

## ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ЭФФЕКТА ПРИ ПРИМЕНЕНИИ КАПСУЛИРОВАННЫХ АЗОТНЫХ УДОБРЕНИЙ

**Л. Л. Гурец**

Сумский государственный университет

ул. Римского-Корсакова, 2, г. Сумы, 40000, Украина. E-mail: larisagurets@gmail.com

**В. С. Вакал, С. В. Вакал**

ГП «Сумский государственный научно-исследовательский институт минеральных удобрений и пигментов»

ул. Харьковская, п/о 12, г. Сумы, 40012, Украина. E-mail: mindip.sumy@ukr.net

**Ю. Л. Цапко**

Национальный научный центр «Институт агрохимии и почвоведения имени А. Н. Соколовского»

ул. Чайковская, 4, г. Харьков, 61024, Украина. E-mail: tsapkoul@i.ua

Проведен анализ экологического состояния окружающей среды при применении минеральных удобрений и оценено влияние потерь азота на почвенный покров, воздушную и водную среды. С целью снижения непроизводительных потерь азота удобрений предложен способ капсулирования азотсодержащих удобрений фосфатной оболочкой на основе отечественного фосфат-глауконитового концентрата Ново-Амвросиевского месторождения с высоким содержанием усвояемого фосфора, который можно использовать для прямого внесения. Проведен химический анализ образцов удобрений, капсулированных фосфат-глауконитовым концентратом с использованием 50% раствора карбамида в качестве пластификатора. В качестве ядра удобрений использовали карбамид, аммиачную селитру и удобрение Суперагро NPK. В ходе лабораторно-аналитических и полевых исследований проведен сравнительный анализ использования традиционных удобрений, таких как карбамид, аммиачная селитра и калийная соль, а также разработанных капсулированных удобрений при получении урожая кукурузы. Показано увеличение коэффициента использования удобрений при капсулировании фосфатной оболочкой и урожайности сельскохозяйственных культур. Выполненные агрохимические исследования данного вида минеральных удобрений показывают, что для того, чтобы достичь такого же увеличения урожайности, расходы новых форм удобрений можно уменьшить в 2-3 раза. Рассчитан экологический эффект по снижению выбросов азота и, соответственно, парниковых газов при применении медленнодействующих удобрений с фосфатным покрытием и определен коэффициент экологичности разработанного вида удобрений при их применении на земельных угодьях.

**Ключевые слова:** капсулирование, азотные удобрения, карбамид, фосфат-глауконитовый концентрат, экологический эффект, коэффициент экологичности.

## ОЦІНКА ЕКОЛОГІЧНОГО ЕФЕКТУ ПРИ ЗАСТОСУВАННІ КАПСУЛЬОВАНИХ АЗОТНИХ ДОБРІВ

**Л. Л. Гурець**

Сумський державний університет

вул. Римського-Корсакова, 2, м. Суми, 40000, Україна. E-mail: larisagurets@gmail.com

**В. С. Вакал, С. В. Вакал**

ДП «Сумський державний науково-дослідний інститут мінеральних добрив і пігментів»

вул. Харківська, п/в 12, м. Суми, 40012, Україна. E-mail: mindip.sumy@ukr.net

**Ю. Л. Цапко**

Національний науковий центр «Інститут агрохімії та ґрунтознавства імені О. Н. Соколовського»

вул. Чайковська, 4, м. Харків, 61024, Україна. E-mail: tsapkoul@i.ua

Проведено аналіз екологічного стану навколишнього середовища при застосуванні мінеральних добрив та оцінено вплив втрат азоту на ґрунтовий покрив, повітряне та водне середовища. З метою зниження непродуктивних втрат азоту добрив запропоновано спосіб капсулювання азотовмісних добрив фосфатною оболонкою на основі вітчизняного фосфат-глауконітового концентрату Ново-Амвросіївського родовища з високим вмістом засвоюваного фосфору, який можна використовувати для прямого внесення. Проведено хімічний аналіз зразків добрив, капсульованих фосфат-глауконітовим концентратом з використанням 50 % розчину карбаміду як пластифікатора. У якості ядра добрив використовували карбамід, аміачну селітру та добриво Суперагро NPK. В ході лабораторно-аналітичних і польових досліджень проведено порівняльний аналіз використання традиційних добрив, таких як карбамід, аміачна селітра й калійна сіль, а також розроблених капсульованих добрив при отриманні врожаю кукурудзи. Показано збільшення коефіцієнта використання добрив при капсулюванні фосфатною оболонкою і врожайності сільськогосподарських культур. Виконані агрохімічні дослідження даного виду мінеральних добрив показують, що для того, щоб досягти такого ж збільшення врожайності, витрати нових форм добрив можна зменшити в 2-3 рази. Розраховано екологічний ефект щодо зниження викидів азоту, і, відповідно, парникових газів при застосуванні повільнодіючих азотних добрив з фосфатним покриттям і визначено коефіцієнт екологічності розробленого виду добрив при їх застосуванні на земельних угіддях.

