



УДК 631.679.4

DOI: 10.36718/1819-4036-2020-6-3-10

О.А. Сорокина

**ЭФФЕКТИВНОСТЬ ДЕЙСТВИЯ И ПОСЛЕДЕЙСТВИЯ ФОСФОРИТНОЙ МУКИ  
НА ЧЕРНОЗЕМЕ ВЫЩЕЛОЧЕННОМ**

О.А. Sorokina

**THE EFFICIENCY OF EFFECT AND AFTER-EFFECT OF PHOSPHORITIC FLOUR  
ON CHERNOZEM LIXIVIOUS**

**Сорокина Ольга Анатольевна** – д-р биол. наук, проф. каф. почвоведения и агрохимии Красноярского государственного аграрного университета, г. Красноярск. E-mail: geos0412@mail.ru

**Sorokina Olga Anatolyevna** – Dr. Biol. Sci., Prof., Chair of Soil Science and Agrochemistry, Krasnoyarsk State Agrarian University, Krasnoyarsk. E-mail: geos0412@mail.ru

Острый дефицит одинарных фосфорных удобрений в земледелии и низкая обеспеченность почв подвижными фосфатами диктуют необходимость изучения эффективности водонерастворимого фосфорного удобрения на основе местных агоруд – фосфоритной муки. Это удобрение в чистом виде не рекомендуется применять на черноземных почвах, характеризующихся нейтральной или близкой к нейтральной реакцией. Оно эффективно только на кислых почвах. По материалам полевых производственных опытов установлена эффективность внесения фосфоритной муки на черноземе выщелоченном Чулымско-Енисейского природного округа. Выявлены положительное действие и последствие этого удобрения на улучшение комплекса агрохимических свойств почвы, условия питания и продуктивность яровой пшеницы в течение трех лет. Зафиксировано существенное повышение обеспеченности почвы подвижными фосфатами, а также оптимизация питания растений азотом и фосфором при внесении фосфоритной муки по результатам тканевой и химической растительной диагностики. Наиболее тесная корреляционная зависимость между содержанием подвижных фосфатов и

урожайностью пшеницы в год внесения удобрения установлена перед уборкой культуры в фазу полной спелости, что связано с пролонгацией периода растворения фосфоритной муки. При последствии удобрения самая сильная связь между показателями отмечалась в наиболее критическую фазу вегетации выход в трубку за счет активного поглощения растениями этого элемента. Между урожайностью яровой пшеницы и содержанием в почве нитратного азота получена средняя корреляционная зависимость. Эффективность фосфоритной муки по всем изученным показателям выше в севообороте «занятый пар – пшеница – пшеница – чистый пар» по сравнению с неудобренным севооборотом «чистый пар – пшеница – пшеница – чистый пар».

**Ключевые слова:** фосфор, элементы питания, содержание, пшеница, фосфоритная мука, балл обеспеченности, удобрение, последствие, урожайность, корреляционная зависимость.

*Acute shortage of single phosphorus fertilizers in agriculture and low availability of soil with mobile phosphates dictate the need to study the effective-*

ness of water insoluble phosphorus fertilizers based on local agricultural ore – phosphate flour. This fertilizer in its pure form is not recommended for using on chernozem soils characterized by a neutral or close to neutral reaction. It is effective only on sour soils. Based on the materials of field production experiments, the effectiveness of introducing phosphorus flour on leached chernozem of the Chulym-Yenisei Natural District was established. Positive effect and aftereffect of this fertilizer on improving the complex of agrochemical properties of the soil, nutrition conditions and productivity of spring wheat for three years were revealed. A significant increase in the availability of soil with mobile phosphates was recorded, as well as the optimization of plant nutrition with nitrogen and phosphorus when phosphate flour was added according to the results of cell and chemical plant diagnostics. The closest correlation between the content of mobile phosphates and wheat yield per year of fertilizer application was recorded before harvesting the crop in the phase of full ripeness, associated with the prolongation of the period of dissolution of phosphate flour. With the aftereffect of fertilizer, the strongest relationship between the indicators was observed in the most critical phase of growing season, the entry into the tube due to the active absorption of this element by the plants. Between the yield of spring wheat and the content of nitrate nitrogen in the soil average correlation dependence was obtained. The efficiency of phosphate flour was higher in all the indicators in the crop rotation "occupied fallow – wheat – wheat – pure fallow" compared to not fertilized "pure fallow – wheat – wheat – pure fallow".

