

УДК 631.82

4.3.1. Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса (технические науки)

ИССЛЕДОВАНИЯ И ОБОСНОВАНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ МАШИН ПО ВНЕСЕНИЮ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ В УСЛОВИЯХ РИСОСЕЯНИЯ

Матущенко Алексей Евгеньевич
старший преподаватель
archangel24@mail.ru

Сарксян Мовсес Дмитриевич
студент

movses.sarksyan.03@mail.ru

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина»

В статье представлено исследование, посвященное оптимизации параметров машин для внесения минеральных удобрений в условиях рисосеяния. Актуальность темы обусловлена необходимостью повышения эффективности сельскохозяйственного производства и рационального использования удобрений для достижения высоких урожайных показателей. На основе проведения полевых испытаний и компьютерного моделирования авторы проанализировали влияние различных параметров машин, таких как ширина захвата, скорость внесения и тип используемых удобрений, на качество их распределения и усвоение растениями. Результаты исследования свидетельствуют о том, что правильный выбор параметров внесения способствует увеличению урожайности риса и снижению затрат на удобрения. В заключении представлены рекомендации для агрономов и инженеров по применению полученных данных в практике сельского хозяйства, что обеспечивает устойчивое развитие рисоводства и эффективное использование ресурсов

Ключевые слова: ИЗДЕРЖКИ, СРИ, ТРАКТОРА, ПЛОЩАДЬ, АГРЕГАТ

<http://dx.doi.org/10.21515/1990-4665-203-033>

UDC 631.82

4.3.1. Technologies, machinery and equipment for the agro-industrial complex (technical sciences)

RESEARCH AND SUBSTANTIATION OF THE OPTIMAL PARAMETERS OF MACHINES FOR THE APPLICATION OF MINERAL FERTILIZERS IN RICE-GROWING CONDITIONS

Matushchenko Alexey Evgenievich
senior lecturer
archangel24@mail.ru

Sarksyan Movses Dmitrievich
student

movses.sarksyan.03@mail.ru

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin"

The article presents a study devoted to optimizing the parameters of machines for applying mineral fertilizers in rice-growing conditions. The relevance of the topic is due to the need to increase the efficiency of agricultural production and the rational use of fertilizers to achieve high yield indicators. Based on field tests and computer simulations, the authors analyzed the influence of various machine parameters, such as the width of the grip, the speed of application and the type of fertilizers used, on the quality of their distribution and assimilation by plants. The results of the study indicate that the correct choice of application parameters helps to increase rice yields and reduce fertilizer costs. In conclusion, recommendations are presented for agronomists and engineers on the application of the obtained data in agricultural practice, which ensures the sustainable development of rice farming and efficient use of resources

Keywords: COSTS, RICE, TRACTORS, AREA, UNIT

Введение

Вопросу выбора оптимальных параметров машин по внесению минеральных удобрений в последнее время уделялось много внимания. Однако расчеты проводились без учета зональных условий, и большинство ав-

торов в основу этих расчетов брало производительность машины. Такой подход проводил к повышению себестоимости единицы продукции, так как повышением производительности агрегатов повышались часовые затраты на их эксплуатацию.

Обобщающим критерием оптимизации являются прямые эксплуатационные издержки на единицу площади, поскольку они выражают в той или другой степени влияние всех факторов: конструктивных особенностей машин, прямых затрат, производительности агрегата, стоимости машин, их технического совершенства, экономичности трактора, а также внешних производственных условий применения агрегатов.[1]

Вопрос об оптимальных параметрах машин для внесения удобрений тесным образом связан с существующими технологическими схемами внесения минеральных удобрений.

В настоящее время в хозяйствах страны применяется два варианта технологических схем внесения минеральных удобрений прицепами-разбрасывателями.

Первый вариант предусматривает такую последовательность операций: погрузка удобрений в кузов разбрасывателя, доставка его в поле, разбрасывание удобрений, холостой ход с пустым прицепом на склад. Затем цикл повторяется.

