

## **ЗЕМЛЯРОБСТВА І РАСЛІНаВОДСТВА**

УДК 631.445.12:631.416

*Н. Н. СЕМЕНЕНКО*

### **АГРОГЕННАЯ ЭВОЛЮЦИЯ ФРАКЦИОННОГО СОСТАВА ФОСФАТОВ ТОРФЯНЫХ ПОЧВ ПОЛЕСЬЯ**

*Институт мелиорации*

*(Поступила в редакцию 15.07.2011)*

Для повышения эффективности использования торфяных почв необходимо знать закономерности эволюции их свойств под влиянием антропогенных факторов, уметь воздействовать на эти изменения. Учет состояния потенциала почв конкретного поля позволяет снизить удельные затраты на получение растениеводческой продукции, сохранить и/или повысить их плодородие.

Результаты научных исследований и практика ведения сельскохозяйственного производства показывают, что за счет осушения, уплотнения торфяных почв, минерализации органического вещества и эрозии уменьшается мощность торфяного слоя, изменяются их генетические свойства. Под влиянием антропогенного воздействия со временем на месте торфяных образуются комплексы торфяных, торфяно-минеральных, минеральных остаточно-торфяных и минеральных постторфяных почв с другими свойствами [1–8]. Процесс трансформации этих почв протекает постоянно. В связи с этим за последние 40–50 лет использования торфяных почв в сельском хозяйстве Беларуси произошла существенная трансформация их фонда. В настоящее время из 901 тыс. га бывших торфяных почв, используемых в сельском хозяйстве, образовалось около 200 тыс. га органоминеральных почв разной степени эволюции [9]. В перспективе площади этих почв могут достигнуть 350 тыс. га и более [1–4 и др.].

Исследованиями установлено [1–8, 10–15], что по мере «сработки» торфа наряду с трансформацией морфологического строения почвенного профиля торфяных почв также существенно снижается содержание в них органического вещества, изменяется его состав, ухудшаются водно-физические, физико-химические и биологические свойства, плодородие и производительная способность [16]. Однако результатов исследований, посвященных установлению закономерностей трансформации содержания и состава соединений фосфатов в торфяных почвах разных стадий эволюции, в литературных источниках не встречено. В то же время такая информация по фосфатам является важнейшим показателем характеристики почвообразовательного процесса торфяных почв и трансформации их потенциального и эффективного плодородия. Эти данные также могут быть наиболее объективным критерием при оценке факторов, способствующих деградации торфяных почв, а также разработке рекомендаций по более эффективному их использованию в земледелии и при применении удобрений.

Как показывают результаты наших исследований, фосфатный фонд торфяных почв представлен различной количественной и качественной характеристикой. Валовое содержание фосфатов в торфяных почвах разных стадий эволюции колеблется в пределах 0,02–0,70% на сухую массу, которые представлены органическими и минеральными соединениями. Согласно исследованиям ряда авторов [17–20 и др.], содержание органических соединений фосфатов в торфяных почвах колеблется в пределах 74–93% от общего. Эти соединения фосфора доступны растениям только после минерализации органического вещества. Минеральные соединения фосфатов находятся в почве в виде солей ортофосфорной кислоты одновалентных (K, NH<sub>4</sub>, Na), двухва-

лентных (Ca, Mg и др.) и трехвалентных катионов (Al, Fe и др.). При этом в почвах кальций и магний, железо и алюминий образуют с фосфорной кислотой ряд солей, которые различаются по степени замещения водорода: чем больше основная соль, тем меньше ее растворимость и доступность фосфатов растениям. Все соли калия, натрия и аммония и одноосновные соли кальция и магния растворимы в воде и являются непосредственным источником фосфорного питания растений. Их количество в торфяных почвах колеблется в пределах 0,5–2,5% от валового содержания [17–20 и др.]. Двухосновные соли кальция и магния, фосфаты полуторных окислов алюминия и железа не растворимы в почвенном растворе, но растворимы в лимонной кислоте или в растворе лимоннокислого аммония и являются потенциально усвояемыми для растений соединениями. Трехосновные фосфаты кальция, магния и полуторных окислов лишь частично растворимы в лимонной кислоте и практически недоступны растениям.