**Keywords:** phosphorus, nutrients, content, wheat, phosphorus flour, security score, fertilizer, aftereffect, productivity, correlation dependence.

**Введение.** Влияние фосфора (P) на жизнь живых организмов многообразно и очень важно. Его называют элементом мысли и энергии за счет участия в синтезе белка и других органических соединений, передаче наследственности, росте, размножении, дыхании, фотосинтезе и других важнейших физиолого-биохимических процессах [1]. Для нормального функционирования организма взрослого человека каждый день необходимо поступление с пищей (в основном животного происхождения) 1,5 г P, или 550 г P в год. Для удовлетворения общей годо-

вой потребности в пищевом фосфоре населения РФ (143 млн чел.) в продуктах питания его должно содержаться не менее 75 тыс. тонн. С учетом коэффициентов усвоения сельскохозяйственными культурами фосфора из удобрений и коэффициентов перевода этой продукции в продукты питания потребность в фосфатных удобрениях составляет не менее 1,5 млн тонн  $P_2O_5$  в год, или 20 кг  $P_2O_5$ /га в день.

В то же время агрогеохимический баланс основных питательных веществ (NPK) на территории России в настоящее время складывается весьма неблагоприятно: нарастает питательная деградация пахотных почв, заключающаяся в снижении их плодородия, стока атмосферной  $CO_2$ , усилении эрозионной опасности. Наибольшую тревогу вызывает остродефицитный баланс фосфора в почвах и жесткий дефицит однокомпонентных фосфорных удобрений как в земледелии РФ, так и Красноярского края. Поэтому проблема фосфора заключается не только в крайне недостаточном уровне внесения фосфорных удобрений, но и в низкой обеспеченности почв большинства регионов РФ доступным фосфором [2, 3]. В настоящее время на поля нашей страны и края вносится в среднем не более 4 кг  $P_2O_5$  на гектар, что в 50 раз меньше, чем в странах Европы. Потребность сельского хозяйства в фосфорных удобрениях удовлетворяется не более чем на 10–15 %, преимущественно за счет комплексных фосфорсодержащих удобрений [4, 5].

Классик русской агрономии и агрохимии академик Д.Н. Прянишников рекомендовал поддерживать баланс фосфора на уровне 120–130 %, т.е. на 100 кг выноса фосфора необходимо внесение 120–130 кг фосфорных удобрений [6]. Интенсивность баланса фосфора при низком содержании подвижных форм этого элемента должна составлять не менее 200 %, при среднем 150 %, при высоком и очень высоком 80–100 % на почвах легкого гранулометрического состава и тяжелого 40–100 %, в зависимости от содержания в почве подвижных форм. Фактический же баланс фосфора в нашей стране и крае отрицательный, составляет менее 30 %. В этой связи необходимо значительно расширить изучение возможности применения местных агрохимических фосфорсодержащих ресурсов, к которым относятся агроруды-фосфориты, залежи которых на территории Красноярского края богатей-

шие [7, 8]. Размолот фосфоритов получают дешевое фосфорное удобрение – фосфоритную муку, эффективность применения которой ограничивается ее плохой способностью к растворению в нейтральной, тем более щелочной среде. Поэтому одним из путей решения проблемы дефицита фосфора может быть изучение возможности применения фосфоритной муки на почвах черноземного ряда и разработка соответствующих рекомендаций [7, 9].

**Цель исследования.** Изучить и оценить агрохимическую эффективность действия и последствия фосфоритной муки на свойства чернозема выщелоченного, условия питания и урожайность яровой пшеницы в условиях лесостепной зоны Чулымо-Енисейского природного округа.