Во втором варианте удобрения подвозят со склада специальным автомобилем перегрузчиком, который загружает удобрения в кузов разбрасывателя непосредственно на поле.

Материал и методы

Задача оптимизации заключается в установлении закономерностей изменения основных величин в известных выражениях прямых эксплуатационных затрат “С”, производительности агрегата “W” и нахождении ос-

новых оптимальных параметров работы агрегата (скорости движения, ширины захвата и грузоподъёмности).[2]

Прямые издержки на единицу обработанной площади выражаются зависимостью:

$$N = \frac{C}{W}, \text{ руб/га} \quad (1)$$

где C – прямые эксплуатационные затраты на 1 час работы агрегата, руб;

W – производительность агрегата за 1 час сменного времени, га.

Прямые эксплуатационные затраты за 1 час работы агрегата:

$$C = C_3 + C_a + C_T + C_\Gamma + C_X, \text{ руб/час} \quad (2)$$

где C_3 ; C_a ; C_T ; C_Γ ; C_X – зарплата рабочих, амортизационные отчисления, отчисления на текущий ремонт и технический уход, стоимость горючего и издержки на хранения агрегата в руб/час.[3]

$$W = 0,1 * B * V * \tau, \text{ га/час} \quad (3)$$

Где B – ширина захвата, м;

V – скорость движения, км/час

τ – коэффициент использования времени смены.

При внесении удобрений агрегат обслуживается одним трактором и $C_3 = 0,45$ руб/час.

Отчисления на амортизацию агрегата определяется по следующей формуле:

$$C_a = \frac{B_T * a_T}{100 * t_T} + \frac{B_M * a_M}{100 * t_M}, \text{ руб/час} \quad (4)$$

где B_T и B_M – балансовая стоимость трактора и машины, руб;

a_T и a_M – процент ежегодных амортизационных отчислений трактора и сельхоз-машины;

t_T и t_M – годовая загрузка трактора и машины, час.

Балансовая стоимость машины выражается:

$$B_M = 1,1 * G * K, \quad (5)$$

Где G – вес машины, кг;

K – затраты, отнесенные к одному кг веса, руб.[4]

Принимая за базовую модель РУМ-3, получаем:

$$G = 0,33 * Q, \text{ кг} \quad (6)$$

Где Q – грузоподъёмность машины, кг.

Если данные, типичные для рисосеющих хозяйств, поставить ($B_T = 2580$ руб; $a_T = 24,5\%$; $t_T = 1400$ час; $K = 1,33 \frac{\text{руб}}{\text{кг}}$; $a_M = 14,2\%$; $t_M = 200$ час) в уравнение (4), то

$$C_a = 0,45 + 3,25 * 10^{-4} * Q, \text{ руб/час} \quad (7)$$

Подставляя

значения

($B_T = 2580$ руб; $a_T = 22\%$; $t_T = 1400$ час; $K = 1,33 \frac{\text{руб}}{\text{кг}}$; $a_M = 13\%$; $t_M = 200$ час) в уравнение (4), получим:

$$C_T = 0,4 + 3 * 10^{-4} * Q, \text{ руб/час} \quad (8)$$

Приняв во внимание работу, проводимую в сходных условиях затраты на топливо и смазочные материалы определятся следующей зависимостью:

$$C_{\Gamma} = \frac{31,7+0,013*Q+0,86*N_{\text{ВОМ}}}{190}, \text{ руб/час} \quad (9)$$

Проведенные нами исследования показали, что между мощностью снимаемой с ВОМ трактора на привод рабочих органов разбрасывателя, и весом материала в его бункере Q , существует зависимость, которую приближенно можно представить в следующем виде:

$$N_{\text{ВОМ}} = 0,08 * \sqrt{Q} + 1,8 \quad (10)$$

Подставив значение $N_{\text{ВОМ}}$ в формулу (9), получим:

$$C_{\Gamma} = \frac{33,25+0,013*Q+0,068*\sqrt{Q}}{190}, \text{ руб/час} \quad (11)$$

Часовые издержки на хранение агрегата (1):

$$C_X = X_T + X_M,$$

где X_T и X_M – затраты на хранение трактора и сельхозмашины за 1 час работы, руб.

