случае было применено 17 кг/га, во втором – 109 кг/га NPK. Доля Нечерноземной зоны в производстве зерна в целом по стране в эти годы составила 12%, тогда как возможно довести этот показатель до 20-22%.

7. Урожайность зерновых культур в регионах Нечерноземной зоны в зависимости от применения минеральных удобрений (2016-2017 гг.)

Внесено NPK, кг/га	Урожайность, ц/га	Число регионов
46	16,4	9
51	22,5	8
69	27,9	3
94	35,3	6
В среднем по зоне 63	26,7	23

Заключение. Результаты исследования показали, что крайне низкий уровень применения минеральных и органических удобрений, наблюдаемый в настоящее время, негативно повлиял на уровень агрохимических показателей плодородия почв Нечерноземной зоны, который был создан в период интенсивной химизации сельского хозяйства. При инерционном развитии АПК следует ожидать к 2030 г. дальнейшее снижение продуктивности пашни примерно на 3 ц/га. Оптимистичный сценарий развития даст возможность увеличить содержание фосфора и калия до значений, близких к

оптимистичным, что позволит без внесения удобрений получить урожайность озимой пшеницы около 26 ц/га, т.е. такую же как в среднем по зоне в 2016-2017 гг. с применением 63 кг/га NPK. Внесение 60 кг/га азота позволит довести урожайность озимой пшеницы до 35-36 ц/га. В настоящее время доля Нечерноземной зоны в производстве зерна в целом по стране составляет 12%, тогда как имеется возможность довести этот показатель до 20-22%.

Литература

1. *Распределение земельного фонда сельскохозяйственных угодий РСФСР по группам почв.* – М.: МСХ РСФСР, 1989. – 184 с.
2. *Региональные нормативы окупаемости минеральных удобрений прибавкой удобрений зерновых культур.* – М.: ВНИИА, 2016. – 115 с.
3. *Шафран С.А.* Динамика плодородия почв Нечерноземной зоны и его резервы // *Агрохимия.* – 2016. – №8. – С. 3-11.
4. *Сычев В.Г., Шафран С.А.* Агрохимические свойства почв и эффективность минеральных удобрений. – М.: ВНИИА. – 2013. – 296 с.
5. *Прогноз потребности и платежеспособного спроса сельского хозяйства Российской Федерации на минеральные удобрения до 2020 года.* – М.: ВНИИА, Россельхозакадемия, 2011. – 52 с.

FORECAST OF THE FERTILITY OF SOILS OF THE NONCHERNOZEM BELT DEPENDING ON THE LEVEL OF USING FERTILIZERS

V.G. Sychev, S.A. Shafran

Pryanishnikov Institute of Agrochemistry, Pryanishnikova ul. 31A, 127550 Moscow, Russia

The data on the change of agrochemical indicators of soil fertility in the Nonchernozem zone for 2030, depending on the intensity of fertilizer use, are presented. The estimation of the predicted levels of arable land productivity is given on the example of winter wheat. It is shown that under the inertial scenario of the development of the AIC by 2030, we should expect a decrease in the content of mobile phosphorus by 13 mg/kg, and potassium up to 86 mg/kg, which will result in a shortage of winter wheat yield of about 0.3 t/ha. The optimistic scenario will allow transforming the content of mobile phosphorus to a higher level of content in soil, which will make it possible to increase the yield of winter wheat without fertilizing up to 2.6 t/ha, and adding 60 kg/ha of nitrogen to 3.5-3.6 t/ha.

Key words: soil fertility, nutrition balance, agrochemical indicators, productivity, winter wheat.

ПОТЕРИ И ВОЗВРАТ ВЛАГИ И ХИМИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ В АЛЛЮВИАЛЬНОЙ ПОЧВЕ

Н.А. Муромцев¹, д.с.-х.н., Ю.И. Сухарев², д.т.н., Е.А. Пивень³, к.м.н.

К.Б. Анисимов¹, Н.А. Семёнов⁴, д.б.н.

¹ФГБНУ «Почвенный институт имени В.В. Докучаева»,

119017, Москва, Пыжевский пер., д. 7, стр. 2

²РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, 127550, г. Москва, ул. Тимирязевская, д. 49

³Российский университет дружбы народов, 117198, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 8

⁴Институт кормов им. В.Р. Вильямса,

141055, Московская область, г. Лобня, Научный городок, корпус. 1 vodoem@mail.ru

Рассмотрены особенности вымывания (выноса) химических веществ из аллювиальной почвы с инфильтрацией и возврат из грунтовых вод при их испарении. Показано, что в годовом цикле больше всего вымывается кальция – 192-207 кг/га. С капиллярным поднятием грунтовых вод возвращается в почву (% от выноса): кальция (79-77), цинка (82-13), марганца (65-44), калия (50-44) и магния (54-25).

При увеличении дозы азотных удобрений от N₁₈₀ до N₄₈₀ (в форме нитратных удобрений и мочевины) потери всех исследованных химических элементов весьма существенно возрастают: в 1,5-6,0 раз – общего азота, 3,5-8,0 – нитратного азота и в 1,2-2,7 раза – других химических элементов. Возрастание нитратной формы азотных удобрений в пределах N₁₈₀-N₄₈₀ обуславливает большие потери кальция, калия, общего азота и нитратного азота из слоя 0-35 см, а магния – из слоя 0-70 см, потери фосфора из обоих слоев примерно одинаковы.

Ключевые слова: лизиметры, удобрения, грунтовые воды, инфильтрация, испарение грунтовых вод, зона аэрации, капиллярная кайма.