

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА И ПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕЙ
ПРОМЫШЛЕННОСТИ КРАСНОДАРСКОГО КРАЯ
ФГБНУ «ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ИНСТИТУТ РИСА»
ФГБОУ ВПО «КУБАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
ФГБНУ «ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ИНСТИТУТ АГРОХИМИИ им. Д.Н. ПРЯНИШНИКОВА»

**ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА ПРИМЕНЕНИЯ
ФОСФОГИПСА НЕЙТРАЛИЗОВАННОГО
В РИСОВОДСТВЕ**
Методические рекомендации

Краснодар, 2016

УДК 631.821; 631.851
ББК 40.4

Рекомендации подготовили:

Коробка А.Н. (Администрация Краснодарского края), Орленко С.Ю., Тимофеев М.Н., Журавель А.Н., Малышева Н.Н. (Министерство сельского хозяйства и перерабатывающей промышленности Краснодарского края); Гаркуша С.В., Шеуджен А.Х., Бондарева Т.Н., Хачмамук П.Н., Галай Н.С., Галкин Г.А., Кремзин Н.М., Есаулова Л.В., Зоз О.В. (ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт риса»); Трубилин А.И., Коцаев А.Г., Жиленко С.В., Хурум Х.Д., Онищенко Л.М., Лебедовский И.А., Есипенко С.В. (ФГБОУ ВПО «Кубанский госагроуниверситет»); Сычев В.Г., Шильников И.А., Аканова Н.И. (ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт агрохимии им. Д.Н. Прянишникова»); Кизинек С.В., Кваша А.А. (ФГУП РПЗ «Красноармейский» им. А.И. Майстренко); Серегин М.Б., Локтионов М.Ю., Добрыдnev Е.П. (ОАО «Минерально-химическая компания «ЕвроХим»).

Теория и практика применения фосфогипса нейтрализованного в рисоводстве: методические рекомендации. – Краснодар: ВНИИ риса, 2016. –

ISBN 978-5-9238-0131-6

© ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт риса»;
ФГБОУ ВПО «Кубанский госагроуниверситет»

ВВЕДЕНИЕ

Реализацию потенциала продуктивности районированных сортов невозможно обеспечить без оптимизации минерального питания сельскохозяйственных растений, а, следовательно, получать высокие урожаи и решить проблемы продовольственной безопасности страны. Удобрений в нашей стране за последние годы вносится недостаточно. Даже в Краснодарском крае на один гектар посевов риса вносится в среднем 170–200 кг минеральных удобрений, а в 80-е годы прошлого века эта цифра составляла 330–350 кг.

Недостаточные объемы применения удобрений ведут к тому, что формирование урожая риса происходит за счет плодородия почв. Дисбаланс между отчуждением элементов питания из почвы с урожаем и поступлением с удобрениями ведет к снижению содержания в почве их доступных растениям форм. За последние 15 лет в почвах Краснодарского края содержание подвижных форм бора сократилось на 10 %, кобальта – 14 %, марганца – 10 %, меди – 7 %, молибдена – 15 %, цинка – на 6 %. Особенно заметны негативные последствия недостаточного внесения удобрений на посевах риса, т. к. в затопленной почве потери азота увеличиваются, а подвижность большинства микроэлементов уменьшается за счет образования недоступных растениям соединений – гидрокарбонатов, сульфидов, фосфидов. В результате недостаточного применения удобрений не только снижается продуктивность сельскохозяйственных земель, но и интенсивное сельскохозяйственное использование без проведения мелиоративных мероприятий ведет к их деградации.

Частично проблема обеспечения растений элементами минерального питания и регулирования физико-химических свойств почв решается при использовании побочных продуктов промышленного производства, применение которых существенно снижает затраты на производство сельскохозяйственной продукции. В этом направлении представляет интерес фосфогипс нейтрализованный – побочный продукт производства экстракционной фосфорной кислоты. Его запасы только в ООО «ЕвроХим–БМУ» (г. Белореченск, Краснодарский край) оцениваются в 4,5 млн. т и ежегодно они увеличиваются. Такое количество фосфогипса занимает огромную площадь и за-

грязнит окружающую среду. Проблема утилизации фосфогипса усиливается с каждым годом. А вместе с тем, он содержит более: 37 % кальция, 21 – серы, 2 – фосфора, 1 % кремния, в небольших количествах необходимые и незаменимые для жизнедеятельности растений макро-, мезо-, микро- и ультрамикроэлементы. При внесении фосфогипса в количестве 1 т/га на поле поступает 265 кг – Ca, 215 – S(общ.), 20 – P₂O₅ и 9,8 кг SiO₂. Таким образом, фосфогипс является ценным поликомпонентным удобрением для сельскохозяйственных культур и мелиорантом для почв.

Применение попутных продуктов промышленного производства минеральных удобрений связано с проблемой рационального использования природных ресурсов. При этом решаются комплекс важнейших проблем: более полное использование сырьевых ресурсов, создание производства новых продуктов, улучшение экологической обстановки в регионе.

Таким образом, использование фосфогипса в сельском хозяйстве может решить одновременно следующие важнейшие народно-хозяйственные задачи:

- снижение затрат на оптимизацию минерального питания сельскохозяйственных растений;
- улучшение физико-химических свойств почвы и предотвращение их обеднения мезо- и микроэлементами. Особое значение имеет применение фосфогипса на солонцах и солонцовых почвах;
- улучшение экологической обстановки в местах производства фосфорных удобрений.

1. ФОСФОГИПС – ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫЙ МЕЛИОРАНТ СОЛОНЦОВ И СОЛОНЦОВЫХ ПОЧВ РИСОВЫХ ПОЛЕЙ

На рисовых оросительных системах Краснодарского края солонцы и солонцовые почвы занимают около 4 тыс. га, причем на 262 га возделывание риса без мелиоративных мероприятий невозможно. Преимущественно они распространены в правобережной части дельты р. Кубани к северу и востоку от бывшего ее рукава – Ангелинского ерика. Значительные площади занимают солонцы и солонцовые почвы на второй террасе р. Кубани между станицами Марьянской и Новомышастовской. Приурочены эти почвы обычно к замкнутым понижениям с уровнем залегания грунтовых вод от 0,5 до 3 м. Располагаются они как отдельно, так и в комплексе с солончаками. Все они нуждаются в мелиорации, т. к. урожайность сельскохозяйственных культур на них низкая. Эти почвы подвержены вторичному засолению содового химизма при орошении водами, содержащими повышенные концентрации натрия и магния, а также после подъема содовых грунтовых вод. В результате гидролитических процессов происходит насыщение почвенного поглощающего комплекса магнием и натрием, а неблагоприятные водно-физические, физико-химические и физико-механические свойства солонцов препятствуют их своевременной обработке, подготовке к посеву и уборке урожая. Классификация почв по степени солонцеватости приведена в таблице 1 (Руководство по контролю ..., 2015).

Солонцовые почвы отличаются рядом специфических, весьма неблагоприятных физических, водно-физических и физико-химических свойств. Большое количество натрия и магния в поглощающем комплексе солонцов сказывается отрицательно на их микробиологической активности и способствует диспергированию почвы, ее сильному набуханию и заплыванию при увлажнении, уплотнению и растрескиванию на крупные прочные отдельности при высушивании. Реакция почвенного раствора у солонцов, как правило, щелочная.

В зависимости от состава солей различают хлоридное, сульфатное, хлоридно-сульфатное, хлоридно-содовое, содово-хлоридное, сульфатно-содовое, содово-сульфатное и сульфатно-хлоридно-гидрокарбонатное засоление, а по содержанию солей почвы подразделяют на незасоленные, слабо-, средне-, сильно- и очень сильно засоленные (таблица 2; Руководство по контролю..., 2015).

Таблица 1 – Классификация почв по степени солонцеватости

Степень солонцеватости	Обменный Na, % от емкости обмена	
	высокогумусные (черноземы, лугово-черноземные, черноземы луговые)	малогумусные (каштановые, южные черноземы и т. д.)
Несолонцеватые	< 5	< 3
Слабосолонцеватые	5–10	3–5
Среднесолонцеватые	10–15	5–10
Сильносолонцеватые	15–20	10–15

Примечание: По глубине залегания осолонцованного горизонта: < 30 см – солонцеватые; > 30 см – глубокосолонцеватые.

Таблица 2 – Классификация почв по содержанию солей в зависимости от химизма засоления (сумма солей)

Степень засоления	Химизм засоления (соотношение ионов в мг-экв) при засолении					
	нейтральном (pH < 8,5)			щелочном (pH > 8,5)		
	хлоридный, сульфатно-хлоридный Cl:SO ₄ >1	хлоридно-сульфатный Cl:SO ₄ =1–0,2	сульфатный Cl:SO ₄ <0,2	хлоридно-содовый и содово-хлоридный Cl:SO ₄ >1, HCO ₃ >Ca+Mg, HCO ₃ >SO ₄	сульфатно-содовый и содово-сульфатный Cl:SO ₄ <1, HCO ₃ >Ca+Mg, HCO ₃ >Cl	сульфатно-хлоридно-гидрокарбонатный HCO ₃ >Cl, HCO ₃ >SO ₄ , HCO ₃ <Ca+Mg
Порог токсичности (незасоленные)	< 0,1	< 0,2	< 0,3	< 0,1	< 0,15	< 0,2
Слабая	0,1–0,2	0,2–0,4(0,6)*	0,3(1,0)–0,6(1,2)	0,1–0,2	0,15–0,25	0,2–0,4
Средняя	0,2–0,4	0,4(0,6)–0,6(0,9)	0,6(1,2)–0,8(1,5)	0,2–0,3	0,25–0,40	0,4–0,5
Сильная	0,4–0,8	0,6(0,9)–1,0(1,4)	0,8(1,5)–1,5(2,0)	0,3–0,5	0,40–0,6	не встречается
Очень сильная	> 0,8	> 1,0(1,4)	> 1,5(2,0)	> 0,5	> 0,6	не встречается

*Цифры в скобках соответствуют степеням засоления по сумме солей в гипсоносных почвах, к которым отнесены почвы, содержащие более 1 % CaSO₄·2H₂O; по данным водных вытяжек, обычно эти почвы содержат более 10–12 мг-экв Ca и SO₄ (нетоксичного).

