

### **Компоненты комплексного агрохимического окультуривания полей**

Людмила Борисовна Каренгина, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры химии, почвоведения и агроэкологии, ФГБОУ ВО Уральский государственный аграрный университет, 620075, г. Екатеринбург, ул. Карла Либкнехта, 42, [karengina.mila@yandex.ru](mailto:karengina.mila@yandex.ru), ORCID 0000-0001-9399-9666, AuthorID668459, +79617789086.

Юлия Геннадьевна Байкенова, ст. преподаватель кафедры химии, почвоведения и агроэкологии, ФГБОУ ВО Уральский государственный аграрный университет, 620075, г. Екатеринбург, ул. Карла Либкнехта, 42, [baykenova.yuliya@yandex.ru](mailto:baykenova.yuliya@yandex.ru), ORCID 0000-0003-0740-1651, AuthorID 658235, +79089284332.

**Ключевые слова:** окультуривание почв, известкование, гипсование, бездефицитный баланс гумуса, внесение фосфора и калия в прок, фосфоритование.

#### **Аннотация**

Представлены методики определения нуждаемости почв в элементах комплексного окультуривания и расчеты необходимого количества соответствующих материалов для моделирования факторов роста до оптимальных уровней. В ходе аналитической работы предложены методы разработки процесса окультуривания, восстановления или поддержания на должном уровне плодородия почв.

Новизна исследования: приведены разные, в том числе новые методы расчета компонентов окультуривания, предложены суперсовременные виды органических удобрений. Область применения представленных материалов обширна, это могут быть экспериментальные опыты и факторы, включенные в технологию возделывания культур в производственных условиях. Многообразие методов дает возможность пользователям выбрать наиболее подходящий для фактических условий и в режиме реального времени прогнозировать и проводить необходимые работы для увеличения продуктивности полевых культур, сохранения и умножении почвенного плодородия.

Комплексное агрохимическое окультуривание полей (КАХОП) - это метод повышения плодородия почв путем осуществления комплекса агрохимических мероприятий, поддерживающих высокую продуктивность земель в течение всей ротации севооборота (1,3).

К наиболее распространенным компонентам химической мелиорации почв относятся известкование (нейтрализация избыточной кислотности), гипсование солонцов и солонцеватых почв (удаление избытка поглощенного натрия из пахотного слоя), внесение фосфорных и калийных удобрений впрок (для доведения содержания фосфора и калия до оптимального уровня), фосфоритование (внесение фосфоритной муки), обеспечение бездефицитного баланса гумуса в почве (внесение органических удобрений).

#### **Известкование кислых почв.**

Известкование является важной составной частью комплексного агрохимического окультуривания полей с низким плодородием и заключается во внесении в них известковых удобрений. При внесении в почву извести прежде всего происходит нейтрализация почвенной кислотности. Кроме того, внесение извести уменьшает вредное действие на растения подвижного алюминия и марганца, улучшает фосфорный, азотный режим почвы, усиливает питание кальцием, способствует активизации полезной микрофлоры, фиксации азота из воздуха клубеньковыми и свободноживущими азотофиксаторами, ускоряет разложение мертвых растительных остатков и образование гумуса. В сочетании с применением органических удобрений известкование усиливает процесс структурообразования, значительно повышает буферность почвы (8, 13, 14, 18).

Для проведения известкования необходимо последовательно решить следующие задачи:

1. Установить необходимость известкования.

2. Рассчитать оптимальную дозу нейтрализующего вещества.
3. Определить дозу конкретного известкового тука по его нейтрализующей способности.

### **Определение нуждаемости почв в известковании**

В зависимости от величины рН в солевой вытяжке из почвы (рН<sub>КС1</sub>) различают следующие степени подкисления почв: сильно кислые (при рН 4,5 и ниже), среднекислые (рН 4,6-5,0), слабокислые (рН 5,1-5,5), близкие к нейтральным (рН 5,6-6,0), нейтральные (рН 6,1-7,0), щелочные (рН более 7,0). Следовательно, если рН<sub>КС1</sub> менее 4,5, то потребность в известковании будет сильная, от 4,6 до 5,0 – средняя, от 5,1 до 5,5 – слабая. А если эта величина составляет более 5,5, то потребность в известковании отсутствует.

Ещё один показатель нуждаемости почв в известковании – это степень насыщенности почвы основаниями (V, %). Чем он ниже, тем выше необходимость внесения извести. Так, если степень насыщенности основаниями менее 50%, то нуждаемость в известковании высокая. Если этот показатель составляет 51-70%, то нуждаемость в известковании средняя, от 71-80% - слабая. А если степень насыщенности будет более 80%, то нуждаемость в известковании отсутствует.

Определить нуждаемость в известковании можно и по механическому составу почвы. Известно, что почвы тяжелого механического состава (глинистые, тяжелосуглинистые) больше нуждаются в известковании, чем почвы легкого механического состава (песчаные и супесчаные).

Для объективного решения вопроса о нуждаемости почв в известковании необходимо сочетание трех признаков данной почвы: её механического состава, величины рН<sub>КС1</sub> и степени насыщенности основаниями (V, %).

Все почвы по нуждаемости в известковании подразделяются на сильно нуждающиеся, средне, слабо и не нуждающиеся. Это можно определить, пользуясь методом М.Ф. Корнилова (табл. 1).

Таблица 1  
Нуждаемость в известковании почв (по М.Ф. Корнилову)

Механический состав почвы	Сильная		Средняя		Слабая		Не нуждается	
	рН	V, %	рН	V, %	рН	V, %	рН	V, %
Тяжело- и средне-суглинистые	<5,0	<45	5,0-5,5	45-50	5,5-6,0	60-70	>6,0	>70
	<4,5	<50	4,5-5,0	50-65	5,0-5,5	65-75	>5,5	>75
	<4,0	<55	4,0-4,5	55-70	4,5-5,0	70-80	>5,0	>80
Легко-суглинистые	<5,0	<35	5,0-5,5	35-55	5,5-6,0	55-64	>6,0	>65
	<4,5	<40	4,5-5,0	40-60	5,0-5,5	60-70	>5,5	>70
	<4,0	<45	4,0-4,5	45-55	4,5-5,0	65-75	>5,0	>75
Супесчаные и песчаные	<5,0	<30	5,0-5,5	30-45	5,5-6,0	45-55	>6,0	>55
	<4,5	<35	4,5-5,0	35-50	5,0-5,5	50-60	>5,5	>60
	<4,0	<40	4,0-4,5	40-55	4,5-5,0	55-65	>5,0	>65
Торфяные и болотные	<3,5	<35	3,5-4,2	35-55	4,2-4,8	55-65	>4,8	>65

Если почва нуждается в известковании, устанавливается доза нейтрализующего вещества для снижения кислотности почвы.