**Ключові слова:** капсулювання, азотні добрива, карбамід, фосфат-глауконітовий концентрат, екологічний ефект, коефіцієнт екологічності.

**Розробка екологічно безпечних технологій, процесів і устаткування**

**АКТУАЛЬНОСТЬ РАБОТЫ.** Применение минеральных удобрений является одним из эффективнейших способов повышения плодородия почв, урожайности и улучшения качества продукции растениеводства, но также и мощным фактором по влиянию на экологическое состояние почвенного покрова, водных систем и атмосферного воздуха. Интенсивное сельскохозяйственное использование природных ресурсов привело к существенным изменениям биогеохимического кругооборота химических элементов, направления и темпов их миграции, объемов их выноса и накопления.

По расчетам специалистов, урожайность сельскохозяйственных культур почти на 50 % определяется применением удобрений, другая часть прироста урожая формируется за счет применения агротехнических мероприятий, сортов, мероприятий по защите растений, мелиорации и т. п. Согласно обобщенным данным научно-исследовательских учреждений, рост урожайности на 40-43 % зависит от внесения минеральных удобрений, на 15-20 % от средств защиты растений, около 15 % прироста обеспечено применением современной агротехники, остальной прирост происходит за счет других факторов [1-2].

Считается, что для получения средних урожаев сельскохозяйственных культур без снижения плодородия почв ежегодно необходимо вносить по 35-45 кг / га азота, фосфора и калия.

В развитых странах мира уровень применения основных минеральных удобрений (NPK) в последние годы постоянно растет и в среднем составляет для: США – 208, Германии – 238, Англии – 365. Франции – 277, Голландии – 805, Японии 436 кг действующего вещества на 1 га [1].

В Украине в период интенсивной химизации (1986-1990 гг.) на 1 га посевной площади в среднем за 1 год вносили 148 кг действующего вещества NPK. В последние годы, в связи со сложной экономической ситуацией в государстве, объём внесения минеральных удобрений по сравнению с 1990 годом уменьшился почти в восемь раз [2].

Учитывая факт того, что на современном этапе украинского земледелия уровень применения минеральных удобрений очень низкий, а урожай сельскохозяйственных культур формируется преимущественно за счет естественного плодородия почв, вследствие чего происходит обеднение почв и, как результат, интенсифицируются деградационные почвенные процессы. Последнее вытекает из того, что основным критерием определения интенсивности деградационных процессов является отрицательный баланс питательных веществ в почве.

Вместе с вышеприведенным отметим, что исследованиями многих ученых установлено, что коэффициент использования азотных удобрений в первый год их внесения не превышает 50-60 % [3]. Из них примерно 25-35 % впитывается непосредственно почвой, менее 1 % составляют потери от выщелачивания и еще 20-25 % так называемые «неучтенные» потери, которые

происходят вследствие денитрификации, эрозии, вымывания и т. п. [4] Особое беспокойство возникает и с точки зрения обострения экологической ситуации не только в масштабе регионов и значительных территорий, но и в планетарном масштабе.

Экологические проблемы, возникающие при использовании минеральных удобрений в сельском хозяйстве, на протяжении последних десятилетий находятся под пристальным вниманием международных экологических институций. Рабочее совещание Европейской экономической комиссии по разработке моделей по комплексной оценке азота отмечало острую необходимость добиваться оптимального использования азота на сельхозпредприятиях или на уровне отдельных регионов и ландшафтов, а также оценки взаимосвязи проблем экологической политики и задач экономического характера.

Согласно данным рабочего совещания этой комиссии по разработке моделей для комплексной оценки азота, наибольшую опасность представляет  $\text{NO}_3$  для питьевой воды (эвтрофикация),  $\text{N}_2\text{O}$  способствует глобальному потеплению,  $\text{NO}_x$  и  $\text{NH}_4$  способствуют созданию условий для воздействия мелкодисперсных твердых частиц на население и превышения критических нагрузок на экосистемы по содержащемуся в биогенных веществах азоту [5].

Таким образом, решение указанных экологических и агрономических проблем в значительной степени находится в плоскости разработки новых форм медленнодействующих минеральных удобрений.

Одним из основных путей снижения отрицательного воздействия минеральных удобрений на окружающую среду является их капсулирование различными оболочками, которые замедляют скорость растворения гранул и обеспечивают более полное использование азота удобрений в течение всего периода вегетации растений. В качестве вещества оболочки в настоящее время применяются полимерные, эпоксидные, полиэфирные, карбамидоформальдегидные смолы, полиуретан, парафин, сера, фосфогипс и т. п. [6-11], что позволяет создавать удобрения не только пролонгированного действия, но и с программируемым высвобождением питательных компонентов.