**Объекты и методы исследования.** На черноземе выщелоченном ЗАО «Чулымское» Балахтинского района были проведены полевые производственные опыты по оценке эффективности действия и последствия слаборастворимого фосфорного удобрения – фосфоритной муки. Исследование проводилось в удобренном севообороте «занятый пар – пшеница – пшеница – чистый пар» в течение вегетационных периодов 2013–2016 гг. Для сравнительного контроля аналогичные исследования проводились в неудобренном севообороте «чистый пар – пшеница – пшеница – чистый пар», расположенном в непосредственной близости при совершенно идентичных геоморфологических условиях. Возделываемая культура – яровая пшеница сорта Новосибирская 29. С осени 2013 г после занятого пара под основную обработку была внесена смесь фосфоритной муки и сульфата аммония по 1 ц физической массы каждого удобрения на гектар. Смешивание нерастворимой фосфоритной муки и физиологически кислого сульфата аммония является приемом, усиливающим ее растворение. Осеннее внесение удобрений под основную обработку также увеличивает продолжительность контакта удобрений с почвой, пролонгирует и усиливает растворение фосфоритной муки.

До внесения удобрений поле площадью 200 га было разбито на пять элементарных участков, на которых из слоя почвы 0–20 см отбирался представительный агрохимический образец не менее чем из двадцати точечных проб. В 2014–2016 гг. отбор почвенных образцов проводился с десяти элементарных участков в фазу

выхода в трубку, которая характеризуется пиком поглощения питательных веществ, а также в фазу полной спелости непосредственно перед уборкой урожая. В отобранных образцах общепринятыми методами определены показатели, характеризующие состояние почвенно-поглощающего комплекса: обменная кислотность ( $pH_{\text{сол}}$ ) и гидролитическая кислотность ( $Hr$ ), а также обеспеченность нитратным азотом ( $N-NO_3$ ), подвижным фосфором ( $P_2O_5$ ) и обменным калием ( $K_2O$ ). Для проведения растительной диагностики, характеризующей условия питания растений в течение вегетации, сопряженно с отбором почвенных образцов, отбирали растительные пробы в 20-кратной повторности. Тканевая диагностика проводилась на срезах вегетирующих растений яровой пшеницы, в клеточном соке которой определяли балл обеспеченности азотом, фосфором и калием. В воздушно-сухой биомассе растений определили содержание валовых форм азота, фосфора и калия (ГОСТ 13496.4-93, ГОСТ 26657-97; ГОСТ 30504-97).

Учет биологической урожайности зерна и соломы яровой пшеницы проводили в пятикратной повторности по рамке площадью  $1m^2$ . Коэффициенты корреляции ( $r$ ) рассчитывали между урожайностью яровой пшеницы и содержанием в почве нитратного азота, подвижного фосфора ( $M_{sp}$ ) в фазу выхода в трубку и в период уборки урожая. Пользовались статистической программой Microsoft Excel.

**Результаты исследования и их обсуждение.** Особое значение в агрохимии придается оптимизации питания растений фосфором. По данным большинства исследователей, самая высокая эффективность фосфорных удобрений проявляется на черноземах. Это объясняется достаточной обеспеченностью почвы азотом, а также хорошим развитием корневой системы растений [1, 10]. На удобренных фосфором фонах растения на 10–15 % меньше расходуют влаги для создания единицы урожая, ускоряется их вегетация, активно формируются генеративные органы, что крайне важно для условий Сибирского региона.

Результаты почвенной диагностики исходного агрохимического состояния чернозема выщелоченного опытного поля (ср. по пяти элементарным участкам) свидетельствуют о нейтральной реакции почвы ( $pH_{\text{сол}}$  5,7), несколько повышенной величине гидролитической кислотности

сти (Нг – 3,1 мг-экв/100г почвы), при которой фосфоритная мука начинает растворяться, но ее эффективность ниже, чем суперфосфата. Обеспеченность почвы по содержанию минеральных форм азота низкая (N-NO<sub>3</sub> 2,9 мг/ кг почвы), подвижного фосфора низкая (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 103 мг/ кг почвы), обменного калия высокая (K<sub>2</sub>O 109 мг/ кг почвы), что характерно для черноземов выщелоченных тяжелого гранулометрического состава района исследования.