### **Расчет дозы извести по гидролитической кислотности**

Дозу нейтрализующего вещества для известкования кислых почв принято рассчитывать в количестве CaCO<sub>3</sub> в тоннах на гектар. Полная доза CaCO<sub>3</sub> определяется по величине гидролитической кислотности (в ммоль/100 г). Гидролитическая кислотность отражает количество мг поглощенных ионов водорода в 100 г почвы (14).

$$D = \frac{H_{г} \times 10000 \times 3000 \times 50}{1000000000} = H_{г} \times 1,5,$$

где  $D$  – доза  $\text{CaCO}_3$ , т/га;  $H_{\Gamma}$  – гидролитическая кислотность, ммоль/100г; 10000 – для перерасчета со 100 г на 1 т почвы; 3000 – усредненная масса пахотного слоя 1 гектара; 50 – молярная масса эквивалента  $\text{CaCO}_3$ , г/моль; 1000000000 – количество мг в 1 тонне.

В овощных севооборотах должна применяться только полная доза  $\text{CaCO}_3$ .

$$D = H_{\Gamma} \times 1,5.$$

Минимально допустимые дозы для кормовых севооборотов и зерновых с подсевом клевера рассчитывают по формуле:

$$D = H_{\Gamma} \times 1,0.$$

В остальных севооборотах дозу допустимо понизить до половины от полной:

$$D = H_{\Gamma} \times 0,75.$$

Более точно полную дозу извести можно рассчитать с учетом объемной массы почвы и глубины пахотного слоя. В этом случае формула для расчета дозы извести примет вид:

$$D = H_{\Gamma} \times d \times h \times 0,05,$$

где  $D$  – доза  $\text{CaCO}_3$ , т/га;  $H_{\Gamma}$  – гидролитическая кислотность, ммоль/100г,  $d$  – объемная масса почвы, г/см<sup>3</sup>,  $h$  – глубина пахотного слоя, см.

### ***Расчет дозы извести по рН солевой вытяжки***

Для КАХОП расчет доз извести рекомендуется производить по нормам  $\text{CaCO}_3$ , необходимых для достижения рН до оптимального уровня. Для этого используют нормативы расхода  $\text{CaCO}_3$  для сдвига на единицу рН в зависимости от механического состава и типа (подтипа) почв. Расчет ведется по формуле:

$$D = (pH_{\text{опт.}} - pH_{\text{факт.}}) \times n \times K,$$

где  $D$  – полная доза извести, т/га;  $pH_{\text{опт}}$  – оптимальная кислотность почвы ( $pH_{\text{сол.}}$ );  $pH_{\text{факт}}$  – фактическое значение рН почвы;  $n$  – норма  $\text{CaCO}_3$  для сдвига реакции на 0,1 единицы (табл.2);  $K$  – коэффициент в зависимости от механического состава почвы.

Значение « $K$ » для почв Среднего Урала рекомендованы следующие: на песчаных почвах 7, супесчаных – 8, легкосуглинистых – 10, среднесуглинистых – 11, тяжелосуглинистых – 12.

Таблица 2

Нормативы расхода извести ( $\text{CaCO}_3$ ) для сдвига реакции почвенной среды на 0,1 рН различных почв (по Н.А. Иванову)

Почвы	$pH_{\text{опт}}$	Нормативы расхода $\text{CaCO}_3$ (т/га) при рН		
		До 4,5	4,6-5,0	5,1- $pH_{\text{опт}}$
Подзолистые	5,6	0,75	0,88	1,15
Дерново-подзолистые	5,8	0,80	0,95	1,25
Светло-серые	5,9	0,83	0,99	1,32
Серые	5,9	0,85	1,00	1,35
Темно-серые, черноземы оподзоленные, черноземы выщелоченные	6,0	0,87	1,12	1,37
Лугово-черноземные, луговые, пойменные	5,5-5,8	0,80-0,81	0,97	1,28
Торфяно-болотные	5,5	1,05	1,16	1,56
Бурые лесные	5,6	0,90	1,15	1,40

В производственных условиях дозы извести часто устанавливают, пользуясь справочными таблицами, по рН солевой вытяжки (1н КСl) и гранулометрическому составу почвы (табл. 3) (1).

Таблица 3

Дозы  $\text{CaCO}_3$  для почв Центрального района Нечерноземной зоны, т/га

	$pH_{\text{КСl}}$

Почвы	3,8-3,9	4,0-4,1	4,2-4,3	4,4-4,5	4,6-4,7	4,8-4,9	5,0-5,1	5,2-5,3	5,4-5,5	5,6-5,8
Песчаные	4,5	4,0	3,5	3,0	2,5	2,0	1,5	1,2	1,0	-
Супесчаные	7,0	5,5	4,5	3,5	3,0	2,5	2,0	1,5	1,2	-
Легкосуглинистые	8,0	6,5	5,5	4,5	4,0	3,5	3,0	2,5	2,5	1,5
Среднесуглинистые	9,0	8,0	6,5	5,5	5,0	4,5	4,0	3,5	3,0	2,5
Тяжелосуглинистые	10,5	9,5	7,5	6,5	6,0	5,5	5,0	4,5	4,0	3,0
Глинистые	12,5	10,5	9,0	7,0	6,5	6,0	5,5	5,0	4,5	3,5

Торфяно-болотные почвы с кислой реакцией среды имеют высокую потенциальную кислотность, обусловленную большой концентрацией ионом водорода. В то же время эти почвы характеризуются большой буферной способностью из-за высокого содержания органического вещества, поэтому при pH выше 5,0 не нуждаются в известковании (табл. 4) (1).

Таблица 4

Дозы CaCO<sub>3</sub> для торфяно-болотных почв, т/га

pH <sub>ксл</sub>	Гидролитическая кислотность, ммоль/100г	Степень насыщенности основаниями, %	Масса почвы в слое 0 – 20 см	
			< 500 т/га	> 500 т/га
< 3,9	> 100	< 25	10 – 12	12 – 16
3,9 - 4,3	100 - 60	25 – 50	4 – 6	6 – 8
4,3 - 4,7	60 – 40	50 – 65	3 – 4	4 – 5
4,7 - 5,2	40 – 30	65 – 75	2 - 3	3 - 4
> 5,2	< 30	> 75	не вносят	

#### **Расчет дозы известкового тука по дозе CaCO<sub>3</sub>**

Известняковые туки содержат различные примеси (песок, глина и т.д.) и влагу, а также крупные частицы (более 1 мм), которые медленно взаимодействуют с почвой. Это учитывается при определении дозы конкретного известкового тука.

$$D_t = D / A \times (100 - W) \times (100 - П),$$

где D<sub>t</sub> – доза известкового тука, т/га; D – расчетная доза CaCO<sub>3</sub>, т/га; A – нейтрализующая способность тука по CaCO<sub>3</sub>, %; W – влажность тука, %; П – количество частиц более 1 мм, %.

