



## ПОЛУЧЕНИЯ МЕДЛЕННОРАСТВОРИМОГО ГРАНУЛИРОВАННОГО КАРБАМИДА С ДОБАВКОЙ ПОЛИАКРИЛАМИДА В ПЛАВ КАРБАМИДА

Рахимов К.И.

Усанбаев Н.Х.

Намазов Ш.С.

Наманганский инженерно-технологический институт  
Институт общей и неорганической химии АН РУз  
<https://doi.org/10.5281/zenodo.8062660>

**Аннотация.** В статье представлены результаты изучения процессов получения медленнорастворимого карбамида на основе плава карбамида и полиакриламида. Полученные результаты показали, что за счет добавки полиакриламида при массовом соотношении  $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$  : полиакриламид = 100 : (0.1-3.0) время растворения в воде гранул карбамида увеличится в 8-15 раз. Кроме этого при изученных соотношениях прочность гранул повышается от исходного 2,52 до 5,10 МПа, гигроскопическая точка с 58,4% до 72,3%, pH и пористость снижается от 9,18 до 7,06 и от 5,75 до 5,25 соответственно. Также выявлено, что при изученных соотношениях добавления полиакриламида в плава карбамида плотность и вязкость расплава незначительно повышаются. Добавка полиакриламида 0,5 грамм на 100 грамм плава карбамида при температуре 135°C приводит к повышению плотности и вязкости расплавов от исходного 1,20 до 1,21 г/см<sup>3</sup> и от 2,62 до 4,53 сПз.

**Ключевые слова:** карбамид, полиакриламид, плава, азот, растворения, вязкость, прочность гранула, минеральные удобрения, плотность, скорость растворения.

### Введение.

Карбамид является самым концентрированным основным азотным удобрением, которое в почве быстро подвергается гидролизу. Особенности превращения азота обуславливают сравнительно низкую эффективность использования азота удобрения и высокие потери, которые достигают 30% в виде газообразных продуктов, 10-15 %-за счет вымывания. Поэтому с целью решения задач по сокращению потерь азота был разработан способ силикатного покрытия гранул мочевины а также изучен влияния разных форм мочевины стандартной и силикатной композицией на динамику содержания аммиачного и нитратного азота в почве, качество клубней и урожайность при возделывании картофеля. Сбалансированное обеспечение растений азотом позволило получить урожайность картофеля при применении карбамида силикатной композицией на 20,7 % выше варианта с стандартной мочевиной и повысить качество клубней, уровень нитратного азота снижался на 27,5 %, содержание крахмала увеличивалось на 10,8 % [1].

В работе [2] приведена динамика аммиачного и нитратного азота в почве показано, что капсулирование мочевины с введением в композицию ингибиторов гидрохинона и пирокатехина позволяет тормозить процесс трансформации мочевины под действием гидротермических факторов и почвенного фермента уреазы и, в итоге, выравнивает содержание подвижных форм азота в пахотном и подпахотном

горизонтах. Этот агротехнический прием позволял более равномерно обеспечивать растения свеклы азотом в течение вегетационного периода и снижать потери от вымывания и газообразной эмиссии. Получен высокий эффект от применения капсулированных форм мочевины с ингибиторами гидрохинон и пирокатехин, урожайность корнеплодов свеклы составила 41,55 и 43,28 т/га соответственно. Применение капсулированной мочевины с ингибиторами позволяет повышать качество корнеплодов столовой свеклы уровень нитратного азота снижался на 32,7-39,1 %, количество водорастворимых сахаров увеличивалось на 3,6-5,3 %

В работе [3] представлена изменения азотного фонда почвы под влиянием систематического внесения азота аммиачной, нитратной и медленнодействующей форм удобрений. Установлено существенное увеличение содержания общего азота в почве при внесении азота удобрения с пролонгированным высвобождением в сравнении с легкорастворимыми формами азота удобрений. Различия в отклике азотного фонда почвы на отличный характер высвобождения азота из удобрений проявились в их кинетике, характеристики которой возрастали в ряду от медленнодействующей формы удобрений к быстрорастворимой. Аналогичная результаты установлена по количественным и скоростным параметрам иммобилизации азота удобрения из медленнодействующей формы, показатели которых значимо превышали схожие оценки по размерам иммобилизации азота в почве и кинетическим характеристикам этого процесса.