Приняв $X_T = X_M = 0,02$ руб/час, находим $C_X = 0,04$ руб/час.

Подставляя полученные значения затрат в уравнение (2), получим:

$$C = 1,52 + 6,94 * 10^{-4} * Q + 3,6 * 10^{-4} * \sqrt{Q}, \text{ руб/час} \quad (12)$$

Формула выражает математическую зависимость между прямыми эксплуатационными затратами за один час работы и грузоподъемностью разбрасывателя.[5]

Часовая производительность агрегата соответственно для первого и второго варианта технологии определяется из расчёта нормативов времени, необходимого на обработку одного га.

$$W_I = \frac{1}{T_{\text{ч}} + T_x + T_{\text{загр}} + T_{\text{пер}} + T_c}, \text{ га/час} \quad (13)$$

$$W_{II} = \frac{1}{T_{\text{ч}} + T_x + T_{\text{загр}} + T_{\text{пер}}}, \text{ га/час}, \quad (14)$$

где $T_{\text{ч}}$ – время, необходимое для совершения рабочих ходов агрегата при обработке 1 га площади;

T_x – время, необходимое на повороты при обработке 1 га площади;

$T_{\text{загр}}$ – время, необходимое на погрузку материала, вносимого на 1 га площади;

$T_{\text{пер}}$ – время переездов с участка на участок, приходящееся на обработку 1 га площади;

T_c – время движения к складу минеральных удобрений и от него, приходящееся на обработку 1 га площади.

Время рабочих ходов

$$T_{\text{ч}} = \frac{1}{0,1 * B_p * V_p}, \text{ час/га} \quad (15)$$

Где B_p – ширина захвата агрегата(рабочая), м;

V_p – рабочая скорость агрегата, км/час.

Затраты времени

$$T_x = \frac{t_{\text{пов}}}{0,36 * L * B_p} + \frac{t_{\text{пов}}}{600 * F}, \text{ час/га} \quad (16)$$

где $t_{пов}$ – время одного поворота на поворотной полосе, $t_{пов} = 30$ сек;

L – длина гона, $L = 200$;

F – площадь участка, $F = 3$ га.

Затраты на заправку разбрасывателя:

$$T_{запр} = \frac{Q_n}{g}, \text{ час/га} \quad (17)$$

где Q_n – норма внесения, $Q_n = 0,58$ т/га;

g – производительность погрузчика, $g = 10$ т/час.

Величина $T_{пер}$ выражается

$$T_{пер} = \frac{t_{пер}}{F}, \text{ час/га} \quad (18)$$

где $t_{пер}$ – время одного переезда с участка на участок, $t_{пер} = 0,3$ час;

F – обработанная по формуле, га.

Время T_c определяется по формуле

$$T_c = \frac{2*Q_n*S}{Q*V_x}, \text{ час/га} \quad (19)$$

где S – расстояние от места внесения до места заправки, $S = 4$ км.

Если поставить полученные данные хронометражных наблюдений в уравнения(13 и 14), то производительность для 1 и 2 вариантов технологии выразится:

$$W_I = \frac{0,96*B_p*V_p*Q}{10*Q+0,42*V_p*Q+0,045*B_p*V_p*Q+0,2*B_p*V_p}, \text{ га/час} \quad (20)$$

$$W_I = \frac{0,96*B_p*V_p}{10+0,42*V_p+0,045*B_p*V_p}, \text{ га/час} \quad (21)$$

Используя уравнения (1,12,20, 21), найдем графическую зависимость прямых издержек на единицу обработанной площади N , часовых эксплуатационных затрат C и часовой производительности W в зависимости от грузоподъемности разбрасывателя при работе по первому варианту технологии (Рис. 1).[7]

Представленные зависимости показывают, что с увеличением грузоподъемности увеличивается производительность разбрасывателя, но в то

же время изменяются часовые издержки на его эксплуатацию и минимальным значениям издержки на его эксплуатацию и минимальным значениям соответствует, вполне определенная грузоподъемность.