Процессы капсулирования минеральных удобрений получили своё развитие во второй половине XX века в качестве одного из методов снижения экологической нагрузки на окружающую среду путём модифицирования туков. Преимущество таких удобрений, по сравнению с существующими традиционными, вносимыми в рассыпчатом состоянии, состоит в меньшем загрязнении почв нитратами за счёт более длительного обеспечения растений питательными элементами в течение вегетационного периода, что увеличивает коэффициент использования удобрений.

Исследованиями достоверно подтверждено, что капсулированные удобрения обеспечивают охрану

**Розробка екологічно безпечних технологій, процесів і устаткування**

окружающей среды за счет значительного снижения загрязнения почвы нитратами, повышают качественную структуру урожая и экономят удобрения.

Так проведенные исследования по влиянию удобрений на повышение экологической стабильности склоновых земель показали, что применение капсулированного аммонийно-фосфорного удобрения (аммофоса) в 1,8 раза эффективнее обычного аммофоса [8].

Главным требованием к капсулированным удобрениям является пролонгирующий эффект за счет медленного растворения и, соответственно, направленность на защиту окружающей среды от хемогенного загрязнения и деградации почвенного покрова, что позволяет снизить загрязнение окружающей среды нитратами, уменьшить количество вносимых удобрений и повысить коэффициент использования азота в минеральных удобрениях.

*Цель работы.* Базируясь на положительных результатах предварительных вегетационных исследований, в полевых мелкоделяночных опытах

определить эффективность органо-минеральных удобрений, покрытых фосфат-глауконитовым концентратом Ново-Амвросиевского месторождения и оценить экологическую эффективность данного технического решения.

**МАТЕРИАЛЫ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ.**

С целью изучения экологического эффекта от применения капсулированных азотсодержащих удобрений, в ГП «Сумский государственный научно-исследовательский институт минеральных удобрений и пигментов» были наработаны опытные партии. В составе данных видов удобрений использовали гранулы карбамида, Суперагро NPK и аммиачной селитры, которые покрывались с помощью пластификатора 50 % раствора карбамида порошкообразным фосфат-глауконитовым концентратом. Отличительной особенностью концентрата Ново-Амвросиевского месторождения является высокое содержание усвояемого фосфора, что позволяет использовать его для прямого внесения.

Химический состав образцов представлен в таблице 1.

Таблица 1 – Состав азотных удобрений, покрытых фосфат-глауконитовым концентратом

Компоненты, %	Карбамид, покрытый глауконитом, пластификатор 50 % раствор карбамида	Аммиачная селитра, покрытая глауконитом, пластификатор 50 % раствор карбамида	Суперагро - NPK, покрытый глауконитом, пластификатор 50 % раствор карбамида
N <sub>общ.</sub>	23,92	17,2	8,66
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> <sub>общ.</sub>	3,44	3,8	11,3
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> <sub>усв.</sub>	2,97	3,8	11,3
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> <sub>в.р.</sub>	-	-	5,8
K <sub>2</sub> O <sub>общ.</sub>	0,12	0,5	6,9
H <sub>2</sub> O	0,43	0,52	0,82
Нерастворимый остаток в H <sub>2</sub> O	43,78	38,3	48,76

В ходе исследований были проведены полевые мелкоделяночные испытания представленных удобрений.

Как свидетельствуют данные, приведенные в таблице 1, каждая марка исследуемых минеральных удобрений, покрытых фосфат-глауконитовым концентратом, содержит разное количество питательных веществ (NPK), что повлияло на расчёты доз их внесения в почву и, соответственно, на сравнение их с традиционными удобрениями.

Поэтому было принято решение сравнивать исследуемые удобрения с традиционными минеральными удобрениями (аммиачная селитра, суперфосфат, калийные соли), которые вносились в эквивалентном количестве в соответствии с составом тукосмесей. Тестовой культурой в исследованиях применяли кукурузу МВС (сорт Днепровский 310 МВ) на зеленую массу. При этом предусматривался пересчёт полученного урожая кукурузы в зерновые единицы по рекомендациям [12].

В мелкоделяночном полевом опыте на черноземе оподзоленном установлена высокая эффективность применения азотсодержащих удобрений, покрытых оболочкой из фосфат-глауконитового концентрата.

Общий вид мелкоделяночного опыта приведен на рисунке 1.

Данные урожая кукурузы приведены в таблице 2.

Фенологическими наблюдениями на протяжении вегетационного периода (май-вторая половина августа) зафиксировано позитивное воздействие использования азотсодержащих удобрений, покрытых оболочкой из фосфат-глауконитового концентрата. В опыте зеленую массу кукурузы, выращенной на участках с внесенными капсулированными азотными удобрениями, сравнивали с растениями кукурузы на вариантах с традиционными удобрениями (аммиачной селитрой, суперфосфатом, калийной солью), а также с контролем (без удобрений).