В работе [4] приводятся данные о том, что коэффициент использования растениями азота удобрений в полевых условиях не превышает 30-50%. Из почвы в виде газообразных продуктов теряется 15-30% азота удобрений, иммобилизация в органическое вещество почвы составляет 20-40%, а потери за счет вымывания нитратов могут достигать 10% и более. Газообразные потери азота почвы и удобрений происходят в результате денитрификации, аммонификации и нитрификации в форме молекулярного азота, его окислов и аммиака. Газообразные потери азота при паровании дерново-подзолистой почвы составляют 50% азота удобрений и 50% азота почвы, в севообороте -70% азота почвы и 30% азота удобрений, на целине наоборот: 30% азота почвы и 70% азота удобрений.

Также необходимо отметить, что сельскохозяйственные почвы главный источник закиси азота и оксида азота (II). Закись азота это парниковый газ, являющийся также исходным соединением, участвующим в разрушении стратосферного озонового слоя. Из-за отсутствия осадков в верхних слоях атмосферы удаление окислов азота происходит крайне медленно, что способствует накоплению их в этой зоне и изменению спектрального состава солнечной радиации [5].

В современных условиях обеспечение продовольственной безопасности невозможно без применения минеральных удобрений. Для удовлетворения потребностей страны в качественных минеральных удобрениях необходимо создавать новые технологии, которые будут способствовать более результативному их использованию. Исходя из этого, деятельность ученых должна быть направлена на повышение эффективности удобрений заданного состава и свойствами.

Известно что, в настоящее время во всем мире успешно применяется карбамид в качестве азотного удобрения. Его используют как основное удобрение при подкормке, с незамедлительной заделкой в почву для предотвращения потерь в виде

газообразного аммиака. Согласно данным работы [6] мировой объем производства карбамида превышает более 200 млн. тонн, а в Узбекистане его производится более 650 тыс. тонн в год.

**Экспериментальная часть.** Исходя из вышеизложенных, в данной работе изучены процессы получения медленнорастворимого гранулированного карбамида (МГК) на основе плава карбамида и полиакриламида. Для получения МГК в качестве основного компонента использовали  $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$  марки А с содержанием 46,3% N и полиакриламид марки А. Опыты проводили следующим образом: карбамид расплавляли в металлической чашке на электроплитке, в расплав при 135-140°C вводили порошок полиакриламида при массовом соотношении  $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$  : полиакриламид = 100 : (0,1-3,0), температура путем подогрева поддерживалась постоянной, плав выдерживали после дозировки в течение 1-2 мин при постоянном перемешивании до однородного состояния, после чего его переливали в гранулятор, представляющий собой металлический стакан с перфорированным дном, диаметр отверстий в котором равнялся 1,0 мм. Насосом в верхней части стакана создавалось давление и плав распылялся с высоты 35 метров. При этом получались гранулы полиакриламид содержащего карбамида. Затем определяли химический состав и прочность гранул удобрений. Прочность гранул удобрений с размерами гранул 2-3 мм определяли на электронном приборе ИПГ-1М [7]. Содержание азота определяли с использованием катализатора для превращения азота в карбамиде в аммиак нагреванием в растворе серной кислоты с последующей дистилляцией и поглощением аммиака в избытке стандартного раствора серной кислоты и обратным титрованием раствором гидроокиси натрия в присутствии индикатора [8], а также содержания биурета определяли по [8], гигроскопические точки исходного и готовых удобрений определяли при 25°C эксикаторным методом [9], слеживаемость удобрений определяли по методу [10]. Условия брикетирования: давление сжатия образца при грузе 2,8 кг, температура - 40°C; продолжительность пребывания цилиндрической кассеты в пресс-форме - 8 часов. Брикеты испытывали на разрушение с помощью прибора МИП-10-1. Измерение величины рН 10 %-ных водных растворов исходных и готовых удобрений осуществляли в лабораторном иономере И-130М с электродной системой из электродов ЭСЛ 63-07, ЭВЛ-1МЗ.1 и ТКА-7 с точностью до 0,05 единиц рН.

Также в целях определения реологических свойств плавов изучены их плотность и вязкость при вышеприведенных соотношениях  $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$  :  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  в интервале температур 130-145°C. Плотность устанавливали пикнометрическим методом с точностью измерений 0,05 отн. %, кинематическую вязкость - с помощью стеклянного капиллярного вискозиметра ВПЖ-1 с погрешностью 0,2 отн. % в интервале температур 130-145°C. Для этого смесь получаемого продукта размалывалась. Полученный порошок вводился в пикнометр и вискозиметр, которые затем помещались в термостат, залитый глицерином. Температура в термостате поднималась до заданной величины. При этом порошок расплавлялся. Плав выдерживался в течение 1-2 мин, потом производились замеры. Определение скорости растворения гранул образцов в воде проводили следующим образом. Гранулу удобрения опускали в стакан со 100 мл дистиллированной воды, в котором визуально наблюдали и фиксировали полное её растворение. Температура комнатная, испытания пятикратные. Все полученные результаты приведены в таблицах 1-3.