Для известкования кислых почв применяются различные нейтрализующие материалы. Общей отличительной особенностью их является гидролитическая щелочность. Эти материалы могут содержать оксиды щелочных и щелочноземельных металлов или их гидроксиды, или карбонаты.

В агрономической практике качество известковых материалов определяется их общей нейтрализующей способностью в пересчете на CaCO<sub>3</sub> в процентах от массы тука. Однако многие материалы, применяемые для нейтрализации кислых почв, особенно поступающих от промышленных предприятий в качестве отходов (шлаки, цементная пыль и др.), характеризуются содержанием оксидов. То есть, если нейтрализующая способность выражена в CaO и MgO, то их содержание надо пересчитать на CaCO<sub>3</sub>: CaCO<sub>3</sub> = %CaO × 1,785, %; CaCO<sub>3</sub> = % MgO × 2,482, %.

Лучшее время для известкования весна, лето и осень, наиболее пригодны для известкования поля, предназначенные для черного, занятого пара или поля ранубираемых культур. Все известковые туки заделывают под глубокую обработку (вспашку). Известкование снижает доступность растениям бора, меди, цинка, что следует учитывать, особенно на полях с низкой обеспеченностью этими элементами.

#### **Гипсование.**

Внесение в почву гипса (CaSO<sub>4</sub> · 2H<sub>2</sub>O) для химической мелиорации солонцовых почв называется гипсованием.

Солонцы имеют неблагоприятные физические свойства. Гуматы одновалентных катионов не коагулируют от химического воздействия. Коагуляция происходит плохо при нагревании и высыхании, при этом коагуляция при высыхании – обратимая реакция. При наличии влаги масса

почвы вязкая, мажущаяся, структура отсутствует, теряется влага, происходит коагуляция, почва превращается в бессистемный сплошной монолит (17).

Засоление почв вызывает нарушение физиологических и биологических процессов в растениях (синтез веществ, транспорт и распределение ионов), уменьшает количество устьиц на единицу площади, вызывает токсикоз. Снижает доступность воды (физиологическая сухость), нарушает проницаемость цитоплазмы, увеличивает вязкость цитоплазмы, ингибирует поглощение азота и фосфора корнями и превращение их в растениях. Культурные растения отрицательно реагируют на засоление и могут расти только при определённом содержании солей в почвенном растворе (7).

Для оценки солеустойчивости растений используют показатели агрономической и биологической (физиологической) солеустойчивости.

Агрономическая солеустойчивость – способность растений осуществлять полный цикл развития на засоленной почве и давать в этих условиях продукцию, удовлетворяющую сельскохозяйственное производство.

Биологическая (физиологическая) устойчивость или **солевыносливость** – способность растений осуществлять полный цикл индивидуального развития на засоленной почве с пониженной интенсивностью накопления органического вещества при сохранении воспроизводства потомства. Количественным выражением солевыносливости является концентрация почвенного раствора, которая для данного вида становится критической.

Солеустойчивость зависит от многих факторов: влажность почвы (чем выше влажность, тем больше переносимая степень засоления), температура (низкая температура, меньшая потребность в воде и выше переносимая степень засоления), гранулометрический состав почвы (на тяжелых почвах солеустойчивость выше, чем на легких), гумус (чем больше содержание гумуса в почве, тем выше солеустойчивость).

Одним из методов оценки засоления почв является определение её удельной электропроводности. В зависимости от этого показателя существует градация засоления почв: очень слабое засоление - 2-4 мСм/см, слабое - 4-8 мСм/см, среднее - 8-15 мСм/см, сильное - больше 15 мСм/см (мСм - милли Сименс) (6).

По удельной электропроводности можно рассчитать концентрацию солей в мг/л:

$$C = 0,64 \times 10^3 \times EC,$$

где C - концентрация солей, мг/л; EC - удельная электропроводность, мСм/см.

Растения по устойчивости к засолению по величине электропроводности подразделяют на следующие группы: неустойчивые (электропроводность менее 4 мСм/см) - редис, сельдерей, фасоль, клевер ползучий, клевер луговой; среднеустойчивые (4-10) - томат, капуста спаржевая, кочанная, цветная, салат, картофель, перец, батат, морковь, лук, горох, тыква, огурец, пшеница, рис, кукуруза, овес; устойчивые (более 10) – ячмень, сахарная свекла, спаржа, шпинат, хлопчатник, рапс, свекла столовая, пырей высокий, кострец, волоснец канадский, овсяница высокая (9).

Выделяют также градации влияния pH в засоленных почвах на сельскохозяйственные культуры: умеренный (pH до 7,5) – большинство растений хорошо произрастают; удовлетворительный (pH до 7,5-8,0) – почвы пригодны для выращивания плодовых, овощных, злаковых и бобовых культур; сомнительным при pH более 8,0 и определенно вредным при pH более 8,7.

Гипсование почв на солонцовых землях выполняется с целью изменения физических свойств почвы, обеспечивающих улучшение её структуры, установления более благоприятного воздушного и водно-солевого режима.

Цель гипсования – снизить содержание натрия в почвенном поглощающем комплексе до допустимых пределов путем замещения его на кальций. Допустимое количество натрия, которое не оказывает отрицательного влияния на свойства почвы, составляет 10 % емкости обменного поглощения. Но в степных солонцах хлоридно-сульфатного и содового засоления насыщенность натрием должна быть не выше 5 %.

Этапы работ по повышению плодородия засоленных почв, следующие:

1. Определение необходимости (нуждаемости) в гипсовании.

2. Расчет дозы внесения гипсосодержащих материалов, в зависимости от содержания поглощенных ионов натрия и кальция.

Нуждаемость в гипсовании устанавливается в зависимости от степени солонцеватости. При содержании обменного натрия не более 3-5% ёмкости поглощения, почвы считаются не солонцеватыми и в гипсовании не нуждаются. При более высокой степени насыщенности почвы натрием они нуждаются в гипсовании и тем сильнее, чем больше выражена солонцеватость. Если степень насыщенности натрием составляет 5-10%, то почвы относятся к слабосолонцеватым, при насыщенности натрием 10-20% почвы называются солонцеватыми и более 20% - солонцами.