Установлено существенное увеличение содержания в почве подвижных фосфатов как в

год действия (2014 г.), так и в годы последствия (2015–2016 гг.) по сравнению с исходным его количеством. По содержанию фосфора почва перешла из класса низкой в класс средней обеспеченности. Зафиксировано более высокое содержание подвижных фосфатов в почве элементарных участков удобренного поля по сравнению с неудобренным, где пшеница возделывалась по чистому пару (табл. 1). Здесь их содержание составляло на порядок меньше, чем при внесении фосфоритной муки.

Таблица 1

**Содержание элементов питания при внесении фосфоритной муки на черноземе выщелоченном (n=10), мг/кг почвы**

Вариант	Выход в трубку			Полная спелость		
	N-NO <sub>3</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N-NO <sub>3</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
2014 г.						
Удобрённый	12,6	191,6	173,2	8,3	215,3	179,6
Без удобрения	12,3	174,7	184,5	3,5	97	126
2015 г.						
Удобрённый	10,5	170	136	5,8	179	138,3
Без удобрения	4,5	145	123	5,1	156	147

Обеспеченность почвы нитратным азотом на удобренном поле пшеницы по занятому пару практически не отличалась от поля пшеницы по чистому пару, где фосфоритная мука не вносилась. Это связано с мобилизацией азота почвы при внесении фосфорных удобрений, что приводит к выравниванию содержания нитратного азота по разным предшественникам. Кроме того, положительно повлияло внесение сульфата аммония совместно с фосфоритной мукой. Значительно снижалось содержание всех элементов питания от фазы выхода в трубку до полной спелости в течение вегетации 2014–2015 гг, связанное с интенсивным их выносом довольно высокими уровнями урожайности яровой пшеницы. Особенно низкое содержание всех элементов питания было отмечено на неудобренном поле. Так, содержание нитратного азота при внесении фосфоритной муки совместно с сульфатом аммония почти в три раза выше, чем на неудобренном поле.

В 2016 году почва опыта была отведена под чистый пар после двух зерновых культур. Результаты агрохимических анализов образцов почвы, отобранных с этого поля по элементарным участкам в период, соответствующий фазе выхода в трубку, представлены в таблице 2. По содержанию нитратного азота на удобренных участках почву можно отнести к среднему классу. Очевидно положительное влияние последствия фосфоритной муки, оказавшей мобилизирующее влияние на минеральный азот и, следовательно, повышение обеспеченности этим элементом питания. Содержание подвижного фосфора составило в среднем 165 мг/кг почвы, что соответствует классу высокой обеспеченности. Оно также остается более высоким в сравнении с исходными данными 2013 г. и неудобренным контролем. Это позволяет сделать вывод о сохранении последствия фосфоритной муки в течение трех лет.

## Содержание элементов питания при последствии фосфоритной муки в 2016 г., мг/кг почвы

Элементарный участок	N-NO <sub>3</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
1	11,5	181	186
2	14,5	201	157
3	20,4	161	170
4	20,4	144	178
5	13,2	143	141
6	16,6	138	129
7	13,8	141	134
8	16,6	145	141
9	16,9	131	165
10	15,9	121	144
Удобренный	16,0	165	155
Без удобрений	9,10	151	181

Таким образом, в годы последствия фосфоритной муки (с 2013 к 2016 г.) содержание подвижного фосфора по элементарным участкам уменьшалось за счет выноса урожаем яровой пшеницы, однако оставалось в классе высокой обеспеченности. При этом количество подвижного фосфора на неудобренном поле на порядок ниже, чем при внесении фосфоритной муки.

Результаты почвенной диагностики подтверждаются сопряженными данными тканевой и химической диагностики. Наукой установлены оптимальные уровни содержания элементов питания в органах растений в отдельные периоды вегетации, обеспечивающие благоприятные условия роста и формирования высокого урожая хорошего качества. Характерно, что растения яровой пшеницы по паровому предшественнику, накопителю азота, достаточно высоко обеспечены этим элементом питания в первый год после парования. В повторном посеве пшеницы по неудобренному пару происходит снижение балла обеспеченности азотом растений (табл. 3). Балл обеспеченности растений пшеницы азотом при внесении фосфоритной муки (ср. из 20 опр. по каждому элементарному участку) составляет по годам 3,0–3,2. В то же время концентрация фосфора и калия в клеточном соке этих растений очень низкая, но она существенно увеличивается при внесении фосфо-

ритной муки. Это подтверждает важнейшее физиологическое значение сбалансированного питания растений. Совместное внесение азотно-фосфорных удобрений способствует увеличению балла обеспеченности фосфором растений пшеницы в очень ответственную фазу вегетации – выход в трубку. По этому показателю можно спрогнозировать повышение урожайности через ускорение формирования генеративных органов. Не повышается концентрация калия в клеточном соке растений при внесении указанных удобрений.