Одним из основных источников поступления карбонатов натрия в рисовые почвы является оросительная вода. Вполне пригодной для орошения считается вода, содержащая солей не более 1 г/л и лишь в отдельных случаях – до 1,5 г/л. Если концентрация солей достигает 4 г/л, то уже в первый год ее использования для орошения отмечаются признаки засоления почвы. По степени минерализации поливные воды делятся на 5 классов (таблица 3). Для орошения можно использовать только пресную и слабосоленоватую воду.

Таблица 3 – Классификация поливной воды по степени минерализации (сухой остаток, г/л)

Степень минерализации	Сухой остаток, г/л	Степень минерализации	Сухой остаток, г/л
Пресные	1	Сильноминерализованные	10–50
Слабоминерализованные	1–3	Рассолы	> 50
Среднеминерализованные	3–10		

Вода р. Кубани, используемая для орошения рисовых полей, является гидрокарбонатно-кальциевой (натриевой), содержит в своем составе около 34 мг/л кальция и 32 мг/л натрия и имеет слабощелочную реакцию. Поскольку концентрация натрия в оросительной воде практически равно содержанию кальция, это может вызвать вторичное осолонцевание почв, используемых под рис.

Основным способом мелиорации солонцовых почв является химический, при котором вносят кальцийсодержащий материал для замены катионами кальция обменно-поглощенных катионов натрия и магния в почвенном поглощающем комплексе. Выбор мелиорантов зависит от химизма засоления и степени солонцеватости почв. На нейтральные сульфатные или хлоридно-сульфатные остаточно-натриевые солонцовые почвы с содержанием в мелиорируемом слое карбонатов < 3 % и гипса < 0,3 % следует вносить гипс, глиногипс, фосфогипс. Мелиорацию многонатриевых (натрия > 25 % от суммы катионов) хлоридно-сульфатных, сульфатно-хлоридных солонцов эффективнее проводить веществами, имеющими кислую реакцию (фосфогипс, отработанная серная кислота, отработанный электролит трав-

ления стали). В последние годы, в силу сложившейся напряженной экономической ситуации в стране, для химической мелиорации целесообразно использовать отходы местной промышленности и сельского хозяйства, а также приготовленные на их основе удобрительно-мелиорирующие смеси и органо-минеральные компосты. Эти средства включают мелиорирующую и удобрительную основу. Наиболее эффективен фосфогипс, применяемый как в чистом виде, так в компосте с навозом крупного рогатого скота или птичьего помета.

При окультуривании солонцовых почв, наряду с внесением химических мелиорантов, необходимы глубокая обработка почвы для создания условий использования карбонатов кальция или гипса, содержащихся в ней самой (самомелиорация почвы), внесение органических и минеральных удобрений, а на орошаемых участках также травосеяние. Для повышения их эффективного плодородия наряду с химической мелиорацией необходим комплекс химических, агротехнических и инженерно-мелиоративных мероприятий, таких как: переменнo-глубокая вспашка; поддержание работоспособности дренажной сети на уровне проектных отметок; внесение органических и минеральных удобрений. При гипсовании почвы приобретают благоприятные агрономические свойства. Так, гипсование солонцов и засоленных рисовых почв улучшало их физико-химические свойства и в зависимости от фона минеральных удобрений повышало урожайность риса на 5,1–10,9 ц/га (Бугаевский В.К., 1982).

Мелиорация солонцовых земель – важный резерв увеличения производства зерна риса. Высокоэффективным и экологически безопасным приемом химической мелиорации солонцов является применение фосфогипса нейтрализованного, который вместе с этой главной функцией является источником увеличения содержания в почве кальция, серы, кремния, фосфора и целого ряда микроэлементов. При его внесении отмечается также улучшение качественного состава гумуса.

1.1 Основные характеристики фосфогипса нейтрализованного

Фосфогипс, используемый в сельском хозяйстве, в соответствии с техническими условиями ТУ 113-08-418-94 должен соответствовать показателям, приведенным в таблице 4. По своим характеристикам он подразделяется на два класса, которые, имея одинаковую долю основного вещества ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), различаются по гранулометрическому составу и гигроскопической влажности. Следует отметить, что фосфогипс сорта 2 отличается менее благоприятными свойствами.

Таблица 4 – Показатели качества фосфогипса, применяемого в сельском хозяйстве (ТУ 113-08-418-94)

Показатель	Значение	
	1-й сорт	2-й сорт
Содержание $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ в пересчете на сухой дигидрат, %	≥ 92	≥ 92
Содержание гигроскопической воды, %	≤ 6	≤ 20
Содержание водорастворимых фтористых соединений, в пересчете на фтор, %	0,4	0,3
Массовая доля частиц (комков) размером:		
> 10 мм*	отсутствие	отсутствие
5–10 мм	≤ 1	≤ 20
> 1 мм, не более	≤ 6	не нормируется
Содержание кадмия, мышьяка, ртути, свинца и других токсичных элементов, %	должно выдерживать требования безопасности и охраны окружающей среды	

* При расчете доз фосфогипса его частицы крупнее 10 мм следует считать балластом.

Содержание мезо- и микроэлементов в фосфогипсе нейтрализованном, выполняющих многоплановую роль в жизни растений, представлено в таблице 5. Качественный состав фосфогипса позволяет квалифицировать его как поликомпонентное минеральное удобрение. На это следует обратить особое внимание, т. к. в настоящее время объемы производства мезо- и микроудобрений недостаточны, промышленные поставки обеспечивают применение лишь на 11,5 % площадей посевов, нуждающихся в микроудобрениях.

Таблица 5 – Химический состав фосфогипса нейтрализованного*

Показатель	Содержание, % воз- душно-сухой массы	Показатель	Содержание, % воз- душно-сухой массы
MgO	0,025	Mn	0,001
SiO ₂	0,98	Ni	0,0002
P _{общ} (по P ₂ O ₅)	2,00	Cu	0,0008
S _{общая}	21,5	Zn	0,0003
K ₂ O	<0,001	Y	0,0014
CaO	37,12	Zr	0,0075
TiO ₂	0,007	La	0,02
V	<0,001	Ce	0,046
Cr	<0,001		

*Методы испытаний в соответствии с ПНД Ф 16.1.42-04 (ПНД Ф – природо-охранные нормативные документы федеральные).

Фосфогипс нейтрализованный обладает хорошими физико-механическими свойствами – не слеживается, сыпуч, не гигроскопичен. Это позволяет механизировать все технологические процессы: хранения, транспортировки и внесения.

1.2 Расчет доз мелиоранта

Существует несколько методов определения дозы внесения мелиоранта. Ее рассчитывают по:

- 1) количеству обменного натрия;
- 2) методом «донасыщения»;
- 3) порогу коагуляции высокодисперсных частиц.

1. По количеству обменного натрия дозу гипса определяют по формуле И.Н. Антипова-Каратаева:

а) для малонатриевых солонцовых почв хлоридно-сульфатного засоления:

$$D_{\Gamma} = 0,086 \cdot Na^{+} \cdot h \cdot dv;$$

б) для средне- и многонатриевых солонцовых почв хлоридно-сульфатного засоления:

$$D_{\Gamma} = 0,086 \cdot (Na^{+} - 0,1T) \cdot h \cdot dv;$$

в) для солонцов содового засоления:

$$D_{\Gamma}=0,086 \cdot [(Na^{+} - 0,1T) + (S - 1,0)] \cdot h \cdot dv;$$

г) для малонатриевых солонцов с повышенным содержанием обменного магния:

$$D_{\Gamma}=0,086 \cdot [(Na^{+} + (Mg^{2+} - 0,03T))] \cdot h \cdot dv;$$

где: D_{Γ} – доза гипса ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$), т/га;

Na^{+} – содержание обменно-поглощенного натрия, мг-экв/100 г почвы;

Mg^{2+} – содержание обменно-поглощенного магния, мг-экв/100 г почвы;

T – емкость катионного обмена (ЕКО), мг-экв/100 г почвы;

h – глубина мелиорируемого слоя, см;

dv – плотность сложения почвы, г/см³;

0,086 – содержание гипса, соответствующее его 1 мг-экв, г;

0,1 (0,03) – допустимое содержание обменно-поглощенного натрия (магния) в долях T (ЕКО);

S – содержание $CO_3 + HCO_3$ в водной вытяжке, мг-экв/100 г почвы.

При отсутствии данных по сложению почвы в расчетах дозы мелиоранта используют величины: для надсолонцового и пахотного горизонта (Апах) – 1,2 г/см³; солонцового (B_1) и подсолонцового (B_2) – 1,5 г/см³.