Прогноз развития солонцеватости можно вести, зная содержание в почвенном растворе щелочных и щелочеземельных катионов: при отношении  $Na + K / Ca + Mg$  более 4 образование солонцов неизбежно, при величине этого отношения от единицы до четырех образование солонцов ограничено, а при отношении менее единицы солонцы не образуются.

Расчет доз гипса для химической мелиорации солонцовых почв проводится с учетом степени солонцеватости. При гипсовании малонатриевых солонцов (меньше 20% натрия от ёмкости поглощения) доза определяется по формуле:

$$D = 0,086 * h * d * Na,$$

где  $D$  - доза гипса для полного вытеснения обменного натрия, т/га;

$h$  - мощность гипсуемого слоя, см;

$d$  - объемная масса гипсуемого слоя, г/см<sup>3</sup>;

$Na$  - содержание обменного натрия в почве, ммоль/100 г.

При гипсовании средне- и многонатриевых солонцов (более 20% натрия от ёмкости поглощения) расчет ведется с учетом допустимого сохранения в поглощающем комплексе солонцов до 10% обменного натрия.

$$D = 0,086 * h * d * (Na - 0,1 T),$$

где  $T$  - ёмкость поглощения почвы, ммоль/100 г.

При гипсовании солонцов содового засоления расчет несколько дополняется:

$$D = 0,086 * h * d * [(Na - 0,1 T) + (C - 1,0)],$$

где  $C$  - содержание  $CO_3^{2+} + HCO_3^-$  в водной вытяжке, ммоль/100 г.

Для гипсования малонатриевых солонцов с высоким содержанием магния (более 50% от ёмкости поглощения) доза определяется по формуле:

$$D = 0,086 * h * d * Na (Mg - 0,3 T),$$

где  $Mg$  - содержание обменного магния в почве, ммоль/100 г.

При отсутствии данных по объемной массе почвы проводится ориентировочный расчет путем замены во всех формулах выражения « $0,086 * h * d$ » на коэффициент 2,58.

### **Повышение и балансирование содержания питательных веществ для растений до оптимального уровня.**

Повышение уровня содержания питательных веществ в почве и доведение его до оптимального включает три основных элемента:

1. Агрохимический анализ почвы (определение содержания в почве питательных веществ).
2. Расчет дозы удобрения для обеспечения оптимального содержания питательных веществ в почве.
3. Внесение фосфорных и калийных удобрений в прок в 1-2 приема.

В зависимости от содержания подвижных форм азота, фосфора и калия почвы подразделяются на группы или классы, по которым можно судить об обеспеченности растений элементами питания и о возможности повышения урожайности (10, 15). Содержание доступных растениям питательных веществ устанавливается принятыми в данной зоне методами. В Нечерноземной зоне содержание легкогидролизуемого азота определяют по методу Тюрина-Кононовой или щелочерастворимый азот по Корнфилду, фосфора и калия по методу Кирсанова (вытяжка 0,2 н HCl).

Оптимальное содержание азота в зависимости от типов и подтипов почв составляет 150-200, фосфора  $P_2O_5$  (P) – 120 - 200 (52 - 87), калия  $K_2O$  (K) – 150 - 180 (125 - 150), мг/кг (табл.5).

Разница между оптимальным и фактическим содержанием элемента должна компенсироваться внесением удобрений. При этом, азотный дефицит устраняется главным образом внесением органических удобрений, т.к. основной ассортимент их водорастворим и не обладает последствием. Азотные удобрения применяют ежегодно исходя из потребностей возделываемой культуры. Фосфорные и калийные удобрения хорошо закрепляются почвой, не выщелачиваются и могут быть внесены периодически в больших количествах впрок (5, 8, 12).

Таблица 5  
Оптимальные (числитель) и минимальные (знаменатель) значения морфолого-агрохимических показателей почв Среднего Урала

Почвы	Глубина пахотного слоя, см	рН сол.	Гумус, %	S, ммоль/100г	V, %	мг/кг		
						N	P	K
Подзолистая	20	5,6	2,5	10	80	150	52	125
	15	3,8	1,5	3	50	40	9	17
Дерново-подзолистая	24	5,8	3,0	14	80	160	61	125
	16	3,8	1,8	4	45	40	9	17
Светло-серая лесная	24	5,9	3,5	16	80	160	61	125
	16	3,8	2,0	4	40	40	9	17
Серая лесная	25	5,9	4,5	20	80	180	61	133
	18	4,0	3,0	6	50	60	9	17
Темно-серая лесная	27	6,0	5,5	28	80	200	70	150
	20	4,5	4,0	7	50	80	13	25
Чернозем оподзоленный	28	6,0	7,0	35	80	200	78	150
	21	4,5	4,5	11	50	80	13	25
Чернозем выщелоченный	30	6,0	7,0	35	80	200	87	150
	22	4,5	4,5	11	50	80	13	25
Лугово-черноземная	27	5,8	9,0	35	80	200	87	150
	20	4,8	4,0	12	50	80	13	25
Луговая	27	5,5	6,0	30	80	200	87	150
	20	4,8	3,0	10	50	80	13	25
Пойменная	20	5,6	5,0	20	80	180	70	150
	20	4,0	1,8	6	50	60	9	17
Торфяно-болотная	27	5,5	-	40	60	180	78	150
	20	4,5	-	12	40	80	9	17
Бурая лесная	24	5,6	3,6	20	80	160	70	150
	16	3,8	1,8	5	40	60	9	17

Расчет удобрений, вносимых впрок для доведения содержания фосфора и калия в почве до оптимального уровня, ведут с учетом нормативов расхода удобрений, необходимых для увеличения содержания питательных веществ на 1 мг/кг почвы по формуле:

$$D = (C_{\text{опт.}} - C_{\text{факт.}}) \times f,$$

где D - доза удобрения для обеспечения оптимального содержания питательных веществ в почве, кг на 1 га; C<sub>опт.</sub> - оптимальное содержание питательного элемента в почве данного типа, мг/кг; C<sub>факт.</sub> - фактическое содержание элемента в почве, мг/кг; f - количество элемента, необходимое для увеличения его содержания в почве на 1 мг, кг/га.

Значение f для почв зоны Среднего Урала, кг/га: для глинистых - 12,0, тяжелосуглинистых - 10,5, среднесуглинистых - 9,0, легкосуглинистых - 7,5, супесчаных - 5,0, песчаных - 4,0, торфянистых - 11,0.