Содержание валовых форм элементов питания по химической растительной диагностике достаточное, способствует нормальному развитию яровой пшеницы без угрозы отставания в развитии генеративных органов. Характерно некоторое увеличение валового (общего) фосфора в вегетирующих растениях пшеницы при внесении фосфоритной муки в фазу выхода в трубку в оба года исследований. В 2014 г. количество азота в зеленой массе растений в эту фазу существенно выше по неудобренному фосфором паровому предшественнику, являющемуся накопителем минерального азота. Однако в год последствия фосфоритной муки (2015 г.) содержание азота в вегетативной массе пшеницы выше за счет усиления поступления азота при оптимизации фосфорного питания.

Таблица 3

**Результаты тканевой и химической диагностики питания растений яровой пшеницы, фаза выхода в трубку (n=20)**

Вариант	2014 г.			2015 г.		
	N	P	K	N	P	K
Балл обеспеченности элементами питания						
Удобренный	3	3	0,5	3,2	2,3	0,6
Без удобрений	5	2	1	2,1	2	0,4
Содержание валовых форм, %						
Удобренный	2,86	0,38	2,33	2,77	0,38	2,96
Без удобрений	3,99	0,35	3,69	2,47	0,36	3,25

Урожайность яровой пшеницы на удобренном поле в среднем по элементарным участкам выше, чем на не удобренном в оба года. Средняя урожайность при внесении удобрений со-

ставляет 2,6–2,7 т/га, а на неудобренном 2,2–2,5 т/га. Существенно выше при внесении удобрений урожайность соломы, что следует из таблицы 4.

Таблица 4

**Урожайность яровой пшеницы при внесении фосфоритной муки, т/га**

Элементарный участок	2014 г.		2015 г.	
	Зерно	Солома	Зерно	Солома
1	1,7	2,5	1,8	4,0
2	2,8	3,6	1,7	3,5
3	3,5	2,7	3,8	7,9
4	2,2	3,2	2,5	5,1
5	2,8	2,7	3,4	5,6
6	3,1	3,0	3,5	7,9
7	2,4	2,4	3,5	6,1
8	3,6	3,6	2,9	5,5
9	2,2	2,3	1,9	4,1
10	1,6	2,0	2,1	5,2
В среднем по удобренному полю	2,6	2,8	2,7	5,5
Без удобрений	2,2	2,2	2,5	4,6

Величина урожайности зависит от многих почвенных и климатических факторов, значение которых тесно переплетается и носит комплексный характер. В такой ситуации конкретное действие каждого из них установить трудно. Но все же существуют методы, позволяющие учитывать влияние ряда факторов на урожай. Одним из них является математический корреляционный анализ, который дает возможность увидеть статистическую взаимосвязь между факторами.

Установлено отсутствие корреляционной зависимости между урожайностью яровой пшеницы и содержанием в почве нитратного азота, а также подвижных фосфатов (Mcp) в фазу выхода в трубку 2014 г., что связано с достаточной обеспеченностью растений азотом и неполной растворимостью фосфора фосфоритной муки, внесенной осенью 2013 г. (табл. 5). В 2014 г. к фазе пол-

ной спелости корреляционная связь между изучаемыми показателями становится значительно тесней, особенно между урожайностью пшеницы и содержанием в почве подвижных фосфатов.

В 2015 г. зафиксирована самая тесная корреляционная зависимость между урожайностью пшеницы и содержанием подвижного фосфора в наиболее ответственную фазу вегетации – выход в трубку. Коэффициент корреляции (r) высокий, составляющий  $0,87 \pm 0,099$ , что обусловлено последствием фосфоритной муки, которая к этому времени успела хорошо раствориться. Значительно увеличились величины коэффициентов корреляции между урожайностью пшеницы и содержанием в почве нитратного азота. К фазе полной спелости отмечено снижение тесноты связи, но она остается положительной средней.