Содержание обменно-поглощенного натрия в солонцовых почвах необходимо определять следующими методами:

1) *при емкости катионного обмена (ЕКО) солонцовых почв < 30 мг-экв/100 г – методом Пфелфера в модификации Молодцова и Игнатовой;*

2) *при ЕКО > 30 мг-экв/100 г почвы и отсутствии гипса – предварительным удалением солей по Молодцову и Игнатовой с последующим вытеснением обменных катионов реактивом Таккера;*

3) *независимо от ЕКО любых горизонтов солонцовых почв – суммарным извлечением обменного и водорастворимого натрия реактивами Гейдройца, Шолленбергера, Таккера с последующей коррекцией на содержание водорастворимого натрия по данным вытяжки (методики изложены Н.Б. Хитровым и А.А. Понизовским в «Руководстве по лабораторным методам исследования ионно-солевого состава нейтральных и щелочных минеральных почв» (1990).*

2. Методом «донасыщения» (Березин Л.В., Градобоева В.Ф., Елкина В.С., 1973) определяется потребность в кальции для конкретного солонцового пятна в сравнении со средней для зоны несолонцовой почвы. Вычитая из величины потребности солонца в кальции величину его поглощения, типичную для почв данной зоны, рассчитывают необходимую дозу мелиоранта для достижения оптимального соотношения поглощенных катионов в данном почвенно-мелиоративном районе:

$$D_{\Gamma} = 0,086 \cdot (a - v) \cdot h \cdot dv;$$

где: D_{Γ} – доза мелиоранта, т/га;
 a – количество кальция в почвенном-поглощающем комплексе, типичное для зоны, мг/100 г почвы;
 v – количество кальция в почвенном-поглощающем комплексе солонца, мг-экв/100 г почвы;
 h – глубина мелиорируемого слоя, см;
 dv – плотность почвы, г/см³.

Для солонцов глубина мелиорируемого слоя (h) – 20 см. Увеличивать его целесообразно с мелиоративной точки зрения, но экономически нерентабельно. При отсутствии данных по плотности солонцовых почв (dv) можно пользоваться средними показателями для: корковых солонцов – 1,3 г/см³; мелких – 1,2 г/см³; средних – 1,1 г/см³.

3. По порогу коагуляции высокодисперсных частиц рассчитывают дозу мелиоранта для малонатриевых, но высокодисперсных солонцовых почв. Метод основан на определении минимальной дозы мелиоранта, необходимой для снижения ее дисперсности.

Методика. Навески почвы по 0,5 г, пропущенные через сито с диаметром отверстий 0,25 мм, помещают в мерные цилиндры объемом 250 мл; добавляют насыщенный раствор мелиоранта от 1 до 20 мл; перемешивают; оставляют на 1 час для взаимодействия раствора гипса и почвы; доливают воду до метки (250 мл) и оставляют на сутки. Через 24 ч сливают без взмучивания суспензию специальной пипеткой объемом 25 мл. Отобранный из каждого цилиндра объем (25 мл) суспензии перемешивают и измеряют оптическую плотность (D) на приборе ФЭК-М или КФК-2 с желтым светофильтром № 7 при длине волны 580-610 нм, используя кюветы с толщиной измеряемого слоя в 1 см.

По данным оптической плотности строят график дисперсных кривых: на оси ординат откладывают значения оптической плотности (Д), на оси абсцисс – количество (в миллилитрах) насыщенного раствора гипса (мелиоранта). На графике может быть не 1, а 2 порога коагуляции. 1-й порог коагуляции соответствует минимальной дозе мелиоранта, необходимой для снижения дисперсности солонцовых почв и улучшения ее агрофизических параметров; 2-й порог коагуляции – максимальному замещению обменно-поглощенного натрия в ППК.

Дозу гипса (мелиоранта) для коагуляции высокодисперсных частиц рассчитывают по формуле:

$$D_{\Gamma} = \frac{4,3 \cdot a \cdot v \cdot dv \cdot h \cdot 10}{c},$$

где: D_{Γ} – доза мелиоранта, т/га;
 a – концентрация кальция в насыщенном растворе гипса, мг/л;
 v – объем насыщенного раствора гипса, соответствующий 1-му порогу коагуляции на дисперсной кривой;
 c – навеска почвы, г;
 dv – плотность почвы, г/см³;
 10 – коэффициент пересчета (в т/га);
 $4,3$ – коэффициент пересчета на гипс ($4,3 = (M \cdot CaSO_4 \cdot 2H_2O) / M \cdot Ca$),
 где: M – молекулярная масса $CaSO_4 \cdot 2H_2O$; $M \cdot Ca$ – молекулярная масса Ca).

При использовании мелиорантов, содержащих балласт, дозу внесения пересчитывают на физическую массу с учетом содержания действующего вещества. Если в качестве мелиоранта используют фосфогипс, то вначале рассчитывают дозу гипса, а затем делают пересчет на фосфогипс, учитывая процентное содержание в нем гипса, по формуле:

$$D_{\Phi\Gamma} = \frac{100 \cdot H_{\Gamma}}{\Gamma_{\Phi} \cdot (100 - B) \cdot (100 - E)},$$

где: $D_{\Phi\Gamma}$ – доза фосфогипса, т/га;
 D_{Γ} – доза гипса, т/га;
 Γ_{Φ} – содержание гипса в фосфогипсе, %;
 B – влажность фосфогипса, %;
 E – содержание в фосфогипсе частиц крупнее 5 мм, %.

Также можно использовать формулу:

$$D_{\text{ФГ}} = \frac{N_{\text{д.в.}} \cdot 100}{\% \text{ д. в. мелиоранта}}.$$

Дозу мелиоранта необходимо скорректировать с учетом коэффициента его использования, воспользовавшись формулой:

$$D_{\Gamma} = \frac{0,086 \cdot d_v \cdot h \cdot (Na^{+} - 0,1T)}{k},$$

где: D_{Γ} – доза мелиоранта в пересчете на 100 %-ный гипс, т/га;
0,086 – содержание гипса, соответствующее его 1 мг-экв, г;
 d_v – плотность мелиорируемого слоя почвы, г/см³;
 Na^{+} – содержание обменно-поглощенного натрия в мелиорируемом слое, мг-экв/100 г почвы;
 k – коэффициент использования мелиоранта.

На глубококарбонатных солонцах коэффициент использования фосфогипса для мало-, средне- и многонатриевых солонцов равен соответственно 0,7; 0,8 и 0,9 (Окорков В.В., 1988). Дозы мелиоранта колеблются чаще всего от 7 до 20–25 т/га в зависимости от вида солонца, мощности солонцового горизонта, содержания обменного натрия и долевого участия различных видов солонцов.

Обычно для рассолонцевания пахотного слоя солонцеватых почв при содержании обменного натрия до 15 % от емкости поглощения вносят 3–5 т/га гипса или фосфогипса; на сильносолонцеватых, содержащих до 20 % обменного натрия, – 8–10 т/га, на солонцах (более 20 % обменного натрия) – 10–20 т/га.

1.2 Технология проведения химической мелиорации рисовых почв

Химическую мелиорацию следует проводить осенью на фоне мелиоративной обработки почвы, обеспечивающей глубокое рыхление солонцового профиля, интенсивное его крошение и хорошее перемешивание фосфогипса с почвой. Её проведение должно быть обязательно сопряжено с отводом сбросных вод за пределы мелиорируемых участков, что достигается использованием дренажной сети.

Наиболее высокий мелиоративный и хозяйственный эффект на солонцовых землях достигается в агромелиоративном поле рисового севооборота в комплексе с внесением органических удобрений. Мероприятия по улучшению солонцовых почв включают следующие агроприемы:

- очистка и углубление оросительной, дренажной и сбросной сети;
- выравнивание поверхности почвы;
- кротование;
- внесение фосфогипса и его заделка на глубину 10–15 см.

Длительность действия мелиорантов составляет 3–4 года. Если на ранее мелиорированных участках происходит снижение урожая из-за восстановления солонцеватости, то химическую мелиорацию необходимо провести повторно.

Качество внесения мелиоранта на поле оценивают по следующим показателям: внесенная доза и равномерность ее распределения, стыковка смежных проходов агрегата по длине, обработка поворотных полос, глубина заделки мелиоранта в почву.

В связи с применением для мелиорации солонцовых почв фосфогипса возникает необходимость агроэкологического мониторинга в системе почва–растение–дренажные воды с целью разработки на этой основе методических подходов, позволяющих, с одной стороны, повысить продуктивность засоленных почв, с другой – оптимизировать уровень антропогенной нагрузки и исключить загрязнение продукции и окружающей среды.

1.2.1 Машины для внесения фосфогипса

Для внесения в почву мелиоранта применяют разбрасыватели удобрений типа 1-РМГ-4, МВУ-5, МВУ-6, МВУ-8, МВУ-12, МВУ-16, РУМ-8, РУМ-10, РУМ-16, РУП-10, РУ-7000, машины МХА-7, КСА-3 и другие. Режим работы этих машин должен обеспечивать равномерное распределение мелиоранта по поверхности.

Одноосный разбрасыватель минеральных удобрений гидрофицированный 1-РМГ-4. Предназначен для поверхностного внесения минеральных удобрений, известковых материалов и мелиорантов. Представляет собой одноосный полуприцеп и состоит из рамы, кузова, устройства привода транспортера, распределяющих



нему борту. Агрегатируется с тракторами тягового класса 1, 4. Обслуживает тракторист.

Техническая характеристика:

Производительность в час основного

времени при скорости 10 км/ч, га..... 8–14

Рабочая ширина захвата при внесении
удобрений, м:

– гранулированных 14

– порошковидных и мелкокристал-
лических 8

Скорость, км/ч: рабочая..... 12

Транспортная с грузом 16

Доза внесения, кг/га 100–6000

Погрузочная высота, мм..... 1840

Дорожный просвет, мм..... 370

Габаритные размеры, мм:

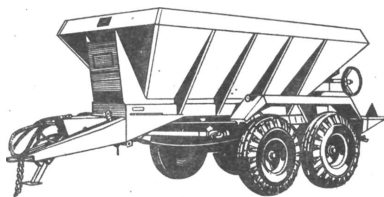
– в рабочем положении 5800×6000×1840

– транспортном..... 5450×2100×3150

Масса, кг 1430

Машина для внесения удобрений МВУ-5. Предназначена для транспортировки и поверхностного сплошного внесения минеральных удобрений, их смесей, извести и гипса.

Представляет собой одноосный полуприцеп и состоит из кузова, ходовой системы, привода рабочих органов, транспортера, рассеивающих дисков, дозирующего устройства, туконаправителя, пневмотормозной и гидравлической систем, электрооборудования. Рабочие



органы центробежного типа. Агрегатируется с тракторами тягового класса 1,4, оборудованными гидрокрюком и приводом тормозной системы. Обслуживает тракторист.