На почвах низкого плодородия необходимые для пополнения запасов дозы вносят дробно в 2-3 приема с интервалом 1-2 года. В этом случае первоначально элемент, находящийся в минимуме, доводят до уровня преобладающего и его фактическое содержание принимают в расчете за C<sub>опт.</sub>, а затем оба элемента увеличивают до уровня оптимального.

## **Фосфоритование.**

Для существенной заправки почвы фосфором и калием, как правило применяют наиболее дешевые удобрения. Внесение фосфорных удобрений в прок экономически целесообразно производить, используя для этого фосфоритную муку. Прием внесения фосфоритной муки в дозах, предназначенных для питания растений в течение ротации звена или всего севооборота, называют фосфоритованием. Однако фосфоритование эффективно не на всех почвах. Выявить заранее эффективность фосфоритной муки на данной почве помогает методика прогноза её действия по Б.А. Голубеву, в которую входят следующие элементы:

1. Прогноз действия фосфоритной муки.
2. Расчет дозы фосфоритной муки.

### ***Прогноз действия фосфоритной муки.***

Фосфоритная мука содержит фосфор в труднодоступной форме. Это удобрение кислых почв. На почвах, имеющих гидролитическую кислотность меньше 2,5 ммоль на 100г, фосфоритная мука как самостоятельное удобрение не действует. Если гидролитическая кислотность больше 2,5 ммоль на 100г почвы - фосфоритную муку можно вносить, при этом ее эффективность возрастает с повышением коэффициента Голубева ( $K_g$ ), который рассчитывается по формуле:

$$K_g = H_g / 3 + (H_g + S) \times 0,1,$$

где  $K_g$  - коэффициент Голубева;  $H_g$  - гидролитическая кислотность, ммоль/100г;  $S$  - сумма обменных оснований, ммоль/100г. Выражение  $(H_g + S)$  можно заменить на  $T$  (ЕКО), ммоль/100г.

Если  $K_g$  меньше 1, то фосфоритная мука действует слабее суперфосфата. При коэффициенте равном или больше 1 – не уступает суперфосфату, а если при этом рН почвы меньше 4,7, то действие фосфоритной муки может быть сильнее суперфосфата.

### ***Расчет дозы фосфоритной муки.***

Доза фосфоритной муки рассчитывается с учетом обеспеченности почвы фосфором и коэффициента Голубева.

$$D = (C_{опт.} - C_{факт.}) \times f / 10 \times Y \times K_g.$$

где  $D_{рф}$  - доза фосфоритной муки, т/га;  $C_{опт.}$  - оптимальное содержание фосфора в почве, мг/кг;  $C_{факт.}$  - фактическое (исходное) содержание фосфора в почве, мг/кг;  $f$  - количество элемента, необходимое для увеличения фосфора в почве на 1 мг в зависимости от механического состава почвы, кг/га;  $Y$  - содержание элемента в фосфоритной муке, %;  $K_g$  - коэффициент Голубева.

Для пересчета содержания  $P_2O_5$  в фосфоритной муке на элемент эту величину умножают на коэффициент 0,436:  $P = P_2O_5 \times 0,436$ .

Известкование и фосфоритование следует разделить по времени: сначала внести фосфоритную муку, а затем известковать или пространственно, заделывать фосфоритную муку и известь в разные слои почвы.

Фосфоритование проводится, как правило, один раз за ротацию севооборота, поэтому внесение водорастворимых форм фосфора под каждую культуру по ее потребности в нем обязательно. Фосфоритную муку вносят в пары (чистые или занятые), под многолетние травы (при залужении), под пропашные культуры в составе смешанных удобрений, что уменьшает ее способность сильно пылить.

Фосфоритная мука как самостоятельное удобрение имеет следующие способности применения:

1. Эффективность фосфоритной муки увеличивается с повышением тонины помола. Чем тоньше частицы, тем больше их поверхность и соприкосновение с почвой и лучше происходит разложение фосфоритной муки под действием почвенной кислотности до усвояемых растениями соединений.

2. Сопутствующие удобрения также влияют на эффективность фосфоритной муки. При совместном внесении ее с физиологически кислыми удобрениями ( $(NH_4)_2SO_4$ ,  $NH_4NO_3$ ,  $K_2SO_4$ ,  $KCl$ ) фосфор фосфорита становится более доступным для растений. Физиологически щелочные удобрения при совместном внесении их с фосфоритной мукой действуют в противоположном направлении.



3. Эффект от применения фосфоритной муки зависит также от способности растений усваивать фосфорную кислоту из труднорастворимых фосфатов. Хорошо усваивают фосфор фосфорита люпин, гречиха, горох, эспарцет, горчица. Это связано с выделением корнями растений кислот. Внесение фосфоритной муки под эти культуры улучшает фосфорное питание последующих культур.

4. Внесение фосфоритной муки под многолетние бобовые травы (клевер). Эти культуры способны усваивать азот из атмосферы. Накапливающаяся в почве азотная кислота способствует переводу фосфора фосфоритной муки в доступное состояние.

5. Для повышения усвояемости фосфоритную муку можно компостировать с верховым торфом или навозом. В этом случае эффект более высокий, чем от внесения только фосфоритной муки или торфа.

6. Фосфоритную муку можно использовать в качестве добавок к кислым удобрениям для их нейтрализации, например к суперфосфату. Смешивание удобрений проводят незадолго до внесения. Это улучшает его кислотность, смесь обогащается фосфором, за счет разложения фосфоритной муки.

### **Обеспечение бездефицитного баланса гумуса в почве (внесение органических удобрений)**

#### ***1. Баланс гумуса в почве.***

Смена естественного биоценоза на агроценоз неизбежно приводит к резкому сокращению поступления в почву растительных остатков и отрицательному балансу гумуса.

Органическая часть почвы представляет сложный комплекс органических веществ, которые подразделяются на две группы:

а) негумифицированные органические вещества растительного или животного происхождения;

б) органические вещества специфической природы - гумусовые.

Органическое вещество - важнейший источник элементов питания для растений, в нем содержится почти весь азот, значительная часть фосфора и серы, а также другие элементы питания. Под действием гуминовых и фульвокислот, органических и угольной кислот, образующихся при разложении органического вещества, происходит постепенное разрушение силикатных, алюмосиликатных минералов, растворение соединений кальция и магния и других элементов, которые переходят в доступную для растений форму.

Органические вещества служат источником питания и энергетическим материалом для почвенных микроорганизмов. Органическое вещество оказывает непосредственное воздействие на растения благодаря наличию в нем органических кислот, ароматических соединений, ферментов, ауксинов, антибиотиков и т.д. Органические вещества участвуют в адсорбционных процессах, оказывают положительное влияние на структуру почвы, ее тепловой режим, водо- и воздухопроницаемость (2, 12).