Рисунок 1 –Общий вид мелкоделяночного опыта

Таблица 2 - Урожай зелёной массы кукурузы на опытном участке

Варианты	Зелёная масса кукурузы, кг/м <sup>2</sup>	Прирост	
		кг/м <sup>2</sup>	%
1. Контроль (б/у)	3,04	-	-
2. Традиционные удобрения	3,53	0,49	16,1
3. Карбамид, покрытый глауконитом	6,01	2,97	97,7
4. Традиционные удобрения	3,76	0,72	23,7
5. Аммиачная селитра, покрытая глауконитом	4,86	1,82	59,9
6. Традиционные удобрения	3,92	0,88	28,9
7. Суперагро, покрытый глауконитом	5,01	1,97	64,8
НІР <sub>05</sub>	0,25		

Как свидетельствуют данные таблицы 2, применение капсулированных удобрений оказалось гораздо более эффективным по сравнению с традиционными удобрениями и, соответственно, по сравнению с контролем без удобрений.

Пересчет полученного урожая зеленой массы кукурузы в зерновые единицы осуществлен в соответствии с рекомендациями, приведенными в таблице 3 [13].

Таблица 3 - Пересчёт полученного урожая кукурузы в зерновые единицы

Варианты	Масса кукурузы, кг/м <sup>2</sup>	Масса кукурузы, ц/га	Коэффициент пересчёта в зерновые единицы	Получено зерновых единиц, ц/га
1. Контроль (без удобрений)	3,04	304	0,17	51,7
2. Традиционные удобрения	3,53	353		60,0
3. Карбамид капсулированный	6,01	601		102,2
4. Традиционные удобрения	3,76	376		63,9
5. Селитра аммиачная капсулированная	4,86	486		82,6
6. Традиционные удобрения	3,92	392		66,6
7. «Суперагро» капсулированный	5,01	501		85,2

Очевидно, прослеживается положительное действие от применения азотсодержащих

удобрений, покрытых оболочкой из фосфат-глауконитового концентрата, на черноземе

**Розробка екологічно безпечних технологій, процесів і устаткування**

оподзоленном тяжелосуглинистом. Наибольший прирост урожая по сравнению с контролем получен при применении карбамида покрытого фосфат-глауконитовым концентратом – 97,7 %. Значительное положительное влияние на урожай зеленой массы кукурузы получено и при капсулировании аммиачной селитры и «Суперагро», который составляет по сравнению с контролем, соответственно 59,9 % и 64,8 %.

Такой эффект вызван удачно подобранным компонентом оболочки гранул, содержащей глауконитовый концентрат и карбамид. Элементы питания растений, содержащиеся в фосфат-глауконите и карбамиде, производят эффект синергизма с непосредственно питательными элементами самих минеральных удобрений. Это двойное положительное действие исследуемых азотных удобрений, покрытых оболочкой из фосфат-глауконитового концентрата. Данный эффект обусловлен тем, что традиционные удобрения при внесении распределяются по всей пахотной массе грунта, а капсулированные удобрения за счет оболочки гранул создают в почве микрозоны повышенного «комфорта» для корневой системы растений. Т. е. внесение капсулированных минеральных удобрений создает в почве гетерогенные локальные микрозоны с высоким содержанием основных биогенных элементов.

В локальных микрозонах концентрация основных питательных элементов азота, фосфора и калия и т.д. значительно выше, чем при внесении традиционных удобрений вразброс [14].

Гетерогенность обуславливает универсализм и комфортность питательного режима для растений потому, что корневая система растений благодаря явлению хемотропизма и собственной биологии сама находит наиболее благоприятную для своего роста экологическую нишу в почвенной среде.

Можно констатировать, что внесение азотных удобрений, покрытых фосфат-глауконитовым концентратом, создает условия для саморегуляции и самовосстановления почвенного плодородия.

На основании результатов проведенных исследований и анализа первоисточников можно отметить, что азотсодержащие удобрения, покрытые оболочкой с фосфат-глауконитовым концентратом, рационально вносить как основное удобрение под различные сельскохозяйственные культуры, в дозах в зависимости от потребностей последних в питательных веществах.

Нормы внесения данных удобрений могут быть рассчитаны эквивалентно нормам внесения традиционных минеральных удобрений. Они регламентируются почвенными условиями, агрохимическими требованиями выращиваемых сельскохозяйственных культур и технологиями выращивания. Например, с большой вероятностью можно предположить, что по технологии локального окультуривания почв [14] нормы внесения капсулированных удобрений можно сократить в 2-3 раза.

Выполненные исследования показывают экономическую целесообразность применения

предложенных новых форм удобрений в сельскохозяйственном производстве и позволяют оценить их экологическую составляющую.