Техническая характеристика:

Производительность в час основного времени; га	7,88
Грузоподъемность, т	5
Рабочая скорость, км/ч	11
Дорожный просвет, мм	400
Колея, мм	1800
Удельный, расход топлива в час основного времени, кг/га. ч	1,2
Неравномерность внесения удобрений по ширине захвата, %	±22
Дозы внесения, кг/га	200–4500
Ширина внесения удобрений, м:	
– гранулированных	15,5
– мелкокристаллических	8
Габаритные размеры, мм	5375×2135×2000
Масса, кг	2050.

Машина для внесения удобрений МВУ-16. Предназначена для транспортирования и поверхностного сплошного внесения слабопыляющих известковых, гипсосодержащих материалов и минеральных удобрений. Состоит из кузова, рамы, ходовой системы, сцепного и дозирующего устройств, транспортера, рассеивающих дисков, привода рабочих органов, гидро- и пневматической тормозных систем, электрооборудования. Кузов сварной: борта – из трехслойной коррозионностойкой стали, днище – из нержавеющей. Рассеивающие диски – плоские, имеют по наружному диаметру отбортовку

для увеличения жесткости. На диски приклепаны лопатки С-образного сечения, изогнутые в передней части в сторону вращения дисков. Привод рабочих органов – механический. Кроме рабочей



тормозной системы, машина оборудована ручным стояночным тормозом с приводом на задние колеса. Агрегатируется с трактором К-701. Обслуживает тракторист.

Техническая характеристика:

Производительность в час основного (эксплуатационного) времени при внесении, га:

– удобрений дозой 400 кг/га (расстояние перевозки 4 км):

а) гранулированных 22(13,2)

б) кристаллических 12(7,2)

в) известковых и гипсосодержащих материалов

дозой 6000 кг/га (расстояние перевозки 10 км) 4(2,4)

Удельный расход топлива, кг/га 6,2

Ширина захвата при внесении, м:

– гранулированных и кристаллических удобрений 14–22

– известковых и гипсосодержащих материалов 10–14

Скорость, км/ч:

– рабочая 8–15

– транспортная до 30

Дорожный просвет, мм 400

Ширина колеи, мм 2340

Удельное давление ходовых колес на почву, Мпа 0,2

Дозы внесения, кг/га 300–12000

Неравномерность распределения по рабочей ширине при внесении, %:

– гранулированных удобрений ±22

– кристаллических удобрений, гипсосодержащих и известковых материалов ±25

Неравномерность распределения удобрений по ходу движения агрегата, % ±10

Максимальная высота погрузки

(от поверхности Земли), мм 2650

Габаритные размеры, мм 7300×2860×2650

Масса, кг 4000

Использование машины МВУ-16 в сравнении с РУМ-16 обеспечивает снижение затрат труда на 21,8 %, лучшее распределение гранулированных удобрений по ширине захвата. Машина имеет более совершенную конструкцию туконаправителя, обеспечивающего

быстроту и удобство выполнения регулировочных работ. Повышение производительности обеспечивает увеличение грузоподъемности и рабочей скорости на мягком грунте за счет шин низкого давления.

Разбрасыватель удобрений минеральных РУМ-8. Предназначена для поверхностного внесения в почву минеральных удобрений, известковых материалов и гипса. Агрегируется с трактором Т-150К.



Техническая характеристика:

Производительность, т/ч..... 7,1
 Грузоподъемность, т..... 11
 Ширина внесения удобрений, м:
 – гранулированных 14–20
 – порошковидных и мелкокристаллических 8–14
 Доза внесения удобрений, т/га..... 0,3–6
 Скорость, км/ч:
 – рабочая 15

– транспортная 30
 Габаритные размеры, мм 6000×2465×2300
 Масса, кг 3220

Разбрасыватель удобрений пылевидных РУП-10. Предназначена для транспортировки и поверхностного внесения аэрируемых пылевидных удобрений (фосфатной муки) и известковых материалов (известковой муки, сланцевой золы и др.), а также для перегрузки их в склады. Состоит из цистерны, балансирной тележки, запорного и штангового устройств, загрузочной трубы, фильтров первой ступени, тормозной и пневматической систем, приборов электрооборудования и сигнализации. Привод компрессора вакуум-насоса РКВН-6 осуществляется от ВОМ трактора через контрпривод и клиноременную передачу. Загрузка машины при работе со штанговым устройством проводится через камнеотделитель из транспортных машин АРУП-10 или из буртов с помощью са-



мозагружающего устройства. Для аварийного выпуска воздуха из цистерны служит кран. Рассев материала осуществляется пневматически. Управление всеми рабочими органами из кабины трактора. Агрегируется с трактором Т-150К. Обслуживает тракторист.

Техническая характеристика:

Производительность в час основного времени (при дозе внесения удобрений 6 т/га и рабочей

скорости 10 км/ч), т 48,6

Распиливающее устройство штанговое

Внесение удобрений:

Доза, т/га 2–10

Ширина, м 11

Неравномерность, % 25

Грузоподъемность, т 10

Рабочее давление в цистерне, Мпа 0,12

Рабочее разрежение в цистерне, Мпа 0,06

Скорость движения, км/ч:

– рабочая 15

– транспортная 35

Масса, кг 5800

Машина для внесения в почву минеральных удобрений

МВУ-8. Предназначена для поверхностного (сплошного) внесения минеральных удобрений, известковых материалов и гипса. Машина агрегатируется с трактором типа Т-150/Т-150К, имеющим частоту вращения ВОМ 540 об/мин и оборудованным выводами для подключения электрооборудования, гидро- и пневмосистем. Тип рассеивающего органа: двухдисковый центробежный. Привод транспортера от ходового колеса или ВОМ трактора, рассеивающих дисков – гидропривод ГМШ-32. Тормоз: колодочный пневматический (гидравлический по требованию заказ-наряда), тормоз с приводом от тормозной педали трактора. Минимальный радиус поворота по крайней наружной точке – 7 м. Обслуживающий персонал: 1



чел. (тракторист).

Технические характеристики:

Производительность за 1 час основного времени при внесении:

– гранулированных удобрений

с насыпной плотностью 1200 кг/м³

и дозе внесения 220 кг/га не менее 14,81 (5,20)
 га/ч (т/ч)
 – известковых материалов с дозой
 внесения 5 т/га не менее 16,05 т/ч
 Рабочая ширина захвата при внесении:
 – гранулированных удобрений 14-20 м
 – известковых и мелкокристаллических удобрений 8-14 м
 Вместимость кузова, не менее: 6,3 м³
 Грузоподъемность при насыпной плотности
 удобрений 1200 кг/м³: 8 т
 Диапазон доз внесения удобрений 100-10000 кг/га
 Рабочая скорость движения на основных операциях не более: 15 км/ч
 Транспортная скорость не более: 25 км/ч.



Распределитель минеральных удобрений РУ-7000. Предназначен для транспортирования и поверхностного внесения твердых минеральных удобрений, известковых материалов и химических мелиорантов. Имеет два привода подающих транспортеров – от колеса машины, что обеспечивает синхронизацию

подачи продукта от скорости движения агрегата, и от ВОМ трактора, две скорости подающих транспортеров при приводе от колеса машины, что позволяет работать на малой высоте дозирующего окна при больших дозах внесения.

Техническая характеристика:

Грузоподъемность, т 9,0
 Производительность, га,
 (гранулированных/кристаллических) 16–24/10
 Вместимость бункера, л 7000±200.
 Рабочая ширина внесения, м 15–24
 Дозы внесения удобрений, кг/га 40–1100
 Габаритные размеры, м 6,3×2,86×2,71
 Масса, т 3,9
 Трактор, кл. т.с. 1,4–2,0.

2. ПРИМЕНЕНИЕ ФОСФОГИПСА НЕЙТРАЛИЗОВАННОГО В КАЧЕСТВЕ СЕРНОГО УДОБРЕНИЯ

Сера – необходимый и незаменимый элемент питания растений. При его недостатке листья приобретают бледно-желтую окраску, сходную с окраской при азотном голодании, ослабевают ростовые процессы у растений, снижается урожай. Сера поглощается растением из почвы в виде ее высшего оксида, аниона SO_4^{2-} , источником которого служат различные соли серной кислоты: CaSO_4 , MgSO_4 , K_2SO_4 , $(\text{NH}_4)\text{SO}_4$. Растения могут усваивать этот элемент также листьями из воздуха в виде сернистого газа (SO_2). Обычно только небольшое количество серы находится в растениях в минеральной форме, основная же ее часть восстанавливается и входит в состав различных органических соединений: аминокислот, белков, жиров, ферментов и некоторых витаминов. Обязательным компонентом белковой молекулы являются содержащие серу аминокислоты: метионин, цистин, цистеин. В цистине имеется дисульфидная ($-\text{S}-\text{S}-$), а в цистеине – сульфгидрильная ($-\text{SH}$) группы. Цистеин в растениях легко превращается в цистин. Сульфгидрильная группа цистеина при окислении легко отдает водород и переходит в более окисленную дисульфидную группу с образованием цистина. При восстановлении дисульфидная группа цистина присоединяет два атома водорода и снова превращается в сульфгидрильную, при этом образуются две молекулы цистеина. Взаимные превращения дисульфидной и сульфгидрильной групп в системе «цистин–цистеин» определяют активное участие этих аминокислот в окислительно-восстановительных процессах.

В растениях имеется также трипептид глутатион, в состав которого входят аминокислоты: глутаминовая, глицин и цистеин. Глутатион и цистеин благодаря присутствию у них сульфгидрильных групп являются сильными восстановителями и активаторами некоторых ферментов, в частности, папаина, расщепляющего белки. Папаин может проявлять свою активность только в восстановленном состоянии, в которое он переходит под влиянием сульфгидрильных групп глутатиона и цистеина. Глутатион играет, кроме того, определенную роль в дыхании растений, т. к. сульфгидрильная группа его является активной группой фермента триозофосфатдегидрогеназы, катализирующего окисление 3-фосфоглицеринового альдегида, который образует-ся на первых стадиях распада углеводов в процессе дыхания.