**Корреляционная зависимость (r) урожайности зерна яровой пшеницы и элементов питания в почве (M<sub>ср</sub>) при внесении фосфоритной муки**

Показатель	2014 г.				2015 г.			
	Выход в трубку		Полная спелость		Выход в трубку		Полная спелость	
	Статистические показатели							
	M <sub>ср</sub>	r	M <sub>ср</sub>	r	M <sub>ср</sub>	r	M <sub>ср</sub>	r
Урожайность, т/га	2,6		2,6		2,7		2,7	
N-NO <sub>3</sub> , мг/кг почвы	12,6	-0,39	7,9	0,38	10,5	0,77	5,8	0,54
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , мг/кг почвы	207,4	0,10	207	0,82	170,9	0,87	178,5	0,48

В целом наиболее сильная корреляционная зависимость наблюдается между содержанием подвижного фосфора в почве и урожайностью пшеницы, что несомненно связано с положительным эффектом действия и последствия фосфоритной муки. Это сказалось на формировании более высокой продуктивности яровой пшеницы, прибавки урожайности зерна и соломы при внесении удобрений.

**Заключение.** Таким образом, совместное внесение сульфата аммония и фосфоритной муки с осени 2013 г. под яровую пшеницу по занятому пару существенно увеличило в течение трех последующих лет содержание подвижных фосфатов и нитратного азота в почве по сравнению с неудобренной пшеницей по чистому пару. При внесении фосфоритной муки установлено повышение балла обеспеченности фосфором растений пшеницы, а также содержания в них валового фосфора в очень ответственную фазу вегетации – выход в трубку, когда идет закладка генеративных органов.

Урожайность зерна и соломы яровой пшеницы в севообороте (занятый пар – пшеница – пшеница – чистый пар) за счет действия и последствия фосфоритной муки выше, чем в севообороте (чистый пар – пшеница – пшеница – чистый пар).

Корреляционная зависимость между урожайностью яровой пшеницы и содержанием в почве нитратного азота, а также подвижного фосфора в фазу выхода в трубку при условиях достаточного обеспечения растений азотом, а также неполной растворимости фосфора фосфоритной муки в год действия удобрения отсутствовала. Наиболее тесная корреляция отмечалась между содержанием подвижного фосфора и урожайностью пшеницы в фазу полной спелости за счет увеличения продолжительности взаимодействия фосфоритной муки с почвой,

повышения ее растворимости и доступности фосфора удобрения растениям в первый год действия.

Наиболее тесная корреляция за период последствия фосфоритной муки установлена между содержанием подвижных фосфатов и урожайностью пшеницы в фазу выхода в трубку за счет активного поглощения этого элемента растениями. Зафиксирована средняя корреляционная зависимость между урожайностью яровой пшеницы и содержанием в почве нитратного азота, а также подвижного фосфора в период уборки пшеницы.

Последствие фосфоритной муки, внесенной в 2013 г., показало устойчивый положительный эффект, выраженный прибавкой урожая пшеницы, оптимальным состоянием агрохимических показателей.

На основании проведенных опытов с внесением фосфоритной муки на черноземе выщелоченном Балахтинского района рекомендуется более широкое изучение эффективности этого удобрения на черноземных почвах с повышенной гидролитической кислотностью в других районах лесостепной зоны Красноярского края. Полученные результаты призваны повысить интерес к применению фосфоритной муки как альтернативе для снижения острого дефицита фосфорных удобрений, оптимизации фосфатного состояния почв и фосфорного питания сельскохозяйственных культур.

### Литература

1. Чумаченко И.Н. Фосфор в жизни растений и плодородии почв. М.: ЦИНАО, 2002. 124 с.
2. Антипина Л.П. Фосфор в почвах Сибири: автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук. Омск, 1991. 36 с.