Таким образом, фосфатный фонд торфяных почв представлен соединениями легкодоступными, доступными, потенциально доступными и недоступными для растений. Поэтому в агрономических целях в торфяных почвах разных стадий эволюции важно установить не только содержание валовой формы фосфатов, но и оценить состав его соединений по степени доступности растениям, его трансформацию под влиянием антропогенных факторов.

Цель исследования – установить закономерности трансформации фракционного состава фосфатов торфяных почв Полесья под влиянием осушения и длительного сельскохозяйственного использования.

**Объекты и методы исследований.** Исследования проводили в 2008–2010 гг. Методической основой проводимых исследований служил системный подход, суть которого состоит в том, что изучаются не изолированные почвенные образования, а целый ряд почв, сформировавшихся в идентичных условиях (однородный ботанический состав торфа и грунтовых вод, подстилающая порода и др.). Для проведения наших исследований на болотном массиве «Хольче» Лунинецкого района Брестской области площадью более 25 тыс. га на землях Полесской опытной станции мелиоративного земледелия и луговодства НАН Беларуси были подобраны участки: неосушенный (заповедник) с мощностью торфа 68–85 см и осушенные – бывшие маломощные торфяники, на месте которых в результате использования под пашней в течение почти 50 лет образовались комплексы с торфяными, торфяно-минеральными, минеральными остаточно-торфяными и минеральными постторфяными почвами с различным содержанием органического вещества. Исходное состояние мощности торфа этих почв в 1956 г. до осушения составляло 65–85 см, т. е. было аналогичным с заповедником. Все почвы подстилаются песком. Ботанический состав торфа преимущественно осоковый. Подобранные объекты исследований, включающие в общей сложности 17 почвенных разновидностей, охватывают широкий спектр агроторфяных почв, содержание органического вещества (ОВ) в слое 0–20 см которых колеблется от 83,7 до 4,8%. На объектах исследований отобрано 36 смешанных почвенных проб. Для достижения удовлетворительной представительности смешанной пробы каждая из них составлялась из 5 индивидуальных. Для более объективной оценки влияния антропогенного воздействия на трансформацию агроторфяных почв пробы отбирали из двух слоев – 0–20 и 21–40 см. Все анализы по определению фракционного состава фосфатов выполняли в 3-кратной повторности.

При выполнении аналитических работ использовали известные методические подходы [21] определения фракционного состава фосфатов в нашей модификации для торфяных почв. Содержание валовых форм фосфатов определяли после мокрого озоления почвы, сумму минеральных соединений – по Хейфец, 1965 г. (4 м HCl), органические – по разности между валовыми и минеральными соединениями, подвижные – по ГОСТ 26207–91 (0,2 м HCl) [22], доступные – по Семененко и др. (0,2 м CH<sub>3</sub>COOH) [23] и легкодоступные – по Карпинскому и Замятиной, 1958 г. (0,03 м K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>). Предполагаем, что в состав легкодоступных растениям соединений входят одноосновные, доступных – одноосновные и частично двухосновные фосфаты. В состав же подвижных, растворимых в 0,2 м HCl (рН 0,9), как отмечает автор метода (А. Т. Кирсанов, 1933 г.), наряду с доступными входят и недоступные растениям соединения, например трехзамещенные фосфаты кальция и полуторных окислов, апатиты и фосфориты. За исключением подвижных по всем другим соединениям фосфатов разработан новый ход проведения анализа для торфяных

почв – соотношение почва : растворитель и время их взаимодействия, шкалы стандартных растворов, для обработки результатов вместо калибровочного графика используются уравнения регрессии с применением персонального компьютера и др. В настоящее время методики находятся в издательстве. Корреляционно-регрессионный анализ полученных результатов исследований проводили с использованием компьютерной программы Excel.

**Результаты и их обсуждение.** Приведенные в табл. 1 результаты исследований показывают, что в зависимости от стадии эволюции торфяной почвы содержание валовых и других соединений фосфатов в слое 0–20 см колеблется в широких пределах: валовые – 906–7133; органические – 562–4841; сумма минеральных – 344–2292; подвижные – 250–1283, доступные – 31–100 и легкодоступные – 13–61 мг/кг почвы. Наиболее низкое содержание всех форм фосфатов имеет место в неосушенной торфяной почве заповедника. По мере вовлечения осушенных почв в культуру и применения фосфорных удобрений содержание фосфатов в них повышается, достигая максимума в торфяных и торфяно-минеральных почвах: валовых – 4,4–7,1 г/кг почвы; органической – 3,4–4,8 и подвижной формы – 0,7–1,3 г/кг почвы. Это больше в 1,3–2,3 раза валовой и органической и в 7–13 раз – подвижной формы, чем в почве заповедника.