Согласно предложенной ранее нами методике [15], определим экологический эффект уменьшения выбросов закиси азота при применении капсулированных минеральных удобрений. Известно, что общая неопределенность оценки выбросов N<sub>2</sub>O от сельскохозяйственных почв, в настоящее время составляет 87 %. Неопределенности в оценках выбросов N<sub>2</sub>O от сельскохозяйственных почв связаны с ограниченным количеством сведений о сельскохозяйственной деятельности и коэффициентами выбросов и отсутствием точных соотношений между прямыми и косвенными выбросами. Вместе с тем, кумулятивные потоки N<sub>2</sub>O из пахотных почв при выращивании различных сельскохозяйственных культур варьируются от 0,2 кг до 2,8 кг на 1 га за вегетационные сезоны 2004-2008 гг. в зависимости от их сорта. Например, при выращивании рапса выброс закиси азота может достигать до 8 кг на гектар.

С учётом изложенных в работе [15] допущений, принимаем выброс закиси азота из пахотных почв при выращивании сельскохозяйственных культур  $k_{\text{выбр.}} = 0,2$  кг на 1 га.

Опираясь на фактические результаты агрохимических микрополевых испытаний и лабораторных исследований по вымываемости азотных удобрений, можно достаточно достоверно оценить снижение выбросов закиси азота при внесении новых форм удобрений, которое будет соответствовать увеличению урожайности сельскохозяйственных культур при применении удобрений с покрытием по сравнению со стандартными туками.

Выбросы закиси азота ( $B$ ) в результате внесения азотных удобрений рассчитываются по методике Эффективной практики путем умножения данных Госкомстата о количестве внесенных азотных удобрений ( $W$ ) в почву [16], скорректированном с учетом потерь азота в виде NH<sub>3</sub> и NO<sub>x</sub> ( $k_{\text{кор.}}$ ), на коэффициент выбросов ( $k_{\text{выбр.}}$ ):

$$B = W^{11} \times k_{\text{кор.}} \times k_{\text{выбр.}} \quad (1)$$

где:  $W^{11}$  – увеличение урожайности сельскохозяйственных культур при применении удобрений с покрытием по сравнению со стандартными туками, равное:

$$W^{11} = W_1 - W_{\text{ст. контр.}} \quad (2)$$

где:  $W_1$  – величина урожайности сельскохозяйственных культур при применении удобрений с покрытием;  $W_{\text{ст. контр.}}$  – величина увеличения урожайности сельскохозяйственных культур при применении стандартных удобрений.

По результатам агрохимических испытаний карбамида с покрытием при выращивании кукурузы (табл. 3) находим  $W_1 = 102,2$  ц/га;  $W_{\text{ст. контр.}} = 60$  ц/га.

Следовательно,

$$W_1 = 102,2 - 60 = 42,2 \text{ ц/га,}$$

**Розробка екологічно безпечних технологій, процесів і устаткування**

условно снижение потребления азота в 1,5 раза: не 60 кг/га, а 40 кг/га.

Коэффициент  $k_{кор.}$  находим из таблиц [17]:

$$k_{кор.} = 310.$$

Подставляя значения  $W_1$ ,  $k_{кор.}$  и  $k_{выбр.}$  в формулу

(1) получим:

$$B = 20 \times 310 \times 0,2 = 1240 \text{ кг CO}_2/\text{га} = = 1,24 \text{ т CO}_2/\text{га}$$

Экологический эффект уменьшения выбросов закиси азота с одного га при применении минеральных удобрений с покрытием [15] определится:

$$\mathcal{E}_{экол.} = 654 \times 1,24 = 810,96 \text{ грн/га.}$$

где:  $C$  – стоимость выбросов 1 тонны  $\text{CO}_2$  принимаем равную 20 евро или 654 грн [18].

При посевных площадях под ячмень только в Сумской области 85 тыс. га, экологический эффект будет составлять:

$$\mathcal{E}_{экол.} = \mathcal{E}_{экол.}^1 \times n \quad (3)$$

$$\mathcal{E}_{экол.} = 810,96 \times 85000 = 68,93 \text{ млн грн.}$$

С целью определения границ экологической безопасности при использовании разработанных марок капсулированных удобрений на посевных площадях, проводим расчет коэффициента экологичности, согласно методике [17], по формуле:

$$k_э = k_{ф. н.}/k_n, \quad (4)$$

где  $k_э$  — коэффициент экологической безопасности нагрузки загрязняющих веществ (минеральных удобрений) на земельные угодья (посевные площади);

$k_{ф. н.}$  — показатель фактической нагрузки загрязняющих веществ (минеральных удобрений) на земельные угодья (посевные площади), кг/га;

$k_n$  — норматив нагрузки загрязняющих веществ (минеральных удобрений) на земельные угодья, который принимается на уровне 60 кг/га. В соответствии с этим методическим подходом на основе данных, которые представлены в таблице 1, коэффициент экологичности для предложенной системы удобрения будет равен:

$$k_э = (23,92 + 3,44 + 0,12)/60 = 0,456,$$

где в числителе сумма питательных веществ в разработанном удобрении.