**Таблица 1.**

Состав гранулированного карбамида с добавкой полиакриламида

Массовое соотношение (NH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> CO : (C <sub>3</sub> H <sub>5</sub> NO) <sub>n</sub>	N, %	(C <sub>3</sub> H <sub>5</sub> NO) <sub>n</sub> %	Биурет, %	Влага, %
100 : 0	46.22		1.40	0.20
100 : 0.10	46.14	0.09	1.39	0.19
100 : 0.25	46.12	0.24	1.38	0.19
100 : 0.50	46.07	0.48	1.37	0.19
100 : 0.75	46.04	0.73	1.36	0.18
100 : 1.00	45.99	0.97	1.36	0.18
100 : 1.25	45.95	1.22	1.35	0.18
100 : 1.50	45.91	1.47	1.34	0.17
100 : 1.75	45.87	1.71	1.33	0.17
100 : 2.00	45.79	1.96	1.32	0.17
100 : 2.50	45.70	2.43	1.30	0.16
100 : 3.00	45.61	2.91	1.28	0.16

Таблица 2.

Свойства гранулированного карбамида с добавкой полиакриламида

Массовое соотношение (NH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> CO (C <sub>3</sub> H <sub>5</sub> NO) <sub>n</sub>	Скорость растворения гранул в воде, секунд /гранул	рН (10%- ного раствора)	Температура кристаллизация °C	Гигроскопическая точка %	Прочность гранул		
					кг/ гранула	кг/см <sup>2</sup>	Мпа
100 : 0	96	9.18	129	58.4	1.28	25.81	2.52
100 : 0.10	123	7.99	128,8	63.2	1.29	26.00	2.55
100 : 0.25	171	7.95	128,6	64.7	1.32	26.61	2.60
100 : 0.50	210	7.91	128,5	65.2	1.33	26.81	2.62
100 : 0.75	286	7.87	128.3	65.9	1.35	27.22	2.67
100 : 1.00	563	7.81	128.1	66.5	1.62	32.65	3.21
100 : 1.25	608	7.79	127.8	67.2	1.77	35.68	3.49
100 : 1.50	697	7.66	127.6	68.3	1.78	35.88	3.52
100 : 1.75	717	7.51	127.4	68.9	1.83	36.89	3.61
100 : 2.00	765	7.18	127.2	69.6	2.19	44.15	4.32
100 : 2.50	784	7.10	126.4	70.8	2.47	49.80	4.88
100 : 3.00	844	7.06	125.1	72.3	2.56	51.61	5.10

Таблица 3.

Плотность и вязкость плава удобрений, полученных введением  
в расплав карбамида полиакриламида

Массовое соотношение (NH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> CO (C <sub>3</sub> H <sub>5</sub> NO) <sub>n</sub>	Плотность (г/см <sup>3</sup> ), при температуре, °C				Вязкость (сПз), при температуре, °C			
	130	135	140	145	130	135	140	145
100 : 0	1.21	1.20	1.19	1.18	2.69	2.62	2.42	2.28
100 : 0.10	1.21	1.21	1.20	1.20	3.43	3.22	3.06	2.81
100 : 0.25	1.21	1.20	1.20	1.19	4.28	4.05	3.83	3.54
100 : 0.50	1.22	1.21	1.21	1.20	4.69	4.53	4.38	4.34
100 : 0.75	1.22	1.21	1.21	1.20	8.36	7.99	7.67	7.60
100 : 1.00	1.22	1.21	1.21	1.20	8.66	8.59	8.40	8.19
100 : 1.25	1.22	1.22	1.21	1.21	10.39	9.89	9.23	8.59
100 : 1.50	1.22	1.22	1.21	1.21	11.88	11.14	10.95	10.65
100 : 1.75	1.22	1.21	1.21	1.21	13.09	12.06	11.65	10.97
100 : 2.00	1.22	1.21	1.21	1.20	14.60	14.41	14.13	13.83
100 : 2.50	1.22	1.21	1.21	1.20	16.02	15.67	14.87	14.23
100 : 3.00	1.23	1.22	1.22	1.21	22.68	20.71	18.15	16.76