Оптимальная скорость движения и ширина захвата определялись по качественным показателям неравномерности внесения удобрений и урожайности риса.

Оптимальная скорость движения агрегата при разбрасывании смеси удобрений 12 км/час.

Внесение смеси удобрений диктуется экономическими соображениями. При внесении каждого вида удобрений в отдельности увеличиваются затраты, грубо нарушается необходимое для растений соотношение элементов питания.

Исследования показали, что характер распределения удобрений по ширине захвата агрегата близок к закону нормального распределения.

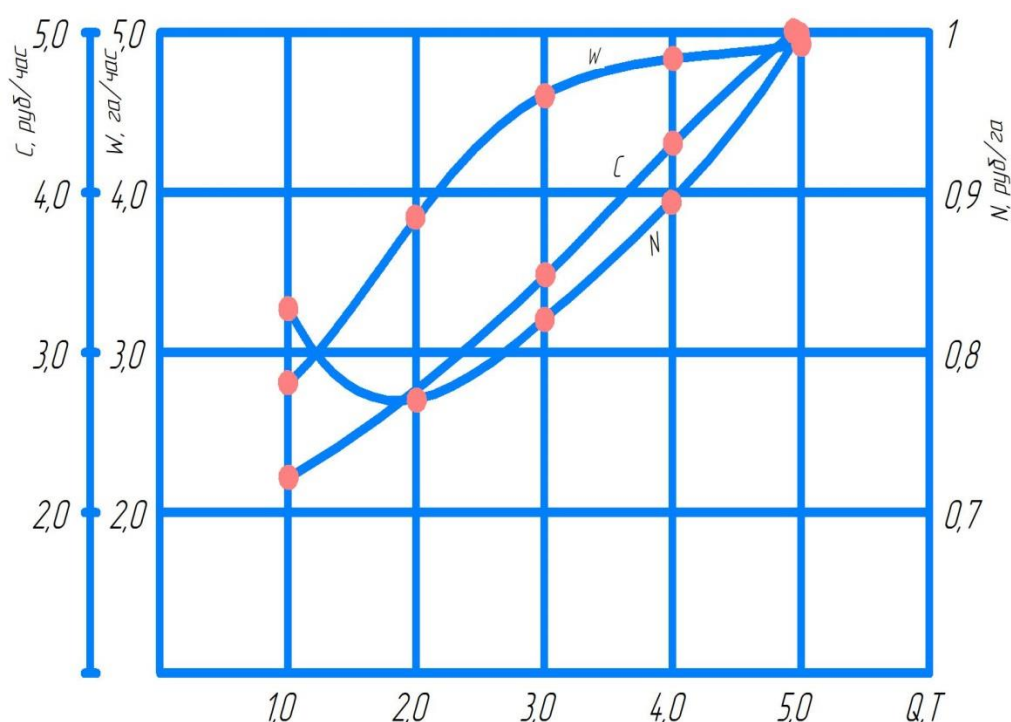


Рис.1. Зависимость прямых эксплуатационных издержек, часовых издержек на эксплуатацию и производительности разбрасывателя от его грузоподъемности.

Чтобы повысить урожай риса на единице площади, необходимо обеспечить более равномерное размещение удобрений по ширине захвата. Этого можно достигнуть путем перекрытия двух смежных проходов агрегата, что приводит к уменьшению ширины захвата агрегата, а следовательно, к увеличению затрат на единицу площади.