Таким образом, внесение органических удобрений позволяет сохранить и умножить плодородие почвы. Органические удобрения выступают не только как источники пищи, но и как комплексные мелиоранты.

В почве идет два процесса одновременно: минерализация гумуса и образование новых гумусовых веществ за счет пожнивных, корневых остатков (11). Поэтому порядок расчета баланса гумуса в почве, будет следующий:

1. Определение размеров ежегодной минерализации гумуса.
2. Определение размеров сезонного восстановления гумуса за счет пожнивных остатков.
3. Расчет баланса гумуса в почве.

#### ***Определение размеров ежегодной минерализации гумуса.***

Размер минерализации гумуса можно определить по его ежегодному распаду в зависимости от возделываемых культур.

$$Г_m = \frac{C \times K}{100},$$

где Гм - количество минерализованного гумуса за сезон, т/га; С - валовое содержание гумуса в пахотном слое, т/га; К - разрушение гумуса за сезон в процентах от валового содержания.

Валовое содержание гумуса можно рассчитать по формуле:

$$C = m * h * d ,$$

где С - количество гумуса в слое, т/га; m - содержание гумуса, % на сухую почву; h - мощность слоя (горизонта) почвы, см; d - объемная масса почвы, г/см<sup>3</sup>.

Приблизительно валовое содержание гумуса можно определить, приняв массу слоя почвы в 3000 т. Тогда формула для расчета принимает вид:

$$C = 30 * m ,$$

где С - количество гумуса в пахотном слое, т/га; m - содержание гумуса, % на сухую почву.

По данным опытов с удобрениями на полях, занятых пропашными культурами и однолетними травами с полупаровой обработкой за год разрушается 1,5-2,0 % гумуса от валового содержания. При возделывании озимых, яровых и зернобобовых культур, многолетних трав, однолетних трав с двумя-тремя урожаями разрушение гумуса составляет 0,7-1,0 %, а на полях с чистым паром достигает 2,5 %.

Таким образом, "К" для культур сплошного сева равен 1,0, пропашных культур - 1,5 - 2,0 % от валового содержания гумуса в почве. Этот метод очень приближенный и дает завышенные результаты, особенно для почв высокогумусных.

Более объективный метод расчета размера ежегодной минерализации гумуса под посевом основан на учете выноса азота возделываемой культурой, при этом допускается, что основная масса его в почве образуется в процессе разрушения (гидролиза) гумуса. Азот гумуса в общем выносе биомассой в среднем составляет 60%, а среднее содержание азота в гумусе - 5%. Исходя из этого размер минерализации можно определить по формуле:

$$Гм = \frac{У \times V \times 0,6 \times 20}{1000} = У \times V \times 0,012,$$

где Гм - количество минерального гумуса, т/га; У - урожай основной продукции, ц/га; V - вынос азота в пересчете на 1ц основной продукции (включая побочную), кг; 0,6 - усредненный коэффициент выноса азота почвы по отношению ко всему выносу его растением; 20 -коэффициент перевода азота в гумус.

#### **Определение размеров сезонного восстановления гумуса за счет пожнивных остатков.**

Частично потери от минерализации гумуса компенсируются за счет пожнивных остатков и корней, соломы и послеуборочных остатков. Запаханное в почву органическое вещество только частично гумифицируется при гниении.

Зная нормативные показатели (табл.6), можно рассчитать сезонное накопление гумуса по каждому полю севооборота по формуле:

$$Гп = \frac{У \times a \times g}{100000},$$

где Гп - накопление гумуса за сезон, т/га; а - сухое органическое вещество корней, стерни или послеуборочных остатков, % от выхода основной продукции (табл.6); g - степень гумификации органических остатков, заделанных в почву, % (табл.6); У - урожай основной продукции, ц/га.

Таблица 6

Усредненные нормативы для расчета баланса гумуса в почве, %

Источник органического вещества	Сухое вещество пожнивных остатков от основной продукции	Степень гумификации сухого вещества
Озимая рожь на зерно	180	15
Яровая пшеница на зерно	135	20
Ячмень на зерно	110	20
Овес на зерно	115	20
Зернобобовые на зерно	75	25
Картофель	10	10
Корнеплоды	10	10

Кукуруза на силос	7	15
Однолетние травы:		
на сено	45	20
на зеленую массу	10	20
Многолетние травы 1 года:		
на сено	60	25
на зеленую массу	15	20
Многолетние травы 2-3 года:		
на сено	120	20
на зеленую массу	30	20
Подстилочный навоз	25*	25
Бесподстилочный навоз	10	10
Промороженный навоз	40	15
Торфокомпосты	25	25
Торф	40	15
Птичий помет	45	30
Сапропель	20	25
Сидерат	15	20

\*Для органических удобрений - сухое вещество от общей массы.

#### **Расчет баланса гумуса в почве.**

Рассчитав накопление и минерализацию гумуса, можно вести расчет его баланса по объединенной формуле:

$$Бг = Гп - Гм = \frac{У \times a \times g - 100 \times У \times 0,6 \times 20 \times V}{100000},$$

Если баланс гумуса отрицательный, то рассчитывают количество органического удобрения для его ликвидации:

$$Д = \frac{Бг \times 100 \times 100}{(100 - W) \times g},$$

где Д - доза органического удобрения, т/га; Бг - отрицательный баланс гумуса, т/га; W - влажность органического удобрения, %; g - степень гумификации сухого вещества органического удобрения (для подстилочного навоза, компостов – 25 %, птичий помет – 30 %, сапропель – 25 %, промороженный навоз, торф – 15 %).

#### **2. Среднегодовая потребность почв в органических удобрениях для обеспечения бездефицитного баланса гумуса.**

Определить потребность в сухом органическом веществе для бездефицитного баланса гумуса можно, пользуясь данными таблицы 7.

Таблица 7

Среднегодовая потребность среднесуглинистой почвы в органических удобрениях для обеспечения бездефицитного баланса гумуса (в тоннах сухого вещества на 1 га)

Емкость катионного обмена, ммоль/100г	Насыщенность севооборота пропашными культурами и чистыми парами	
	не более 20 %	более 20 %
менее 15	2,25	4,00
15 – 20	2,00	3,25
21 – 25	1,75	2,75
26 – 30	1,50	2,25
31 – 35	1,25	1,75
36 – 40	1,00	1,50
41 – 45	0,75	1,25
более 45	0,50	1,00

**Примечание:** каждое поле многолетних трав или поле однолетних трав с двумя – тремя урожаями в год снижает общую потребность на 0,25 т сухого вещества на 1 га.