Сера входит также в состав витаминов – тиамина (**B₁**) и биотина, имеющих важное значение в обмене веществ у растений. Тиамин является составной частью ферментов декарбоксилаз и дегидрогеназ, катализирующих реакции декарбоксилирования пировиноградной и некоторых других органических кислот, а также аминокислот, а биотин принимает участие в декарбоксилировании щавелевоуксусной кислоты и в реакциях дезаминирования и декарбоксилирования некоторых аминокислот. Таким образом, сера играет важную роль в азотном и углеводном обмене в растениях.

Поскольку основная часть серы в растениях входит в состав белков, то в семенах и листьях, которые богаче белком, ее содержится больше, чем в стеблях и корнях. Например, у сахарной свеклы в корнеплодах содержится серы около 0,2 % SO_2 сухой массы, а в ботве – до 1,0; у картофеля – в клубнях около 0,35, а в ботве 0,55; у злаковых хлебов – в соломе 0,12–0,3, а в зерне 0,3–0,45; в зерне бобовых серы 0,6–0,85 %, – значительно больше, чем в зерне злаковых.

Наибольшее количество серы содержат растения семейства бобовые и крестоцветные, значительно меньше – зерновые культуры и картофель. Общий вынос серы с хорошими урожаями зерновых хлебов и картофеля составляет 7–15 кг, бобовых трав – до 20–30, корнеплодов – 30–40 и капусты – 50–80 кг. В среднем хозяйственный вынос серы из почв с урожаями составляет 25–50 кг/га, такое же количество этого элемента ежегодно вымывается из пахотного слоя с фильтрационными водами.

В почвах обычно содержится 0,01–1,00 % серы. Преобладающая часть ее (70–90%) находится в трудноусвояемой для растений органической форме, поэтому чем больше гумуса, тем больше общий запас серы в почве. Сера, содержащаяся в органическом веществе почв или в органических удобрениях и растительных остатках, запахиваемых в почву, становится доступной для питания растений только после их разложения и минерализации. При этом серобактерии окисляют серу до SO_4^{2-} и в почве образуются различные соли серной кислоты. Количество доступных для питания растений минеральных соединений серы в почвах обычно невелико. Некоторое количество серы, особенно в районах с развитой промышленностью, ежегодно поступает в почву из воздуха в виде сернистого газа (SO_2).

Для земледелия Российской Федерации характерно постепенное увеличение недостатка для растений серы в почве. Этот процесс связан,

в первую очередь, со значительным ее выносом с урожаями сельскохозяйственных культур и миграцией из корнеобитаемого слоя почвы с инфильтрационными водами. В ассортименте минеральных удобрений преобладают концентрированные и комплексные удобрения, не содержащие серу; изменился топливный баланс, при котором снизилось использование богатого серой каменного угля и торфов, в результате чего содержание серы в почвах стало заметно снижаться. По содержанию подвижной серы пахотные почвы нашей страны сильно разнятся: 54,7 % имеют низкое содержание серы; 34,6 % – среднее. Следовательно, 89,3 % почв нуждаются в улучшении их состояния по содержанию этого элемента. По данным А.Н. Аристархова (2007), средневзвешенное содержание серы в почвах страны снизилось до уровня 6,3–6,4 мг/га.

Целесообразность применения удобрений, содержащих серу, и в том числе фосфогипса нейтрализованного, доказана полевыми опытами научно-исследовательских учреждений и агрохимслужбы. Основным критерием целесообразности применения фосфогипса в качестве серного удобрения является обеспеченность почвы доступными соединениями серы. В первую очередь его следует вносить на почвах с низким содержанием элемента (< 6 мг/кг в 1,0 н KCl вытяжке), затем на среднеобеспеченных (6–12 мг/кг).

Рис высоко отзывчив на серные удобрения. Одной из причин этого является быстрый рост растений в начальные фазы вегетации, когда сера высвобождается из органического вещества почвы очень медленно. Серная недостаточность отрицательно сказывается на образовании репродуктивных органов и замедляет созревание зерна риса.

Серные удобрения рекомендуется вносить перед посевом риса из расчета S_{40} . Их применяют как в чистом виде, так и в составе азотных, фосфорных или калийных удобрений, последнее предпочтительнее, т. к. не требует дополнительных затрат. Подкормка серными удобрениями в период вегетации растений менее эффективна, чем предпосевное внесение.

Дозу фосфогипса устанавливают с учетом статей прихода и расхода серы в агросистеме. Она зависит от биологических особенностей сельскохозяйственных культур, уровня прогнозируемого урожая, гранулометрического состава и плодородия почв, содержания серы в почве, ее поступления с атмосферными осадками и удобрениями (Шеуджен А.Х., 2005).

3. ПРИМЕНЕНИЕ ФОСФОГИПСА НЕЙТРАЛИЗОВАННОГО В КАЧЕСТВЕ КРЕМНИЕВОГО УДОБРЕНИЯ

Кремний необходим для жизнедеятельности растений. Они поглощают его в форме моно- и димерной ортокремниевой кислоты. Возможна ассимиляция в виде иона силиката. Аккумулируется и полимеризуется кремний в эпидермальных тканях, трансформируясь в фитолиты.

Количество ежегодно выносимого с урожаем кремния (около $2,75 \times 10^7$ т) свидетельствуют о масштабе биогеохимического круговорота этого элемента. Наиболее интенсивный вынос кремния из почвы наблюдается на посевах риса, ячменя, кукурузы: до 250 кг/га Si (Шеуджен А.Х., 2005).

Содержание кремния в урожае зерновых культур колеблется от 0,02–0,03 % в зерне до 3 % в соломе (таблица 6). Недостаточное кремневое питание оказывает негативное воздействие на развитие культурных растений, прежде всего злаковых. Доказано, что при внесении кремниевых удобрений утолщается кремне-целлюлозный слой

Таблица 6 – Содержание элементов в сельскохозяйственных растениях, %

Растения		SiO ₂	N	K ₂ O	CaO	MgO	P ₂ O ₅	SO ₃	Na ₂ O
Пшеница озимая	зерно	0,03	2,60	0,50	0,07	0,15	0,85	0,02	0,06
	солома	3,10	0,45	0,90	0,28	0,11	0,20	0,11	0,06
Пшеница яровая	зерно	0,03	2,95	0,60	0,05	0,22	0,85	0,02	0,06
	солома	1,82	0,56	0,75	0,26	0,09	0,20	0,18	0,06
Рожь озимая	зерно	0,03	2,20	0,60	0,09	0,12	0,85	0,02	0,06
	солома	1,88	0,45	1,00	0,29	0,09	0,26	0,16	0,10
Рожь яровая	зерно	0,02	2,50	0,60	0,05	0,20	0,92	0,02	0,06
	солома	2,52	0,56	0,75	0,40	0,12	0,20	0,15	0,06
Ячмень яровой	зерно	0,06	2,10	0,55	0,10	0,16	0,85	0,04	0,10
	солома	2,34	0,50	1,00	0,33	0,09	0,20	0,18	0,50
Овес	зерно	1,05	2,30	0,50	0,16	0,17	0,60	0,05	0,05
	солома	3,00	0,65	1,60	0,38	0,12	0,35	0,20	0,40
Рис	зерно	0,50	1,20	0,30	0,09	0,20	0,80	0,20	0,05
	солома	3,10	0,60	2,00	0,30	0,30	0,20	0,11	0,08

эпидермальных тканей, что увеличивает устойчивость растений к болезням и насекомым-вредителям, прочность стебля, объем и физиологическую активность корневой системы; также отмечено повышение продуктивности фотосинтеза сельскохозяйственных культур. Кремний способствует лучшему усвоению растениями биогенных элементов, участвует в обмене веществ растений.

Несмотря на высокое валовое содержание кремния в почвах и основных почвообразующих породах, количество его форм доступных растениям может быть всего 0,01–3,0 % вследствие невысокой растворимости аморфного кремния в почвенном растворе. В результате этого возникает дефицит элемента у растений. Чтобы восполнить недостаток доступных растениям форм соединений кремния в почвах, необходимо вносить кремниевые удобрения, в т. ч. фосфогипс. Установлены критерии необходимости и эффективности внесения кремнийсодержащих удобрений в рисоводстве (таблица 7; Шеуджен А.Х., 2005).

Таблица 7 – Группировка рисовых почв по содержанию подвижного кремния и эффективность применения кремниевых удобрений

Обеспеченность почв	Содержание кремния в почве, мг/кг	Ожидаемая эффективность кремниевых удобрений
Низкая	< 105	высокая
Средняя	105-130	средняя
Высокая	> 130	не эффективно

Внесение фосфогипса нейтрализованного улучшает кремниевое питание растений и способствует повышению их продуктивности. Наиболее эффективен он в качестве кремниевого удобрения на почвах с повышенной кислотностью, которые в наибольшей степени обеднены подвижным кремнием. При совместном внесении азотных и кремниевых удобрений потери азота сокращаются на 5–7 %.

4. ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ И ОХРАНЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

1. По степени воздействия на организм человека фосфогипс является малоопасным веществом и относится к 4-му классу опасности по ГОСТ 12.1.007. Фосфогипс пожаро- и взрывобезопасен.

2. Вредными примесями в фосфогипсе для сельского хозяйства являются фтористые соединения, содержащиеся в нем в незначительном количестве в виде фторапатита, кремнефторидов калия и натрия, а также фосфорная кислота. Пыль фосфогипса может вызывать раздражение слизистых оболочек глаз, носа, верхних дыхательных путей, ослабление обоняния, охриплость, при высоких концентрациях – першение в горле, кашель. При длительном воздействии возможно поражение легких, желудочно-кишечного тракта, печени. Пыль фосфогипса обладает слабой кумулятивностью и сенсибилизирующим действием.

3. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны, контроль за содержанием в воздухе рабочей зоны вредных веществ и его периодичность, требования к методикам, средствам измерения – по ГОСТ 12.1.005, Руководству Р 2.2.755-99 (Приложение 9. Методика контроля содержания вредных веществ в воздухе рабочей зоны), Методическим указаниям «Измерение концентраций аэрозолей преимущественно фиброгенного действия» № 4436, утвержденным бывшим Минздравом СССР.

Общие требования безопасности на предприятиях, производственная деятельность которых связана с вредными веществами, содержащимися в сырье и продуктах – по ГОСТ 12.1.007.

Гигиенические требования к организации технологического процесса, производственному оборудованию и рабочему инструменту в соответствии с требованиями СП 2.2.2.1327-03.

При изготовлении фосфогипса соблюдают общие требования пожарной безопасности в соответствии с ГОСТ 12.1.004.

4. Содержание в фосфогипсе примесей токсичных элементов, в том числе кадмия, мышьяка, ртути, свинца, суммы ртути и свинца, при существующих дозах внесения (уровень поступления примесей в мг/кг почвы) не должно превышать ПДК или ОДК в почве (для группы почв «песчаные и супесчаные») по СанПиН 42-128-4433-87

или по Перечню ПДК и ОДК химических веществ в почве №6229-91 и ГН 2.1.7.020-94 (дополнение №1 к Перечню ПДК и ОДК №6229-91).

Фосфогипс не содержит радионуклидов техногенного происхождения. Эффективная удельная активность природных радионуклидов в фосфогипсе не должна превышать дозы, установленной СП 2.6.1.758-99(НРБ-99)– 370 Бк/кг.

5. Организацию и проведение производственного контроля за соблюдением санитарных правил при изготовлении и использовании фосфогипса, выполнением санитарно-профилактических мероприятий осуществляют в соответствии с требованиями СП 1.1.1058-01.

Порядок и периодичность контроля устанавливает изготовитель продукции по согласованию с органами Госсанэпиднадзора.

Периодический контроль за удельной активностью радионуклидов и содержанием примесей токсичных элементов осуществляют при государственной регистрации фосфогипса, при изменении состава перерабатываемого сырья, по требованию потребителей и федеральных органов исполнительной власти, но не реже одного раза в год по методам, разработанным и утвержденным в установленном порядке.

6. Производственные помещения и лаборатории, в которых проводят работы с фосфогипсом, оборудуют приточно-вытяжной вентиляцией по ГОСТ 12.4.021. Для предотвращения газопылевыделения оборудование герметизируют, снабжают местными отсосами. Ручные работы, по возможности, механизмируют.

7. При производстве фосфогипса применяется специальная одежда (ГОСТ 27652, ГОСТ 27654), специальная обувь (ГОСТ 12.4.137), защитные очки (ГОСТ Р 12.4.013), для защиты рук необходимо использовать рукавицы специальные по ГОСТ 12.4.010. Допускается применять средства индивидуальной защиты по ГОСТ 12.4.103.

При запыленности воздуха в качестве средств индивидуальной защиты органов дыхания следует использовать респираторы ЩБ-1 «Лепесток» по ГОСТ 12.4.028.

8. Просыпи фосфогипса собирают и используют по назначению или направляют в установленном порядке на полигон вторичных материалов промышленности.

9. При работе с фосфогипсом сельскохозяйственные рабочие должны соблюдать правила личной гигиены. По окончании работ тщательно моют руки с мылом, принимают душ.

10. Все работы с фосфогипсом проводят по СанПиН 1.2.1077-01, СП 1.2.1170-02.

11. Работающие с фосфогипсом обязаны проходить предварительный (при поступлении на работу) и периодический осмотры в порядке, установленном Министерством здравоохранения и социального развития РФ.

12. Меры первой доврачебной помощи: свежий воздух, покой, тепло. При попадании фосфогипса: на кожу – смыть обильной струей воды; в глаза – промыть большим количеством воды; при случайном проглатывании – выпить несколько стаканов воды, принять активированный уголь. При необходимости обратиться к врачу или доставить пострадавшего в медицинское учреждение (при себе иметь рекомендации по применению).

13. При производстве, применении, транспортировании и хранении фосфогипса должно соблюдаться соответствие требованиям ГОСТ 12.3.009, ГОСТ 17.1.3.13, ГОСТ 12.2.003, СанПиН 1.2.1330-03, СП 2.5.1250-03, а также ГН 2.1.5.1315-03, ГН 2.1.6.1338-03.

14. Фосфогипс в окружающей среде не трансформируется.

15. При производстве экстракционной фосфорной кислоты и побочного продукта – фосфогипса, в воздушную среду могут выделяться фтористые соединения. Их объем не должен превышать утвержденных в установленном порядке предельно допустимых выбросов (ПДВ). На предприятиях должна быть организована утвержденная в установленном порядке система контроля за соблюдением нормативов выбросов загрязняющих веществ в атмосферу в соответствии с требованиями ГОСТ 17.2.3.02 и СанПиН 2.1.6.1032.

16. При транспортировании, хранении фосфогипса в случае его высыхания в воздушную среду может выделяться пыль фосфогипса. ПДК пыли фосфогипса в атмосферном воздухе населенных мест по ГН 2.1.6.1338-03 по аналогии с пылью неорганической, содержащей двуокись кремния менее 20 % (пыль цементного производства, известняк, мел и др.) составляет $0,5 \text{ мг/м}^3$ (максимальная разовая) и $0,15 \text{ мг/м}^3$ (среднесуточная).

17. Не допускается сброс в водоемы сточных вод, образующихся при производстве фосфогипса, без дополнительной обработки в очистных сооружениях.

Для предупреждения вредного воздействия фосфогипса на окружающую среду необходимо не допускать его попадания в открытые водоемы и грунтовые воды, соблюдать требования СанПиН 2.1.5.980-00.

Концентрация загрязняющих веществ (сульфатов, фосфатов, фтора, примесей мышьяка, тяжелых металлов) в водных объектах хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования не должна превышать ПДК этих веществ, установленных ГН 2.1.5.1315-03.

Концентрация загрязняющих веществ в воде водных объектов, используемых для рыбохозяйственных целей, не должна превышать ПДК этих веществ, установленных «Перечнем рыбохозяйственных нормативов».

Контроль за состоянием воздушной среды и водоемов в зоне размещения предприятия-изготовителя фосфогипса, производится силами предприятия по плану (графику), согласованному с органами государственного санитарно-эпидемиологического надзора по методам, утвержденным в установленном порядке.

5. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ПРИМЕНЕНИЯ ФОСФОГИПСА НЕЙТРАЛИЗОВАННОГО НА ПОСЕВАХ РИСА

В настоящее время химические мелиорации солонцовых почв рисовых оросительных систем широко не проводятся, главным образом из-за высокой стоимости этих работ. Вместе с тем площади почв с неблагоприятными физическими и агрохимическими показателями увеличиваются ежегодно. Этому способствует затопление почвы, исключение из севооборота многолетних трав, внесение минеральных удобрений в ограниченном количестве. Все это обязывает производителей обратить пристальное внимание на побочный продукт производства фосфорных удобрений – фосфогипс, запасы которого в Краснодарском крае оцениваются в 5,5 млн. т. Сосредоточены они возле завода минеральных удобрений в г. Белореченске, где складированы в отвалах, занимают значительные площади и представляют угрозу экологии района. Состав фосфогипса позволяет считать его ценным поликомпонентным удобрением. Однако его

использование широко не распространено. Обусловлено это не только затратами на транспортировку и внесение фосфогипса в год применения, но и отсутствием научно-обоснованной технологии его применения. Вместе с тем использование фосфогипса в сельском хозяйстве в целом и рисоводстве в частности решает одновременно несколько народно-хозяйственных задач: 1) улучшает физические свойства почвы; 2) оптимизирует питание растений кальцием, серой, кремнием, фосфором и микроэлементами; 3) позволяет улучшить экологическую ситуацию в регионе вследствие утилизации.

Относительно использования фосфогипса для мелиорации солонцовых почв имеется достаточное количество исследований, на основании которых разработаны научно-обоснованные параметры этого агроприема, в то время как технология его применения в качестве поликомпонентного удобрения нуждалась в разработке и совершенствовании. Работы в этом направлении выполнены с целью установления оптимального срока и дозы применения фосфогипса, а также последствий.

Фосфогипс нейтрализованный ООО «ЕвроХим-Белореченские минеральные удобрения» (ООО «ЕвроХим-БМУ») вносился в дозе 2, 4 и 6 т/га осенью под основную обработку почвы и весной до посева с заделкой в почву на 8–10 см. На протяжении всего периода вегетации велись наблюдения за питательным режимом почвы, ростом растений и формированием их продуктивности.

Интегральным показателем воздействия фосфогипса на почву и растения является, как известно, продуктивность растений и урожайность. Учитывая, что наиболее дорогостоящими удобрениями являются фосфорные, то в первую очередь учитывалась возможность их замены фосфогипсом, а потому он применялся на фоне внесения азотно-калийных удобрений, а выбор лучшего варианта осуществлялся путем сравнения с применением полного минерального удобрения $N_{120}P_{80}K_{60}$.