Если  $k_э < 1$ , то нагрузка минеральных удобрений на почвы считается экологически безопасным;  $k_э = 1,0 - 2,5$  — экологически допустимым;  $k_э = 2,6 - 4,0$  — экологически опасным;  $k_э > 4,0$  — критическим [19].

Следовательно, предложенная в работе технология производства и применения нового вида капсулированного удобрения пролонгированного действия позволяет получить удобрение, которое является экологически безопасным при его применении.

**ВЫВОДЫ.** Таким образом, производство и применение азотных удобрений с покрытием на основе фосфат-глауконитового концентрата позволяет рассматривать этот вид удобрения в качестве элемента ресурсосберегающих технологий. Выполненные агрохимические исследования капсулированных фосфат-глауконитовым концен-

тратом азотсодержащих удобрений показывают, что для достижения той же прибавки урожая нормы внесения новых форм удобрений могут быть сокращены в 2-3 раза.

Экологический эффект по снижению выбросов парниковых газов, уменьшения выбросов закиси азота при применении азотных удобрений с фосфатным покрытием подтверждает экологическую значимость разработки, производства и применения данного вида минеральных удобрений.

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Агроекологічна оцінка мінеральних добрив та пестицидів : монографія / В. П. Патики, Н. А. Макаренко, Л. І. Моклячук [та ін.]; за ред. В. П. Патики. – К. : Основа, 2005. – 300 с.

2. Бенцаровський Д. М. Сучасний стан та перспективи розвитку хімізації землеробства / Д. М. Бенцаровський, М. В. Лісовий // Агрохімія і ґрунтознавство. Міжвід. темат. наук. збірник. Спец. випуск до VI з'їзду УТГА. Книга перша. – Харків, 2002. – С.75-82.

3. Кудеяров В. Н. Цикл азота в почве и эффективность удобрений / В. Н. Кудеяров ; Отв. ред. Е. Н. Мишустин; АН СССР, Ин-т почвоведения и фотосинтеза. – М. : Наука, 1989. – 219 с.

4. Научное окружение современного человека: Техника и технология : монография / [авт. кол. : И. Я. Львович, А. П. Преображенский, В. А. Толбатов, И. Ф. Червоний, О. Н. Чопоров и др.]. – Одесса : КУПРИЕНКО СВ, 2018. – 181 с.

5. Рабочее совещание по разработке моделей для комплексной оценки азота [Доклад председателя целевой группы по разработке моделей для комплексной оценке] // Европейская экономическая комиссия. Исполнительный орган по конвенции о трансграничном загрязнении воздуха на большие расстояния. – Женева, 2008. – 11 с.

6. Логинова И. Удобрения контролируемого и пролонгированного действия // Инфоиндустрия. 16.11.2016. URL: <http://infoindustria.com.ua/udobreniya-kontroliruemogo-i-prolongirovannogo-deystviya>.

7. Малюга Ю. Е. Окклюдирующие удобрения: их возможности для повышения урожайности растений и улучшения качественной структуры урожая / Ю. Е. Малюга, И. И. Смолянинов, В. В. Дегтярев // Тез. докл. V съезда почвоведов и агрохимиков Украины. – Ровно, 1998. – С. 180-181.

8. Пироговская Г. В. Медленнодействующие удобрения / Г. В. Пироговская. – Минск : Сельхознаука, 2000. – 291 с.

9. Мальований М. С. Тепломасообмін процесу капсулювання мінеральних добрив водним розчином плівкоутворюючої композиції палигорськіт-меляса / М. С. Мальований, О. А. Нагурський, В. Я. Бунько [та ін.] // Вісник Кременчуцького НУ ім. Михайла Остроградського. – 2012. – № 2 (74). – С. 117-120.

10. Тымчук И. С. Капсулирование удобрений – путь к снижению загрязнения и повышению урожайности / И. С. Тымчук, М. С. Малеваный // Устойчивое развитие. – Варна, 2014. – № 20. – С.109-113.

**Розробка екологічно безпечних технологій, процесів і устаткування**

11. Нагурський О. А. Закономірності капсулювання речовин у стані псевдорозрідження та їх дифузного вивільнення : монографія / О. А. Нагурський. – Львів : Видавництво Львівської політехніки, 2012. – 188 с.

12. Методика биоэнергетической оценки технологий производства продукции растениеводства / Е. И. Базаров, Е. В. Глинка, Д. А. Мамонтова [и др.] – М. : Минсельхоз СССР, 1983. – 44 с. – с. 38.

13. Довідник по удобренню сільсько-господарських культур. – К. : «Урожай», 1975.