Более точно определить потребность пахотных почв Среднего Урала в органических удобрениях можно по величине емкости катионного обмена. Установлено, что эта величина находится в прямой корреляционной зависимости с содержанием гумуса, влагоемкостью, буферной способностью и другими показателями, а также в обратной зависимости с потребностью поля в возврате сухого органического вещества для покрытия разрушаемого гумуса (14, 15).

Расчет ведется по формуле:

$$A = R - 0,001 * T^2 + 0,029 * a - 0,026 * в,$$

где А - среднегодовая потребность поля в сухом органическом веществе для обеспечения бездефицитного баланса гумуса, т/га; Т - емкость катионного обмена, ммоль/100 г; а - доля пропашных культур в структуре севооборота, %; в - доля многолетних трав в структуре севооборота, %; R - величина, зависящая от механического состава почвы: для глинистых почв - 3,03, тяжелосуглинистых - 2,75, среднесуглинистых - 2,36, легкосуглинистых - 2,12, супесчаных - 1,95, песчаных - 1,57.

Необходимое количество навоза или другого органического удобрения для обеспечения бездефицитного баланса гумуса определяют по формуле:

$$Дн = \frac{A \times t \times 100}{100 - W},$$

где Дн - доза органического удобрения, т/га; А - среднегодовая потребность почвы в сухом органическом веществе, т/га; t - срок ротации севооборота, лет; W - влажность органического удобрения, %.

Среднегодовую потребность в сухом органическом веществе среднесуглинистой почвы можно определить по таблице.

Для почв разного механического свойства следует рассчитать среднегодовую потребность в органическом веществе по вышеупомянутой формуле.

Каждое поле многолетних трав в севообороте или поле однолетних трав с двумя-тремя урожаями в год снижают общую потребность на 0,25т сухого вещества на 1 га.

При внесении органических удобрений следует помнить, что вносить небольшие дозы органических удобрений организационно и экономически нецелесообразно, поэтому допустимо небольшие дозы под отдельные культуры сосредоточить в одном поле под ведущие в хозяйстве культуры.

Органические удобрения прежде вносят в пар, а при его отсутствии - под высокоурожайные технические, кормовые и овощные культуры. Зерновые культуры хорошо отзываются на внесение органических удобрений, а также эффективно используют их последствие.

В качестве органических удобрений используется навоз всех видов скота, различные компосты, сапропель, сидераты, солома зерновых культур. Важной характеристикой органических удобрений, кроме содержания питательных веществ и органического вещества, является соотношение углерода к азоту, в качественном удобрении это соотношение не должно превышать 20, то есть на одну часть азота должно приходиться 20 частей углерода.

Соотношение можно рассчитать по формуле:

$$C: N = \frac{(100 - a) \times K}{100 \times H}$$

а- зольность сухого вещества органического удобрения, %; К -содержание углерода в сухом веществе, %; Н -содержание общего азота в сухом веществе, %.

Содержание углерода «К» в органических удобрениях различно, но в пересчете на сухое вещество оно составляет примерно 50 %. Можно принимать следующие значения «К», %: для навоза крупного рогатого скота – 46, свиного навоза - 50, конского навоза - 55, овечьего навоза - 52, куриного помета - 50, зеленой массы растений - 45. Если исходные данные выражены в процентах на сырую (естественную) массу, то для расчета соотношения углерода к азоту надо знать влажность органического удобрения. Тогда расчет будет таким:

$$C:N = \frac{(100 - W - a) \times K}{100 - H}$$

W – влажность органического удобрения, %.

Если на 1 часть азота приходится более 20 частей углерода, такое удобрение требует дополнительного обогащения азотом, как это приходится делать при запаховании в качестве органического удобрения соломы и опила.

Например, при запаховании соломы ячменя, содержащего сухого вещества - 86 %, углерода - 40, азота - 0,50 %, то на каждую тонну соломы необходимо добавлять до 20 кг азота д.в., так как соотношение углерода к азоту равно 80.

Более точно в каждом конкретном случае необходимо рассчитать компенсирующую добавку азота по формуле:

$$D_N = \left[ \frac{(100 - W - a) \times K}{100 \times R} - H \right] \times C$$

$D_N$  - доза азотных удобрений на га, кг действующего вещества; W - влажность соломы, %; R - заданное соотношение углерода к азоту (15-20); K - содержание углерода в сухом веществе запахованной соломы, %; H - содержание азота в сухом веществе соломы, %; a - зольность соломы, %; C - количество запахованной соломы на 1 га, ц.

Применение соломы в качестве органического удобрения без компенсирующей добавки азотных удобрений приводит к резкому отрицательному балансу азота в почве.

Содержание азота в соломе бобовых культур в два и более раза больше, чем в соломе зерновых культур, поэтому при запаховании соломы бобовых требуется меньше компенсирующей добавки минерального азота - 6-12 кг на одну тонну соломы.

Компостирование позволяет исправить химический состав компонентов, убрать излишнюю влагу, получить рыхлый, сыпучий, с хорошей водопроницаемостью продукт, а самое главное с оптимальным соотношением углерода к азоту.

Для подготовки компоста хорошего качества достаточно в компостной массе отрегулировать содержание общего азота, чтобы активно шла ферментация, содержание других элементов не является определяющим фактором.

Массу компонентов в компостах рассчитывают с учётом соотношения C: N по формуле:

$$A = \frac{(100 - W_1 - v_1) \times K_1 - 100 \times R \times m_1}{100 \times R \times m_2 - (100 - W_2 - v_2) \times K_2}$$

где A – количество компонента с высоким содержанием азота, добавляемого к 1 тонне исходного органического удобрения, т; R – заданное соотношение углерода к азоту в органическом удобрении;  $W_1$  – влажность исходного органического удобрения с низким содержанием азота, %;  $v_1$  – зольность исходного удобрения, %;  $K_1$  - содержание углерода в сухом органическом веществе исходного удобрения, %;  $m_1$  – содержание общего азота в исходном удобрении, %;  $W_2$  - влажность компонента с высоким содержанием азота, %;  $v_2$  - зольность добавляемого компонента, %;  $m_2$  - содержание азота в добавляемом компоненте, %;  $K_2$  - содержание углерода в сухом органическом веществе добавляемого компонента.