При агроэкологической оценке фосфогипса нейтрализованного и разработке научных основ технологии его применения в качестве поликомпонентного удобрения в рисовом агроценозе установлено, что внесение фосфогипса нейтрализованного положительно влияет на азотный, фосфорный и калийный режимы почвы. В ней, в зависимости от дозы фосфогипса, в период вегетации риса возрастает по сравнению с вариантом $N_{120}P_{80}K_{60}$ содержание аммонийного азота на 5,7–

42,9 %, подвижных форм фосфора – 3,8–16,3 % и калия на 2,8–6,8 %. После уборки урожая в почве, где вносился фосфогипс, содержание подвижного фосфора выше, чем исходное. Это служит показателем возможного снижения дозы или даже исключения внесения фосфорного удобрения на следующий год. Лучшие условия для роста и развития растений риса складываются при внесении фосфогипса осенью в количестве 4 т/га. Растения из этого варианта по высоте не отличались от контрольных, а по сухой массе и площади листьев несколько превосходили их. Замена фосфорного удобрения фосфогипсом нейтрализованным способствует более интенсивному, чем в контроле ($N_{120}P_{80}K_{60}$), поступлению в растения риса азота, фосфора и калия. Больше всего этих элементов содержалось в растениях из вариантов с внесением как весной, так и осенью фосфогипса в дозе 4 т/га на фоне $N_{120}K_{60}$. Доза фосфогипса 2 т/га не компенсирует негативные последствия снижения обеспеченности растений фосфором по сравнению с контролем, а 6 т/га – в отдельных случаях тормозит поступление в растения азота, фосфора и калия.

Как показали результаты исследований фосфогипс нейтрализованный вполне может быть альтернативной заменой фосфорному удобрению. Ни в одном из вариантов опыта не зафиксировано достоверного снижения урожайности зерна риса. При весеннем внесении фосфогипса достоверное ее увеличение отмечено на варианте с дозой 4 т/га (таблица 8). При внесении фосфогипса осенью его эффективность повышается. В этом случае можно не только полностью исключить применение фосфорного удобрения без снижения урожайности, но и получить ощутимую прибавку урожайности. В среднем за три года при дозе 4 т/га она составила 0,75 т/га (10,64 %).

Положительное действие фосфогипса нейтрализованного сохраняется на протяжении 2-х лет после его применения. На следующий год после внесения фосфогипса в почве где вносился фосфогипс нейтрализованный весной, содержалось больше, чем на контроле аммонийного азота, подвижного фосфора и подвижного калия. Наибольшее их количество отмечалось в вариантах с внесением в предшествующем году фосфогипса в количестве 4 и 6 т/га.

Внесение фосфогипса отразилось на составе поглощенных оснований почвенного поглощающего комплекса. В почвенном по-

глощающем комплексе рисовой луговой почвы в результате внесения фосфогипса снизилась доля магния и натрия, и повысилась – кальция. После уборки урожая риса отличия почвы из вариантов с внесением фосфогипса нейтрализованного и полного минерального удобрения остались такими же, какими были весной до посева. Исключение составило содержание аммонийного азота, которое было несколько меньше, чем в контроле. Отмеченные изменения питательного режима почвы обусловлены, главным образом, мелиорирующими свойствами фосфогипса.

Последствие фосфогипса нейтрализованного зафиксировано при его внесении в количестве 4 и 6 т/га. Это проявилось в увеличении урожайности риса по сравнению с последствием полного минерального удобрения на 0,96 т/га (12,3 %) и 0,33 т/га (4,20 %) соответственно (таблица 9).

Таблица 8 – Урожайность риса при внесении фосфогипса нейтрализованного

Вариант	Урожайность, т/га			Средняя урожайность, т/га	Прибавка,			
	2013г.	2014г.	2015г.		т/га	%	т/га	%
Без удобрений	4,84	5,37	4,95	5,05	-	-	-	-
N ₁₂₀ P ₈₀ K ₆₀ – контроль	6,35	7,77	7,12	7,08	2,03	40,11	-	-
N ₁₂₀ K ₆₀	5,86	7,75	6,89	6,83	1,78	35,22	-0,25	-3,48
N ₁₂₀ K ₆₀ + ФГ, 2 т/га весной	6,22	7,60	6,85	6,89	1,84	36,35	-0,19	-2,68
N ₁₂₀ K ₆₀ + ФГ, 4 т/га весной	6,92	7,68	7,49	7,36	2,31	45,71	0,28	4,00
N ₁₂₀ K ₆₀ + ФГ, 6 т/га весной	6,48	7,62	6,96	7,02	1,97	38,92	-0,06	-0,85
N ₁₂₀ K ₆₀ + ФГ, 2 т/га осенью	6,44	7,77	7,43	7,21	2,16	42,74	0,13	1,88
N ₁₂₀ K ₆₀ + ФГ, 4 т/га осенью	7,20	8,75	7,55	7,83	2,78	55,01	0,75	10,64
N ₁₂₀ K ₆₀ + ФГ, 6 т/га осенью	6,82	8,13	7,52	7,49	2,44	48,22	0,41	5,79
НСР ₀₅	0,42	0,32	0,30	5,05	-	-	-	-

Таблица 9 – Урожайность риса, последствие фосфогипса 1-год

Вариант	Урожайность, т/га	Прибавка,	
		т/га	%
$N_{120}P_{80}K_{60}$ – контроль	7,85		
$N_{120}K_{60}$	7,91	0,06	0,76
$N_{120}K_{60}$ + ФГ, 2 т/га	6,84	-1,01	-12,87
$N_{120}K_{60}$ + ФГ, 4 т/га	8,81	0,96	12,23
$N_{120}K_{60}$ + ФГ, 6 т/га	8,18	0,33	4,20
НСР ₀₅	0,32		

Положительное влияние фосфогипса сказалось и на люцерне, посеянной на рисовом чеке, где он применялся в предшествующий год под рис (таблица 10).

Таблица 10 – Урожайность люцерны 1-го года 2-й укос, последствие фосфогипса 1-й год, т/га

Вариант	Зеленая масса		Сено	
	урожай- ность	прибавка	урожай- ность	прибавка
$N_{120}P_{80}K_{60}$ – контроль	7,18		1,98	
$N_{120}K_{60}$	7,25	0,07	2,18	0,20
$N_{120}K_{60}$ + ФГ, 2 т/га весной	7,98	0,80	2,25	0,27
$N_{120}K_{60}$ + ФГ, 4 т/га весной	10,53	3,35	2,90	0,92
$N_{120}K_{60}$ + ФГ, 6 т/га весной	9,93	2,75	2,90	0,92
$N_{120}K_{60}$ + ФГ, 2 т/га осенью	12,65	5,47	3,50	1,52
$N_{120}K_{60}$ + ФГ, 4 т/га осенью	10,85	3,67	3,05	1,07
$N_{120}K_{60}$ + ФГ, 6 т/га осенью	10,7	3,52	3,08	1,1
НСР ₀₅	2,67		0,74	

Последствие фосфогипса нейтрализованного, внесенного весной, выражалось в увеличении урожайности зеленой массы на 0,80–3,35 т/га или 11–47 %, а сена – на 0,27–0,92 т/га, что составляет 14–46 % по сравнению с контролем, где в предшествующий год вносилось полное минеральное удобрение из расчета $N_{120}P_{80}K_{60}$. Еще существеннее последствие фосфогипса, внесенного осенью под основную обработку почвы. В этих вариантах урожайность зеленой

массы люцерны была больше, чем в контроле на 3,52–5,47 т/га или 49–76 %, а сена – на 1,07–1,52 т/га или 54–77 %. Достоверных различий в последствии 2, 4 и 6 т/га фосфогипса, внесенного как весной, так и осенью, не отмечено.

Действие фосфогипса нейтрализованного сказывалось на росте и развитии растений люцерны, посеянной после 2-х лет выращивания риса на участке, где он вносился 2 года назад. В этом опыте урожайность зеленой массы люцерны в результате последствии фосфогипса нейтрализованного была выше, чем на участке без внесения удобрения на 3,9–7,2 т/га, что составляет 43–80 %, а сена – на 1,00–1,88 т/га или 35–65 %. Прибавки по сравнению контролем, на котором вносилось полное минеральное удобрение, были ниже, и составляли 18–49 % и 6–30 % соответственно зеленой массы и сена люцерны (таблица 11). Наиболее значительным было последствие фосфогипса, внесенного в количестве 6 т/га.

Таблица 11 – Урожайность люцерны 1-го года 2-й укос, последствие фосфогипса 2-й год, т/га

Вариант	Зеленая масса		Сено	
	урожай- ность	прибавка	урожай- ность	прибавка
Без удобрений	9,0		2,90	
N ₁₂₀ P ₈₀ K ₆₀ – контроль	10,9	1,9	3,67	0,77
N ₁₂₀ K ₆₀	10,9	1,9	3,54	0,64
N ₁₂₀ K ₆₀ + ФГ, 2 т/га весной	13,2	4,2	3,90	1,00
N ₁₂₀ K ₆₀ + ФГ, 4 т/га весной	12,9	3,9	4,27	1,37
N ₁₂₀ K ₆₀ + ФГ, 6 т/га весной	16,2	7,2	4,78	1,88
НСР ₀₅	2,2		0,70	

Максимальная условная выгода от применения фосфогипса нейтрализованного вместо фосфорного удобрения (аммофос) на посевах риса в ФГУП РПЗ «Красноармейский» им. А.И. Майстренко Красноармейского района Краснодарского края колебалась по годам в зависимости от изменения стоимости производственных затрат, урожайности риса и цены реализации и составила в 2013 г. – 5333,5 руб. с 1 га, 2014 г. – 13139,7 руб. и в 2015 г. – 6546,2 руб. с 1 га.

На основании проведенных исследований предлагается следующий регламент применения фосфогипса нейтрализованного на посевах риса:

1. Фосфогипс нейтрализованный целесообразно использовать совместно с азотно-калийным удобрением, вносимым в оптимальных для зоны дозах и сроках.

2. Наибольший эффект при использовании фосфогипса в качестве поликомпонентного удобрения достигается при его внесении в количестве 4 т/га осенью под основную обработку почвы или весной перед посевом с заделкой в почву на глубину 8–10 см.