По мере «сработки» торфяной почвы и снижения содержания в ней органического вещества количество валовой формы, органических, минеральных и подвижных соединений фосфатов в слое 0–20 см уменьшается на 80–88%, 84–89, 61–85 и 57–76% соответственно по сравнению с агроторфяной и торфяно-минеральной почвой. В то же время следует отметить, что в минеральной постторфяной почве, несмотря на более низкое содержание валовых форм и подвижных фосфатов, количество доступных растениям соединений остается достаточно высоким и составляет 61–63 мг/кг почвы, что в 4,5 раза больше, чем в почве естественного состояния.

Данные в табл. 1 также показывают, что под влиянием антропогенного воздействия трансформация органического вещества и фосфатного фонда торфяных почв активно происходит и в слое 21–40 см.

В результате проведенных исследований (табл. 2, 3) установлено наличие тесной связи между содержанием органического вещества в агроторфяных и дегроторфяных почвах и валовой фор-

Т а б л и ц а 1. Влияние антропогенного воздействия на трансформацию содержания фосфатов в торфяных почвах различных стадий эволюции

Почва	Слой 0–20 см								Слой 21–40 см							
	Вы-бор-ка	ОВ*, %	Соединения фосфатов, мг/кг						Вы-бор-ка	ОВ*, %	Соединения фосфатов, мг/кг					
			вало-вые	органи-ческие	всего	минеральные					вало-вые	органи-ческие	всего	минеральные		
						подвиж-ные	доступ-ные	легкодо-ступные						подвиж-ные	доступ-ные	легкодо-ступные
Торфяно-болотная (неосушенная)	3	83,7	3175	2689	486	118	13	14	3	88,5	1734	1626	108	132	18	12
Агроторфяная	15	81,9	4480	3588	892	731	96	49	15	81,0	3684	2736	948	566	77	28
Агроторфяная	6	67,1	5416	3970	1446	787	36	13	6	52,6	5150	3751	1399	895	28	12
Дегроторфозем торфяно-минеральный	3	39,8	7133	4841	2292	1283	69	34	3	50,8	6567	4926	1641	1495	57	40
Дегроторфозем минеральный остаточно-торфяный	3	19,7	1738	1059	679	363	51	22	3	19,3	2102	1538	564	363	43	22
Дегроторфозем минеральный остаточно-торфяный	3	10,8	1373	889	484	250	51	24	3	11,2	966	578	388	197	35	17
Дегроторфозем минеральный постторфяный	3	4,8	906	562	344	313	63	61	3	4,4	529	328	201	183	37	24

\* Среднее по выборке.

Т а б л и ц а 2. Связь содержания соединений фосфатов с органическим веществом почв

Соединения фосфатов	Уравнения регрессии связи концентрации соединений фосфатов (y) от содержания органического вещества (x = 2,5–87,5%)	R <sup>2</sup>
Валовый	$y = 2138,1Ln(x) - 3351$	0,64
Органические	$y = 1425,2Ln(x) - 2246$	0,72
Минеральные	Связь отсутствует	0,20
Подвижные	Связь отсутствует	0,14
Доступные	Связь отсутствует	0,0004

Т а б л и ц а 3. Связь содержания соединений фосфатов с валовой формой фосфора

Соединения фосфатов	Уравнения регрессии связи концентрации соединений фосфатов (y) от содержания валовой формы (x = 210–7150 мг/кг почвы)	R <sup>2</sup>
Органические	$y = 2292,7Ln(x) - 15564$	0,96
Минеральные	$y = 689,57Ln(x) - 4541$	0,64
Подвижные	$y = 381,07Ln(x) - 2487$	0,59
Доступные	Связь отсутствует	0,06

мой, органическими соединениями фосфатов ( $R^2 = 0,68-0,72$ ). В то же время связи концентрации подвижных, доступных и легкодоступных соединений фосфатов с содержанием ОБ в почве не установлено.

Содержание органических, минеральных и подвижных соединений фосфатов имеют тесную связь ( $R^2 = 0,59-0,96$ ) с валовой формой, описываемую соответствующими уравнениями регрессии.