Исследованием функции изменения эксплуатационных затрат от ширины захвата и урожая риса (см. рис. 2) установлено, что с увеличением ширины захвата урожайность резко падает в диапазоне от 11 до 14 м (РУМ-3) (рис. 2) и резко снижаются прямые эксплуатационные издержки за счет увеличения производительности.[8]

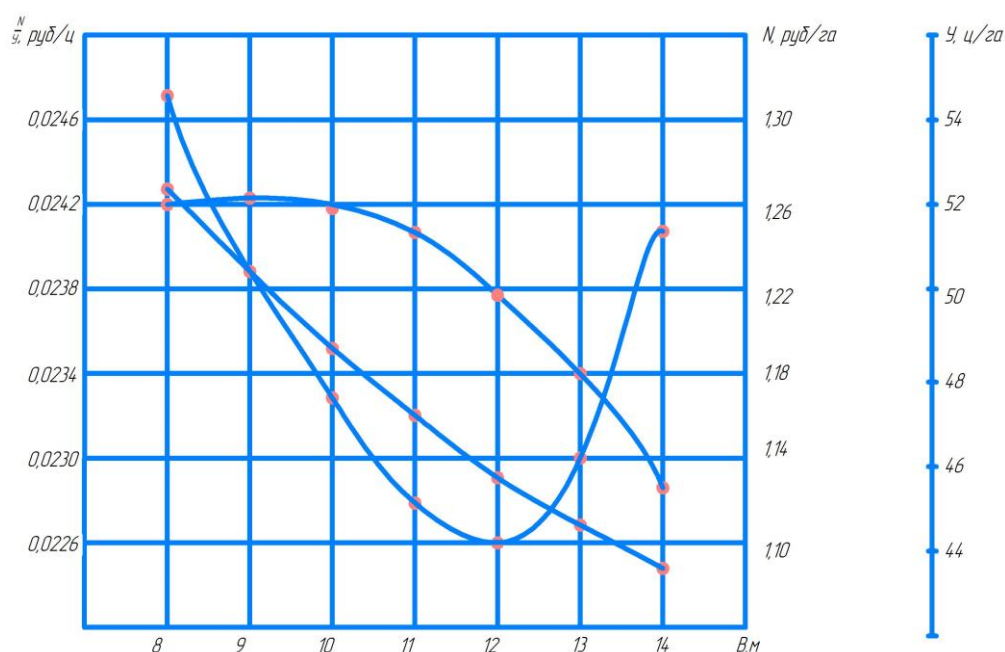


Рис.2. Зависимость прямых эксплуатационных издержек на центнер урожая риса при различной ширине при различной ширине захвата разбрасывателей.

Учитывая оба эти фактора, строим суммарную кривую $\frac{N}{У}$, в которой прямые эксплуатационные издержки относим к полученному урожаю риса. Мы видим, что данная кривая имеет явно выраженный минимум, по которому и определяем оптимальную ширину захвата (12м)

При построении кривых использовано площадь чека 3 га, длина гона 200м, расстояние от склада до поля 5 км, вносимая гранулированная смесь с нормой 580 кг/га. Работа осуществлялась по первому варианту технологии.

Исследуя кривую $\frac{N}{y}$ методом наименьших квадратов, находим аналитическое выражение кривой, которое представляет собой уравнение параболы второго порядка:

$$y = ax^2 + bx + c,$$

где $a = 25 * 10^{-5}$; $b = -575 * 10^{-4}$; $c = 556 * 10^{-4}$.

Подставив эти значения в уравнение, получим

$$y = 25 * 10^{-5} * x^2 - 575 * 10^{-4} * x + 556 * 10^{-4}.$$

Полученная эмпирическая зависимость согласуется с расчётными данными и дает возможность быстро построить суммарную кривую $\frac{N}{y}$, по которой определяется оптимальная ширина захвата.