3. Гинзбург К.Е. Фосфор основных типов почв СССР. М.: Наука, 1981. 244 с.
4. Применение промышленной фосфоритной муки и местных сыромолотых фосфоритов: рекомендации / Н.В. Войтович, Б.А. Сушеница, В.Н. Капранов [и др.]. М.: ВНИИА, 2004. 5 с.
5. Горощенко Л.Г. Российское производство минеральных удобрений в 2014 году и в 1 квартале 2015 года // Химический комплекс России. 2015. № 6(248). С. 22–27.
6. Прянишников Д.Н. Агрохимия // Избр. соч. М.: Колос, 1965. Т. 1. 767 с.
7. Выручек А.А., Кильби И.Я., Танделов Ю.П. Эффективность фосфоритной муки на почвах лесостепной и подтаежной зон Красноярского края // Возможности сельскохозяйственного использования фосфоритов Сибири: науч.-техн.-бюл. / ВАСХНИЛ, Сиб. отделение. Новосибирск, 1982. Вып. 6-7. С. 3–14.
8. Сушеница Б.А., Капранов В.Н. Фосфориты малых месторождений в решении проблемы фосфора в земледелии // Агрохимия и экология: история и современность: мат-лы Междунар. науч.-практ. конф. / НГСХА. Н. Новгород: Изд-во ВВАГС, 2008. Т. 1. С. 67–71.
9. Сорокина О.А. Влияние фосфоритной муки на показатели плодородия чернозема выщелоченного и продуктивность яровой пшеницы // Вестник Хакасского государственного университета им. Н.Ф. Катанова. 2018. № 25. С. 23–27.
10. Шилов А.Н., Плотников А.М. Зависимость урожайности яровой пшеницы от содержания в почве доступных форм фосфора // Вестник Курганской ГСХА. 2012. № 3 (3). С. 40–42.

#### Literatura

1. Chumachenko I.N. Fosfor v zhizni rastenij i plodorodii pochv. M.: CINAO, 2002. 124 s.
2. Antipina L.P. Fosfor v pochvah Sibiri: avtoref. dis. ... d-ra s.-h. nauk. Omsk, 1991. 36 s.
3. Ginzburg K.E. Fosfor osnovnyh tipov pochv SSSR. M.: Nauka, 1981. 244 s.
4. Primenenie promyshlennoj fosforitnoj muki i mestnyh syromolotyh fosforitov: rekomendacii / N.V. Vojtovich, B.A. Sushenica, V.N. Kapranov [i dr.]. M.: VNIIA, 2004. 5 s.
5. Goroshhenko L.G. Rossijskoe proizvodstvo mineral'nyh udobrenij v 2014 godu i v 1 kvartale 2015 goda // Himicheskij kompleks Rossii. 2015. № 6(248). S. 22–27.
6. Prjanishnikov D.N. Agrohimiya // Izbr. soch. M.: Kolos, 1965. T. 1. 767 s.
7. Vyrucek A.A., Kil'bi I.Ja., Tandelov Ju.P. Jefferktivnost' fosforitnoj muki na pochvah lesostepnoj i podtaezhnoj zon Krasnojarskogo kraja // Vozmozhnosti sel'skohozjajstvennogo ispol'zovanija fosforitov Sibiri: nauch.-tehn.-bjul. / VASHNIL, Sib. otd-nie. Novosibirsk, 1982. Vyp. 6-7. S. 3–14.
8. Sushenica B.A., Kapranov V.N. Fosfority malyh mestorozhdenij v reshenii problemy fosfora v zemledelii // Agrohimiya i jekologija: istorija i sovremennost': mat-ly Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. / NGSXA. N. Novgorod: Izd-vo VVAGS, 2008. T. 1. S. 67–71.
9. Sorokina O.A. Vlijanie fosforitnoj muki na pokazateli plodorodija chernozema vyshhelochennogo i produktivnost' jarovoj pshenicy // Vestnik Hakasskogo gosudarstvennogo universiteta im. N.F. Katanova. 2018. № 25. S. 23–27.
10. Shilov A.N., Plotnikov A.M. Zavisimost' urozhajnosti jarovoj pshenicy ot soderzhaniya v pochve dostupnyh form fosfora // Vestnik Kurganskoj GSHA. 2012. № 3 (3). S. 40–42.