Однако между количеством доступных растениям соединений фосфатов и органическим веществом почвы, валовым содержанием фосфатов связь отсутствует. Это косвенно указывает на то, что в состав доступных растениям соединений практически исключена экстракция фосфатов полуторных окислов, прочносвязанных фосфатов кальция и апатитов, которые присутствуют во фракции подвижных фосфатов.

В связи с увеличением объемной массы и веса пахотного и подпахотного слоев почвы под влиянием антропогенного воздействия научный и практический интерес представляют результаты исследований по оценке трансформации запасов фосфатов в корнеобитаемом слое (0–40 см) торфяных почв разных стадий эволюции. Результаты исследований, приведенные в табл. 4, показывают, что запасы (т/га) в корнеобитаемом слое более объективно по сравнению с данными, выраженными в мг/кг, отражают характер антропогенного воздействия на трансформацию фракционного состава фосфатов и плодородие торфяных почв разных стадий эволюции. Так, в зависимости от стадии эволюции торфяных почв в них значительно различаются запасы в слое

Т а б л и ц а 4. Запасы соединений фосфатов в торфяных почвах разных стадий эволюции (слой 0–40 см), т/га

Почва	ОБ*, %	Соединения фосфатов					
		валовый	органические	всего	минеральные		
					подвижные	доступные	легкодоступные
Торфяно-болотная (неосушенная)	83,7	2,43	2,13	0,30	0,12	0,02	0,02
Агроторфяная	81,9	4,99	3,87	1,12	0,79	0,11	0,05
Агроторфяная	67,1	10,01	7,31	2,70	1,59	0,12	0,06
Дегроторфозем торфяно-минеральный	39,8	15,12	10,74	4,38	3,03	0,14	0,08
Дегроторфозем минеральный остаточно-торфяный	19,7	6,93	4,69	2,24	1,31	0,17	0,08
Дегроторфозем минеральный остаточно-торфяный	10,8	5,01	3,14	1,87	0,96	0,18	0,09
Дегроторфозем минеральный постторфяный	4,8	3,65	2,26	1,38	1,26	0,25	0,21

\* Слой 0–20 см.

0–40 см как валовых (2,43 т/га неосушенная; 4,99 и 10,01 агроторфяная; 15,12 агроторфяно-минеральная; 6,93 и 5,01 минеральная остаточно-торфяная и 3,65 т/га – минеральная постторфяная), так и подвижных, доступных и легкодоступных соединений фосфатов. Под влиянием длительного сельскохозяйственного использования в агроторфяных и дегроторфяных почвах увеличились по сравнению с заповедником и достигли уровня 790–3030 кг/га запасы подвижных, 110–250 – доступных и 50–210 кг/га легкодоступных фосфатов. Наиболее высокого уровня запасы доступных и легкодоступных фосфатов установлены в минеральных постторфяных почвах.

Антропогенное воздействие оказывает существенное влияние на трансформацию структуры соединений фосфатов торфяных почв (табл. 5). Так, под влиянием осушения и длительного сельскохозяйственного использования наряду с уменьшением содержания ОВ в почве снижается также и долевое участие органических – с 88% (почвы заповедника) до 62% (дегроторфозем минеральный постторфяный), соответственно, повышается удельный вес минеральных соединений – от 12 до 38%. Возрастают относительные запасы подвижных соединений фосфатов (от 5% – почвы заповедника до 16 – агроторфяные, около 20 – минеральные остаточно-торфяные и 35% – минеральные постторфяные).

Т а б л и ц а 5. Структура соединений фосфатов в торфяных почвах различных стадий эволюции (слой 0–40 см), %

Почва	Соединения фосфатов					
	валовый, т/га (100%)	органические	всего	минеральные		
				подвижные	доступные	легкодоступные
Торфяно-болотная неосушенная	2,43	88	12	5	0,8	0,8
Агроторфяная	4,99	78	22	16	2,2	1,0
Агроторфяная	10,01	73	27	16	1,2	0,6
Дегроторфозем торфяно-минеральный	15,12	71	29	20	0,9	0,5
Дегроторфозем минеральный остаточно-торфяный	6,92	68	32	19	2,5	1,2
Дегроторфозем минеральный остаточно-торфяный	5,01	63	37	19	3,6	1,8
Дегроторфозем минеральный постторфяный	3,65	62	38	35	6,8	5,8