Литература

1. Ефимов, В. М. Урожайность картофеля в зависимости от минеральных удобрений, трепела и его смесей с минеральными удобрениями / В. М. Ефимов, Л. Г. Шашкаров // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2009. – Т. 4, № 3(13). – С. 100-101. – EDN KVHJCP.
2. Макаров, М. Р. Результат совместного применения минерального удобрения и жидкого минерального удобрения, с микроэлементами, на озимой пшенице / М. Р. Макаров, В. М. Макаров // Современные научные исследования и инновации. – 2023. – № 12(152). – EDN HOZTBF.
3. Патент № 2357397 С1 Российская Федерация, МПК А01С 15/00. Машина для загрузки и разбрасывания минеральных удобрений и способ загрузки минеральных удобрений : № 2007141433/12 : заявл. 07.11.2007 : опубл. 10.06.2009 / В. А. Николаев ; заявитель Федеральное государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Ярославская государственная сельскохозяйственная академия". – EDN ZHJQEP.
4. Санжаровская, М. И. Внутрипочвенное внесение минеральных удобрений в многолетних насаждениях [Устойчивость для электрогидроимпульсной подачи растворов минеральных удобрений в почву] / М. И. Санжаровская // Инженерно-техническое обеспечение АПК. Реферативный журнал. – 2006. – № 3. – С. 765. – EDN HUTCWT.
5. Давыдовский, А. Е. Продвижение продукции АО "Воскресенские минеральные удобрения" на рынке минеральных удобрений и кормовых добавок России и мира / А. Е. Давыдовский, Н. И. Гавриленко // Вестник российского химико-технологического

университета имени Д. И. Менделеева: Гуманитарные и социально-экономические исследования. – 2018. – № 9-2. – С. 58-67. – EDN YXMZIT.

6. Патент № 2253639 С2 Российская Федерация, МПК С05В 7/00, С05С 1/00, С05С 1/02. Способ получения гранулированного минерального удобрения, содержащего азот и фосфор, и гранулированное минеральное удобрение : № 2003118060/15 : заявл. 16.06.2003 : опубл. 10.06.2005 / В. А. Сеземин, О. Б. Абрамов ; заявитель Общество с ограниченной ответственностью "Научно-инженерный центр" (ООО "НИЦ"). – EDN RPBQSK.

7. Бобро, М. С. Использование излишков минеральных удобрений в качестве ингибитора питтинговой коррозии на производстве минеральных удобрений / М. С. Бобро, В. А. Лихачев // Утилизация отходов производства и потребления: инновационные подходы и технологии : материалы II Всероссийской научно-практической конференции, Киров, 17 ноября 2020 года. – Киров: Вятский государственный университет, 2020. – С. 166-170. – EDN XBWOMU.

8. Прокина, Л. Н. Новый прием комплексного использования минеральных удобрений и жидкого минерального удобрения Форсаж (микро) в посевах многолетних трав / Л. Н. Прокина // Ресурсосберегающие экологически безопасные технологии производства и переработки сельскохозяйственной продукции : Материалы XVI Международной научно-практической конференции, посвященной 90-летию становления и развития аграрной науки в Республике Мордовия и памяти профессора С.А. Лапшина, Саранск, 15–16 октября 2020 года / Редколлегия: А.В. Ивойлов, Д.В. Бочкарев. – Саранск: Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва, 2020. – С. 335-339. – EDN ZCBVCH.

References

1. Efimov, V. M. Urozhajnost` kartofelya v zavisimosti ot mineral`ny`x udobrenij, trepela i ego smesej s mineral`ny`mi udobreniyami / V. M. Efimov, L. G. Shashkarov // Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2009. – Т. 4, № 3(13). – С. 100-101. – EDN KVHJCP.

2. Makarov, M. R. Rezul`tat sovmestnogo primeneniya mineral`nogo udobreniya i zhidkogo mineral`nogo udobreniya, s mikro`elementami, na ozimoj pshenice / M. R. Makarov, V. M. Makarov // Sovremennyye nauchny`e issledovaniya i innovacii. – 2023. – № 12(152). – EDN HOZTBF.