14. Трускавецький Р. С. Локальне окультурювання – ефективний прийом відтворення родючості ґрунту / Р. С. Трускавецький, Ю. Л. Цапко, С. І. Христенко, О. І. Маклюк, В. М. Калініченко // *Агрохімія і ґрунтознавство*. – 2005. – Вип. 66. – С. 37-43.

15. Вакал В. С. Расчет ожидаемого экологического эффекта при применении азотных удобрений с покрытием / В. С. Вакал, Л. Л. Гурец // *Сучасні технології у промисловому виробництві :*

матеріали та програма V Всеукраїнської міжвузівської науково-технічної конференції (м. Суми, 17-20 квітня 2018 р.) / редкол.: О. Г. Гусак, І. В. Павленко. – Суми : Сумський державний університет, 2018. – 326 с. – С. 214.

16. Руководящие указания по эффективной практике и учету факторов неопределенности в национальных кадастрах парниковых газов // Программа МГЭИК по национальным кадастрам парниковых газов. CORRIGENDUM (GPGAUM-Corr.2001.01). – 15 июня 2001 г.

17. Методика расчета выбросов парниковых газов. – Республика Казахстан, 5 ноября 2010 г.

18. Вольчин И. А. Киотский протокол и теплоэнергетика Украины // ЭСКО : электронный журнал энергосервисной компании «Экологические системы». – 2006. – № 8. URL: [http://journal.esco.co.ua/2006\\_8/art101.htm](http://journal.esco.co.ua/2006_8/art101.htm).

19. Будзяк О. С. Формування екологобезпечного землекористування на сільськогосподарських угіддях України / О. С. Будзяк // *Збалансоване природокористування*. – 2016. – № 3. – С. 180 – 187.

**ESTIMATION OF ENVIRONMENTAL EFFECT IN USING CAPSULATED NITROGEN FERTILIZERS**

**L. Gurets**

Sumy State University

vul. Rimskogo-Korsakova, 2, Sumy, 40000, Ukraine. E-mail: [larisagurets@gmail.com](mailto:larisagurets@gmail.com)

**V. Vakal, S. Vakal**

SE Sumy State Scientific-Research Institute of Mineral Fertilizers and Pigments”

vul. Kharkovskaya, p.o. 12, Sumy – 12, 40012, Ukraine. E-mail: [mindip.sumy@ukr.net](mailto:mindip.sumy@ukr.net)

**J. Tsapko**

National Science Center “Institute of Agrochemistry and Soil Science named after A. N. Sokolovsky”

vul. Chaikovskaya, 4, Kharkov, 61024, Ukraine. E-mail: [tsapkoul@i.ua](mailto:tsapkoul@i.ua)

**Purpose.** To conduct an environmental assessment of new nitrogen-containing fertilizers with prolonged action in order to reduce the negative impact of nitrogen compounds on the environment. **Methodology.** Laboratory-analytical and agrochemical methods of research have been used. **Results.** A method for nitrogen-containing fertilizers encapsulating with a phosphate coating based on the powdered phosphate-glaucinite concentrate of the Novo-Amvrosievsky deposit with a high content of assimilable phosphorus, which can be used for direct application, has been proposed. The results of agrochemical tests have shown an increase in the nitrogen fertilizer use factor and in crop yields. The ecological effect on the reduction of greenhouse gas emissions in the application of encapsulated nitrogen fertilizers with phosphate coating has been calculated and the ecological compatibility coefficient of the developed type of fertilizer is determined when it has been applied on land. **Originality.** For the first time, an ecologically safe composition of encapsulated nitrogen-containing fertilizers with a phosphate coating based on the powdered phosphate-glaucinite concentrate of the domestic deposit has been proposed. **Practical value.** Accomplished agrochemical studies of nitrogen-containing fertilizers encapsulated with phosphate-glaucinite concentrate show that in order to achieve the same yield increase, the application rates of new forms of fertilizers can be reduced by 2-3 times. **Conclusions.** The production and use of nitric fertilizers with a coating based on phosphate-glaucinite concentrate allows us to consider this type of fertilizer as an element of resource-saving environmentally friendly technologies. *References 19, tables 3, figure 1.*

**Key words:** encapsulation, nitrogen fertilizers, carbamide, phosphate-glaucinite concentrate, ecological effect, ecological compatibility coefficient.

REFERENCES

1. Patyka, V. P., Makarenko, N. A., Moklyachyk, L. I. [etc.] (2005), *Agroekologichna ocinka mineralnyh dobriv i pesticidiv* [Agroecological assessment of mineral fertilizers and pesticides] : monograph, Osnova, Kyiv, 300 p.

2. Benzarovskiy, D. M., Lisovy, M. V. (2002), The current state and prospects of the development of agricultural chemistry, *Agrohimiya i gruntoznavstvo*, [Agrochemistry and Soil Science], Inter-dep.

scient.collection, Spec. issue to the VI congress UTGA, issue 1, pp. 75-82.