Также при снижении содержания ОВ в почве возрастает долевое участие доступных (от 0,8% – почвы заповедника до 2,5–3,6% – минеральные остаточно-торфяные и 6,8% – минеральные постторфяные) и легкодоступных (от 0,8 до 5,8%) соединений фосфатов соответственно. Между содержанием ОВ в почвах и трансформацией структуры фосфатного фонда установлена корреляционная зависимость, описываемая следующими уравнениями регрессии:

$$Y_o = 0,25x + 61; R^2 = 0,85;$$

$$Y_{п} = 0,0015x^2 - 0,34x + 29; R^2 = 0,60;$$

$$Y_{д} = 0,0019x^2 - 0,22x + 7; R^2 = 0,87;$$

где  $Y_o$ ,  $Y_{п}$ ,  $Y_{д}$  – содержание органических, подвижных и доступных растениям соединений фосфатов, % от общего;  $x$  – содержание органического вещества в почве.

Эти данные убедительно указывают на то, что под влиянием антропогенных факторов, снижения содержания ОВ в торфяных почвах их фосфатный фонд становится более «рыхлым», когда при относительно меньшем содержании фосфатов в почве доступность их растениям становится выше.

### Выводы

1. Под влиянием осушения и длительного сельскохозяйственного использования на месте торфяных образуется комплекс, включающий торфяные, торфяно-минеральные, минеральные остаточно-торфяные и минеральные постторфяные почвы. В почвах разных стадий эволюции

трансформируется содержание валовых, органических, минеральных, подвижных, доступных и легкодоступных фракций фосфатов и их структура.

2. В результате применения удобрений запасы валовой фракции фосфатов в слое 0–40 см в агроторфяных почвах увеличились в 2,1–4,1 раза по сравнению с почвой неосушенной; агроторфяной минеральной – 6,2; минеральных остаточно-торфяных – 2,1–2,8 и минеральной постторфяной – в 1,5 раза. Наиболее высокие запасы минеральных и подвижных соединений фосфатов сформировали почвы торфяно-минеральные, а наименьшие – агроторфяная и деградированная минеральная постторфяная. В то же время в последней накопилось больше доступных и легкодоступных соединений фосфатов – 250 и 210 кг/га соответственно, что в 2,5 и 5 раза больше, чем в почве агроторфяной.

3. Под влиянием антропогенных факторов наряду с уменьшением содержания ОВ в почве с 88 до 62% снижается также и долевое участие органических, соответственно, повышается удельный вес минеральных соединений. Возрастают относительные запасы подвижных (от 5 до 35%), доступных (от 0,8 до 6,8%) и легкодоступных (с 0,8 до 5,8%) соединений фосфатов.