3. Patent № 2357397 C1 Rossijskaya Federaciya, МПК А01С 15/00. Mashina dlya zagruzki i razbrasyvaniya mineral`ny`x udobrenij i sposob zagruzki mineral`ny`x udobrenij : № 2007141433/12 : zayavl. 07.11.2007 : opubl. 10.06.2009 / V. A. Nikolaev ; zayavitel` Federal`noe gosudarstvennoe obrazovatel`noe uchrezhdenie vy`sshego professional`nogo obrazovaniya "Yaroslavskaya gosudarstvennaya sel`skoxozyajstvennaya akademiya". – EDN ZHJQEP.

4. Sanzharovskaya, M. I. Vnutripochvennoe vnesenie mineral`ny`x udobrenij v mnogoletnix nasazhdeniyax [Ustojstvo dlya e`lektrogidroimpul`snoj podachi rastvorov mineral`ny`x udobrenij v pochvu] / M. I. Sanzharovskaya // Inzhenerno-texnicheskoe obespechenie APK. Referativny`j zhurnal. – 2006. – № 3. – С. 765. – EDN HUTCWT.

5. Davy`dovskij, A. E. Prodvizhenie produkcii AO "Voskresenskie mineral`ny`e udobreniya" na ry`nke mineral`ny`x udobrenij i kormovy`x dobavok Rossii i mira / A. E. Davy`dovskij, N. I. Gavrilenko // Vestnik rossijskogo ximiko-texnologicheskogo universiteta imeni D. I. Mendeleeva: Gumanitarnyye i social`no-e`konomicheskie issledovaniya. – 2018. – № 9-2. – С. 58-67. – EDN YXMZIT.

6. Patent № 2253639 C2 Rossijskaya Federaciya, МПК С05В 7/00, С05С 1/00, С05С 1/02. Sposob polucheniya granulirovannogo mineral`nogo udobreniya, sodержashhego azot i

fosfor, i granulirovannoe mineral'noe udobrenie : № 2003118060/15 : zayavl. 16.06.2003 : opubl. 10.06.2005 / V. A. Sezemin, O. B. Abramov ; zayavitel' Obshhestvo s ogranichennoj ot-vetstvennost'yu "Nauchno-inzhenerny'j centr" (OOO "NICz"). – EDN RPBQCK.

7. Bobro, M. S. Ispol'zovanie izlishkov mineral'ny'x udobrenij v kachestve ingi-bitora pittingovoj korrozii na proizvodstve mineral'ny'x udobrenij / M. S. Bobro, V. A. Lixachev // Utilizaciya otkhodov proizvodstva i potrebleniya: innovacionny'e podxody i texnologii : materialy' II Vserossijskoj nauchno-prakticheskoj konferencii, Kirov, 17 noyabrya 2020 goda. – Kirov: Vyatskij gosudarstvenny'j universitet, 2020. – S. 166-170. – EDN XBWOMU.

8. Prokina, L. N. Novy'j priem kompleksnogo ispol'zovaniya mineral'ny'x udobre-nij i zhidkogo mineral'nogo udobreniya Forsazh (mikro) v posevax mnogoletnix trav / L. N. Prokina // Resursosberegayushhie e'kologicheski bezopasny'e texnologii proizvodstva i pere-rabotki sel'skoxozyajstvennoj produkcii : Materialy' XVI Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii, posvyashhennoj 90-letiyu stanovleniya i razvitiya agrarnoj nauki v Respublike Mordoviya i pamyati professora S.A. Lapshina, Saransk, 15–16 oktyabrya 2020 goda / Redkollegiya: A.V. Ivojlav, D.V. Bochkarev. – Saransk: Nacional'ny'j issledovatel'skij Mordovskij gosudarstvenny'j universitet im. N.P. Ogaryova, 2020. – S. 335-339. – EDN ZCBBCH.