3. Kudayarov, V. N. (1989), *Cycl azota v pochve i effektivnost udobreniy* [Nitrogen cycle in soil and fertilizer efficiency], Institute of Soil Science and Photosynthesis, Nauka, Moscow, 219 p.

4. Lvovich, I. Ya., Preobrazhenskiy, A. P., Tolbatov V. A. [etc.] (2018), *Nauchnoe okruzhenie sovremennogo cheloveka* [Scientific environment of

**Розробка екологічно безпечних технологій, процесів і устаткування**

modern man: Technology and technology] : monograph, Kuprienko SV, Odessa, 181 p.

5. Workshop on the development of models for integrated nitrogen assessment, Report by the Chair of the Task Force on Integrated Assessment Modeling, *European Economic Commission. Executive Body for the Convention on Long-range Transboundary Air Pollution*, Geneva, 2008, 11 p.

6. Loginova, I., Fertilizers controlled and prolonged action // *Infoindustriya*, [Infoindustry], 11/16/2016, URL: <http://infoindustria.com.ua/udobreniya-kontroliruemogo-i-prolongirovannogo-deystviya>.

7. Malyuga, Yu.E., Smolyaninov, I.I., Degtyarev, V.V. (1998), Occluded fertilizers: their possibilities for increasing the yield of plants and improving the qualitative structure of the crop, *Rep. thesis. of V Congress of Ukraine Soil Scientists and Agrochemists*, Rovno, pp. 180-181.

8. Pirogovskaya, G. V. (2000), *Medlennodeistvuyushchie udobreniya*, [Slow-acting fertilizers], Selhoz nauka, Minsk, 291 p.

9. Malyovanyy, M. S., Nagursky, O. A., Bunko V. Ya. [etc.] (2012), "Heat-mass transfer process of encapsulation of mineral fertilizers by aqueous solution of the film-forming composition of paligorsk-molasses", *Visnyk of Kremenchug National University named by Michael Ostrogradsky*, No. 2 (74), P. 117-120.

10. Tymchuk, I. S., Malyovanyy M. S. (2014), "Capsulation of fertilizers - a way to reduce pollution and increase yields", *Ustoichivoe razvitie* [Sustainable development], Varna, No. 20, pp.109-113.

11. Nagursky, O. A. (2012), *Zakonomirnosti kapsuluvannya rehovyn u stani psevdorozridzhennya ta jih dyfuznogo vyvilnennya* [The laws of the capsulation of substances in the state of pseudo-liquefaction and their diffuse release] : monograph, Lviv Polytechnic Publishing, Lviv, 188 p.

12. Bazarov, E. I., Glinka, E. V., Mamontova, D. A. (1983), *Metodika bioenergeticheskoi ocnki tehnologij proizvodstva prodykcii rastenievodstva* [Methods of

bioenergy assessment of crop production technologies], Ministry of Agriculture of the USSR, Moscow, 44 p., p. 38.

13. *Dovidnyk po udobrennu silskogospodarskyh kultur* [Handbook on fertilizing agricultural crops], Urzohai, Kyiv, 1975.

14. Truskavetskii, R. S., Tsapko, Yu. L., Khristenko, S. I., Maklyuk, A. I., Kalinichenko, V. M. (2005), "Local cultivation - an effective method of reproduction of soil" , *Agrohimiya i gruntoznavstvo*, [Agrochemicals and soil science], No 66, P. 37-43.

15. Vakal, V. S., Gurets, L. L. (2018) "Calculation of the expected ecological effect in the application of coated nitric fertilizers", *Suchasni tekhnologii u promyslovomu vyrobnyctvi: Materialy ta programa V Vseukrainskoi mizhvuzivskoi naukovo-tekhnichnoi konferencii*, [Modern technologies in industrial production: materials and program of the V All-Ukrainian Interuniversity Scientific and Technical Conference], (Sumy, April 17-20, 2018), red. O.G.Gusak, I.V. Pavlenko, Sumy State University, Sumy, 326 p, P. 214.

16. Effective Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories, *IPCC Program on National Greenhouse Gas Inventories. CORRIGENDUM (GPGAUM-Corr.2001.01)*, June 15, 2001.

17. Methodology for calculating greenhouse gas emissions, Republic of Kazakhstan, November, 5, 2010.

18. Volchin I. A. (2006) "Kyoto Protocol and Heat Power Engineering of Ukraine", *ESCO: an electronic journal of the energy service company "Environmental Systems"*, No. 8. URL:

[http://journal.esco.co.ua/2006\\_8/art101.htm](http://journal.esco.co.ua/2006_8/art101.htm).

19. Budzyak, O. S. (2016), "Formation of ecologically safe land use in agricultural lands in Ukraine", *Zbalansovane pryrodokorystuvannya* [Balanced natural resources], No. 3, pp. 180-187.