## Литература

1. Эволюция почв мелиорируемых территорий / С. М. Зайко [и др.]. – Минск: Изд-во Университетское, 1990. – 288 с.
2. Зайко, С. М. Прогноз изменения осушенных торфяно-болотных почв республики / С. М. Зайко, П. Ф. Вашкевич, А. В. Горблюк // Эколого-экономические принципы эффективного использования мелиорированных земель / БелНИИМиЛ; редкол.: А. П. Лихацевич [и др.]. – Минск, 2000. – С. 104–107
3. Зайко, С. М. Изменение морфологии и водно-физических свойств осушенных торфяных почв / С. М. Зайко, П. Ф. Вашкевич // Почвенные исследования и применение удобрений: сб. науч. тр. / Белорус. НИИ почвоведения. – Минск, 2001. – Вып. 26. – С. 45–57.
4. Бамбалов, Н. Н. Роль болот в биосфере / Н. Н. Бамбалов, В. А. Ракович. – Минск: Беларус. навука, 2005. – 285 с.
5. Использование и охрана торфяных комплексов в Беларуси и Польше / под ред. В. И. Белковский и [др.]. – Минск: Хата, 2002. – 281 с.
6. Лихацевич, А. П. Мелиорация земель в Беларуси / А. П. Лихацевич, А. С. Мееровский, Н. К. Вахонин. – Минск: БелНИИМиЛ, 2001. – 308 с.
7. Трансформация торфяно-болотных почв юго-западной части Республики Беларусь под влиянием осушения и длительного сельскохозяйственного использования (на примере Брестской области) / Н. Н. Смян и [др.] // Изв. Акад. аграр. наук Респ. Беларусь. – 2000. – № 3. – С. 54–57.
8. Цытрон, Г. С. Антропогенно-преобразованные почвы Беларуси / Г. С. Цытрон. – Минск: Ин-т почвоведения и агрохимии, 2004. – 124 с.
9. Почвы сельскохозяйственных земель Республики Беларусь / Комитет по земельным ресурсам, геодезии и картографии. – Минск, 2001. – 182 с.
10. Петухова, Н. Н. Геохимия почв Белорусской ССР / Н. Н. Петухова. – Минск: Наука и техника, 1987. – 231 с.
11. Слагада, Р. Г. Изменение физических свойств и состава торфяных почв в процессе их сельскохозяйственного использования / Р. Г. Слагада // Мелиорация переувлажненных земель. – 2006. – № 1 (53). – С. 119–127.
12. Усачева, Л. Н. Оценка степени деградации осушенных торфяных почв по биологическому критерию / Л. Н. Усачева, Н. В. Шорох // Мелиорация переувлажненных земель. – 2006. – № 1 (55). – С. 119–129.
13. Методические указания по полевому исследованию и картографированию антропогенно-преобразованных торфяных почв Беларуси / Ин-т почвоведения и агрохимии. – Минск, 2001. – 19 с.
14. Крупномасштабное агрохимическое и радиологическое обследование почв сельскохозяйственных земель Республики Беларусь: метод. указания / под ред. И. М. Богдевича. – Минск, 2006. – 64 с.
15. Семененко, Н. Н. Антропогенно-преобразованные деградированные торфяные почвы, их особенности и пути более эффективного использования / Н. Н. Семененко, П. П. Крот, О. Л. Толстяк // Земляробства і ахова раслін. – 2007. – № 6. – С. 53–56.
16. Внутрехозяйственная качественная оценка (бонитировка) почв Республики Беларусь по их пригодности для возделывания основных сельскохозяйственных культур: метод. указания / Ин-т почвоведения и агрохимии. – Минск, 1998. – 25 с.
17. Иванов, С. Н. Физико-химический режим фосфатов торфов и дерново-подзолистых почв / С. Н. Иванов. – Минск: Госиздат с.-х. лит.-ры БССР, 1962. – 251 с.
18. Лупинович, И. С. Торфяно-болотные почвы БССР и их плодородие / И. С. Лупинович, Т. Ф. Голуб. – Минск: Изд-во АН БССР, 1958. – 315 с.
19. Мельниченко, Е. И. Влияние мелиорации и сельскохозяйственного использования на фосфатный режим торфяных почв: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / Е. И. Мельниченко. – Минск, 1988. – 23 с.
20. Семененко, Н. Н. Фосфорный режим торфяно-болотных почв и фосфорное питание картофеля: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.04 / Н. Н. Семененко; Ин-т земледелия. – Жодино, 1973. – 27 с.

21. Агрoхимические методы исследования почв. – М.: Наука, 1975 – 656 с.
22. Почвы. Определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Кирсанова в модификации ЦИНАО: ГОСТ 26207–91. – Введ. 01.07.93. – Минск: Госстандарт, 1992. – 6 с.
23. Семененко, Н. Н. Методы определения содержания доступных растениям соединений азота, фосфора и калия в деградированных торфяных почвах / Н. Н. Семененко, В. А. Журавлев. – Минск, 2005. – 24 с.

*N. N. SEMENENKO*

## **AGROGENIC EVOLUTION OF PHOSPHATE FRACTIONAL COMPOSITION OF POLESYE PEAT SOILS**

### **Summary**

The results of the research on studying the influence of drainage and long agricultural use (50 years) of peat soils on the transformation and content evolution as well as on the structure of phosphate fractions are presented. Under the influence of anthropogenic factors along with the reduced content of organic matter in soil the equity participation of organic compounds also decreases from 88 to 62% and mineral compounds specific weight increases. Relative reserves of mobile (from 5 to 35%), accessible (from 0.8 to 6.8%) and easily accessible (from 0.8 to 5.8%) phosphate compounds increase. As soon as the content of organic matter in soils reduces their phosphate fund becomes more “crumbly”.