Компостирование помёта позволяет сократить потери азота, уменьшает неприятный запах и загрязнение окружающей среды. Высокое содержание азота в курином помёте, в свою очередь, позволяет готовить компосты из любых компонентов, содержащих мало азота, но богатых органическим веществом. Компосты на торфяной основе готовы к употреблению уже через два, два с половиной месяца (в теплое время года). Использование соломы, опила и древесной коры для компостирования увеличивает период созревания компостов до 4-6 месяцев. Для ускорения разложения в компосты можно вносить биопрепараты термофильных микроорганизмов (Ургаса, Гумит и др.). Снизить потери азота можно добавлением в компосты фосфогипса, фосфоритной муки. Фосфогипс содержит до 80% гипса, который связывает аммиак с образованием сульфата аммония (на 1 кг аммиака требуется 8 кг фосфогипса), при добавлении фосфоритной муки образуется аммофос (на 1 кг аммиака необходимо 5 кг фосфоритной муки). Фосфор этих удобрений становится более подвижным, переходя в доступную форму (16).

При разложении отходов животноводства с использованием дождевых червей получают вермикомпост, при использовании личинок капрофагов - зоокомпост. Применение ферментаторов - метантенков (анаэробная переработка) позволяет получать компост из навоза, птичьего помета и их смесей с продуктами отхода при переработке растительной массы под названием эффлюэнт. Метангенерация сырья может быть при температуре 8-10 °С (психрофильная), 30-40 (мезофильная) и 50-55 (термофильная). Готовый компост может быть твердым и жидким с содержанием общего азота 0,2 - 0,3 %, общего фосфора 0,1 и калия 0,1 – 0,2%. Компост мало опасен (4 - 5 класс), обеззаражен (полное отсутствие патогенных и болезнетворных микроорганизмов, семян сорняков), пожаровзрывобезопасен. Применяется под все культуры, при рекультивации земель, благоустройстве и озеленении городских и рекреационных территорий. Дозы внесения под полевые культуры рассчитывают по общему азоту под зерновые 120 - 140 кг/га, кукурузу 240 - 400, однолетние травы 120 - 130, многолетние травы 240 - 320 дробно, после каждого укоса, картофель 120 - 200 кг/га, в посадочные ямы 0,5 - 2,0 кг. Жидкий эффлюэнт применяют для замачивания семян, клубней, луковиц, черенков (1:10), корневых подкормок рассады, плодово-ягодных культур, цветов (4).

### Список литературы

1. Агрохимия. Учебник/В.Г. Минеев, В.Г. Сычев, Г.П. Гамзиков и др.; под ред. В.Г. Минеева. – М.: Изд-во ВНИИА им. Д.Н. Прянишникова. 2017.-854 с.
2. Агрохимия: учебник. Э.А. Муравин, Л.В. Ромодина, В.А. Литвинский. – М.: Изд. Academia. 2014. – 304 с.
3. Айдаров И.П., Завалин А.А. Обоснование потребности сельскохозяйственных культур в азотных удобрениях в системе комплексных мелиораций земель. Агрохимия, №5, 2017. С. 56 – 65.
4. Бутенко М.С., Ульянова О.А., Халипский А.Н., Хижняк С.В. Действие возрастающих доз вермикомпоста на агрохимические свойства почвы, урожайность и качество клубней картофеля. Агрохимия, №7, 2020. С. 47 – 56.
5. Волынкин В.И., Копылов А.Н., Волынкина О.В., Кириллова Е.В.//Влияние минеральных удобрений на урожайность культур и агрохимические свойства обыкновенного солонцеватого чернозема в условиях Зауралья//Агрохимия, 2016, № 2, С.10-19.
6. Ганжара Н.Ф. Практикум по почвоведению. / Ганжара Н.Ф., Борисов Б.А., Байбеков Р.Ф. – Под ред. д.б.н., проф. Ганжары. – М.: Агроконсалт, 2002. – 280 с.
7. Герасимов А.О., Поляк Ю.М. Оценка влияния засоления на аллелопатическую активность микромицетов в дерново-подзолистой почве. Агрохимия, № 3, 2021. С.51 – 59.
8. Дмитриев Н.Н., Гамзуков Г.П. Систематическое применение удобрений как фактор стабилизации плодородия серых лесных почв и продуктивности зерновых культур в зернопаровом севообороте. - 2015.- № 2. – С.3-12.
9. Изучение и подбор солеустойчивых сельскохозяйственных культур для возделывания на засоленных почвах. Практическое руководство для фермеров опубликовано Продовольственной и сельскохозяйственной организацией Объединенных Наций и Общественным фондом “Центр обучения, консультации и инновации”. Бишкек, 2018 – 19 с.
10. Митрофанова Е.М. Влияние известкования и минеральных удобрений на кислотность дерново-подзолистой почвы Предуралья//Агрохимия, 2015, № 7, С.3-10.
11. Новоселов С.М. О методических подходах к расчету баланса гумуса в севообороте. Агрохимия, № 10, 2020. С. 28 – 35.
12. Онищенко Л.М. Агрохимические основы воспроизводства плодородия чернозема выщелоченного Западного Предкавказья и повышения продуктивности сельскохозяйственных культур/Л.М. Онищенко/ Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора сельскохозяйственных наук. - Краснодар: 2016.- 41с.
13. Онищенко Л.М. Биологический круговорот азота, фосфора и калия в черноземе выщелоченном при выращивании сои/Л.М. Онищенко//Энтузиасты аграрной науки.- Вып. 16.- Краснодар: КубГАУ, 2015.- С.94-99.

14. Применение удобрений в Свердловской области (Рекомендации). Чесноков Н.А., Гусак С.И., Иванов Н.А., Рочев В.А., Селевцев В.Ф., Каренгина Л.Б., Байкин Ю.Л., Огородников Л.П., Смолев А.А., Постников П.А., Пятыгина Л.А., Федоров В.П., Калугин Н.Г., Новиков А.Е., Волкова В.Т. Одобрено Агропромышленным комитетом Свердловской области, ученым Советом НПО «Среднеуральское», протокол № 8 от 27 марта 1991 г., Свердловск, 1991.

15. Селевцев В.Ф. Применение агрохимических анализов в планировании системы удобрения. - Учебное пособие 2-е изд., перераб. и доп.. -Екатеринбург, Уральская ГСХА, 1996. – 96 с.

16. Сенкевич О.В., Ульянова О.А., Хижняк С.В. Оценка влияния новых видов вермикомпоста на плодородие агросерой почвы. Агрохимия, № 8, 2019. С. 24 – 33.

17. Шишова В.С. Основные методы улучшения солонцовых почв. - М.: ВНИИТЭСХ. 1978.-47с.

18. Якименко В.Н. Действие и последствие калийных удобрений в полевом опыте на серой лесной почве// Агрохимия, 2015, № 4, с. 3-12.