3. Фосфогипс нейтрализованный вносится не чаще 1 раза в три года.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Аканова Н.И. Содержание тяжелых металлов в почвах и сельскохозяйственных растениях при использовании различных форм химических мелиорантов // Тяжелые металлы и радионуклиды в окружающей среде, 2008. – Т. I. – С. 238-245.
2. Аканова Н.И. Фосфогипс нейтрализованный – перспективное агрохимическое средство интенсификации земледелия (по материалам семинаров ОАО «МКХ» ЕвроХим») // Плодородие, 2013. – №1(70) – С. 2-7.
3. Аканова Н.И., Гришин Г.Е., Комарова Н.А., Шафронов О.Д. Вопросы оптимизации кислотности почв и баланса кальция // Нива Поволжья, 2011. – №1 (18). – С. 1-6.
4. Аканова Н.И., Жиленко С.В., Винничек Л.Б. Эффективность агрохимических приёмов при возделывании озимых зерновых культур // Нива Поволжья, 2015. – 2 (35). – С. 19-26.
5. Аканова Н.И., Зеленов Н.А., Светушков В.П. Агроэкологическая эффективность применения кальцийсодержащих отходов промышленности // Вопросы стабилизации плодородия и урожайности в Верхневолжье. – ФГО ВПО «Ивановская ГСХА». – М., 2006. – С. 36-40.
6. Аристархов А. Н. Агрохимия серы / А.Н. Аристархов. – М.: ВНИИА, 2007. - 272 с.
7. Байбеков Р.Ф., Шильников И.А., Аканова Н.И., Добрыднев Е.П., Локтионов М.Ю., Шеуджен А.Х., Кизинёк С.В. Научно-практические рекомендации по применению фосфогипса нейтрализованного в качестве химического мелиоранта и серного удобрения. – М.: ВНИИА, 2012. – 43 с.

8. Белюченко И.С, Добрыднєв Е.П., Муравьев Е.И Перспективы использования фосфогипса в сельском хозяйстве // Экологический вестник Северного Кавказа, 2008а. – Т. 4 . – № 1 . – С. 31-39;
9. Добрыднєв Е.П., Локтионов М.Ю. Основные результаты исследования агроэкологической эффективности фосфогипса в земледелии Краснодарского края // Плодородие, 2013. – № 1. – С. 7-9.
10. Добрыднєв Е.П., Шеуджен А.Х., Локтионов М.Ю., Аканова Н.И., Онищенко Л.М. Агроэкологическая эффективность нейтрализованного фосфогипса при возделывании озимой пшеницы в условиях Краснодарского края // Научно-методический журнал «XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс», 2014. – 01(17). – С. 74-80.
11. Жилєнко С.В., Аканова Н.И. Агрономическая и экономическая эффективность новых форм минеральных удобрений на посевах кукурузы в земледелии Краснодарского края // Агроэкологические основы применения удобрений в современном земледелии. – М.: ВНИИА, 2015. – С. 59-63.
12. Жилєнко С.В., Аканова Н.И., Винничек Л.Б. Эффективность минеральных удобрений при возделывании озимых зерновых культур в земледелии Краснодарского края // Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе. Научно-информационный журнал, 2015. – №4(16). – С. 216-227.
13. Зеленев Н.А., Шильников И.А., Аканова Н.И. Резерв химических мелиорантов и их агроэкологическая эффективность // Материалы научной конференции, посвященной 75-летию со дня рождения доктора с.-х. наук, профессора А.Н.Небольсина «Современные проблемы и перспективы известкования кислых почв». Изд-во ГНУ ЛНИИСХ «Белогорка» Россельхозакадемии, 2010. – С. 30-34.
14. Кизинек С.В. , Шеуджен А.Х., Аканова Н.И. , Локтионов М.Ю. Экологические и агроэкономические аспекты применения фосфогипса в сельском хозяйстве // Научно-методический журнал «XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс», 2013. – №09(13). – Т. 2. – С. 206-217.
15. Кизинек С.В., Локтионов М.Ю. Агроэкологическая оценка эффективности фосфогипса при использовании в сельскохозяйственном производстве // «Логистическая интеграция Российских регионов: институциональные инновации». – Казань, Казанский филиал МИИТ: Изд-во «Бриг», 2012. – С. 157-162.
16. Кизинек С.В., Локтионов М.Ю. Агроэкологическая эффективность различных форм кальцийсодержащих удобрений//В сб. статей «Эффективность применения средств химизации в современных технологиях

- возделывания сельскохозяйственных культур». – М.: ВНИИА, 2012. – С. 76-80.
17. Кизинек С.В., Локтионов М.Ю. Эффективность различных форм кальцийсодержащих удобрений на рисовых полях Кубани // Агрохимический вестник, 2012. – №6. – С. 19-21.
 18. Кизинек С.В., Локтионов М.Ю. Эффективность различных форм кальцийсодержащих удобрений на посевах риса // Плодородие, 2013. – № 1. – С. 14-16.
 19. Кизинек С.В., Шеуджен А.Х., Локтионов М.Ю. Эффективность применения фосфогипса, как комплексного минерального удобрения, в рисовых севооборотах на лугово-черноземных почвах // Научно-методический журнал «XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс», серия экология, ПГТА, 2012. – №02(06) – С. 272-278.
 20. Кутыгин Э.А., Дорошев И.А., Шеуджен А.Х., Бондарева Т.Н., Кизинек С.В., Трубилин А.И., Онищенко Л.М., Сычёв В.Г., Аканова Н.И., Добрыднев Е.П., Локтионов М.Ю. и др. Использование фосфогипса в рисоводстве. – Краснодар, 2012. – 26 с.
 21. Локтионов М.Ю., Добрыднев Е.П., Шеуджен А.Х. Онищенко Л.М. Агроэкологическая эффективность фосфогипса на черноземе выщелоченном // Научно-методический журнал «XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс», 2013. – № 09(13). – Т. 2. – С. 187-194.
 22. Локтионов М.Ю., Аканова Н.И. Агроэкологическая эффективность применения нейтрализованного фосфогипса при возделывании риса // Международный сельскохозяйственный журнал, 2015. – №1. – С. 26-31.
 23. Локтионов М.Ю., Шильников И.А., Шеуджен А.Х., Аканова Н.И. Экологическая и агроэкономическая эффективность применения нейтрализованного фосфогипса в земледелии // Научно-методический журнал «XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс», 2015. – № 05(27). – С. 134-146.
 24. Руководство по контролю и регулированию почвенного плодородия орошаемых почв. – Новочеркасск, 2015. – 141 с.
 25. Шеуджен А.Х. Агрохимия и физиология питания риса / А.Х. Шеуджен. – Майкоп: ГУРИПП «Адыгея», 2005. - 1012 с.
 26. Шеуджен А.Х., Онищенко Л.М., Добрыднев Е.П., Локтионов М.Ю. Агроэкологическая эффективность фосфогипса на посевах кукурузы и сои в условиях Северо-Западного Кавказа на черноземе выщелоченном // Плодородие, 2013. – № 1. – С. 16-20.
 27. Шеуджен А.Х., Бондарева Т.Н. Использование фосфогипса нейтрализованного на посевах риса в качестве поликомпонентного удобрения.

- Сообщение I // Научный журнал КубГАУ, 2015. – №09(113). Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2015/09/pdf/20.pdf>.
28. Шеуджен А.Х., Бондарева Т.Н. Использование фосфогипса нейтрализованного на посевах риса в качестве поликомпонентного удобрения. Сообщение II // Научный журнал КубГАУ, 2015. – №09(113). Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2015/09/pdf/65.pdf>.
29. Шеуджен А.Х., Онищенко Л.М., Бондарева Т.Н., Есипенко С.В. Фосфогипс нейтрализованный – высокоэффективное поликомпонентное удобрение на посевах зерновых культур // Тр. КубГАУ, 2015. № 1(52). С 144–148.
30. Шильников И.А., Аканова Н.И., Кирпичников Н.А. Эколого-агрохимические и природоохранные аспекты эффективности химической мелиорации почв // Научно-методический журнал «XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс», 2014. – 01(17). – С. 67-74.
31. Шильников И.А., Гришин Г.Е., Аканова Н.И., Кизинек С.В., Локтионов М.Ю. Повышение конкурентной способности производства продукции растениеводства на основе химической мелиорации почв // «Нива Поволжья», 2013. – №2 (27). – С. 72-78.
32. Шильников И.А., Сычёв В.Г., Аканова Н.И. К вопросу о состоянии и эффективности химической мелиорации почв в земледелии Российской Федерации // Плодородие, 2013. – №1(70). – С. 9-14.
33. Шильников И.А., Фирсов С.А., Аканова Н.И. Эффективность применения отходов промышленности в качестве химических мелиорантов // Экологические проблемы человечества. – М.:РГАЗУ, 2009. – С. 100-108.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
1. ФОСФОГИПС – ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫЙ МЕЛИОРАНТ СОЛОНЦОВ И СОЛОНЦОВЫХ ПОЧВ РИСОВЫХ ПОЛЕЙ	5
1.1 Основные характеристики фосфогипса нейтрализованного....	9
1.2 Расчет доз мелиоранта.....	10
1.2 Технология проведения химической мелиорации рисовых почв	14
1.2.1 Машины для внесения фосфогипса	15
2. ПРИМЕНЕНИЕ ФОСФОГИПСА НЕЙТРАЛИЗОВАННОГО В КАЧЕСТВЕ СЕРНОГО УДОБРЕНИЯ.....	22
3. ПРИМЕНЕНИЕ ФОСФОГИПСА НЕЙТРАЛИЗОВАННОГО В КАЧЕСТВЕ КРЕМНИЕВОГО УДОБРЕНИЯ.....	25
4. ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ И ОХРАНЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ	27
5. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ПРИМЕНЕНИЯ ФОСФОГИПСА НЕЙТРАЛИЗОВАННОГО НА ПОСЕВАХ РИСА	30
РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА	36