Данные таблицы 1 показывают, что, путем смешения полиакриламид с плавом карбамида получены гранулированные полиакриламид содержащие удобрения с содержанием N от 46,22 до 45,56% и полиакриламид от 0,09 до 2,91%. Также из таблицы видно, что с увеличением количества полиакриламид повышается прочность гранул продукта. При изменении массового соотношения полиакриламид к плаву карбамида прочность гранул меняется следующим образом: При соотношении  $(\text{NH}_2)_2\text{CO} : (\text{C}_3\text{H}_5\text{NO})_n$  100 : 0,75 – 2,67 МПа; 100 : 1,5 – 3,52 МПа; 100 : 2 – 4,32 МПа; 100 : 3 – 5,10 МПа. Значения гигроскопических точек удобрений, полученных при различных массовых соотношениях  $(\text{NH}_2)_2\text{CO} : (\text{C}_3\text{H}_5\text{NO})_n$  согласно шкале гигроскопичности относятся к гигроскопичным веществам, и они менее гигроскопичны, чем исходного карбамида (58,4%). В удобрениях, полученных при массовом соотношении  $(\text{NH}_2)_2\text{CO} : (\text{C}_3\text{H}_5\text{NO})_n = 100 : 3,0$  гигроскопическая точка составляет 72,3%. Также из таблицы видно, что за счет добавки полиакриламида рН карбамида при изученных соотношениях снижается от 9,18 до 7,06. Кроме этого, необходимо отметить, что полученные гранулы удобрений в изученных соотношениях при испытании на слеживаемость в условиях вышеприведенной методике слеживаемость удобрений не обнаружено, т.е. брикет и агломераты не образовались. При переработке полиакриламидсодержащих расплавов карбамида в гранулированные удобрения важную роль играют их реологические свойства. В связи с этим были изучены плотность и вязкость плавов при вышеприведенных весовых соотношениях  $(\text{NH}_2)_2\text{CO} : (\text{C}_3\text{H}_5\text{NO})_n$  в интервале температур 130-145°C. Данные опытов показывают, что значение плотности и вязкости главным образом зависит от температуры и массовой доли полиакриламида, введенного в плаву карбамида. Как плотность, так и вязкость снижаются с повышением температуры, и наоборот возрастают с увеличением количества полиакриламида в плаве карбамида. Увеличение количества добавки полиакриламида от 0,10 до 3,0 г на 100 г плава карбамида при температуре 135°C приводит к повышению плотности и вязкости расплавов от 1,20 до 1,22 г/см<sup>3</sup>; от 2,62 до 20,71 сПз. Аналогичная закономерность наблюдается и при других температурах. При изучаемых соотношениях  $(\text{NH}_2)_2\text{CO} : (\text{C}_3\text{H}_5\text{NO})_n$  и интервалах температур 130-140°C все образцы  $(\text{NH}_2)_2\text{CO} : (\text{C}_3\text{H}_5\text{NO})_n$  расплавов обладают достаточной текучестью, что создают благоприятные условия для их грануляции в существующей гранбашне без особых технологических трудностей. Известно, что чем меньше растворимость в воде гранул карбамида, тем медленнее высвобождается азот из удобрения в почве, что проявляет пролонгированное его действие на растение. Так, если полное растворение гранул производственной  $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$  в среднем 96,1 сек., то введение в её состав полиакриламида в количестве от 0,1 до 3,0 г на 100 г карбамида уменьшает скорость растворения гранул продукта от 96 до 844 сек (таблица 2).

**Заключение.** Таким образом, проведенные исследования по получению меленнорастворимого карбамида на основе плава карбамида и полиакриламида показали принципиальную возможность получения полиакриламид содержащий карбамида с достаточной прочностью гранул. Гранулы полиакриамид содержащего карбамида имеют более слабую растворимость по сравнению с чистым карбамидом, т.е. они постепенно будут отдавать питательные компоненты, за счет снижения скорости растворения гранул удобрений потери азота в почве уменьшаются, и в

результате полиакриламид в составе карбамида повышает его агрохимическую эффективность.

### Список литературы:

1. Козел Е.Г., Филисюк Г.Н. Сравнительная оценка применения разных форм мочевины при возделывании картофеля // Инновации и инвестиции. 2020. №12. С. 119-122.
2. Козел Е.Г. Эффективность применения медленнодействующих форм мочевины на включенных черноземах северной лесостепи Тюменской области // Инновации и инвестиции. 2019. №11. С. 191-195
3. Будажапов Л.В., Билтуев А.С., Уланов А.К. Статистики и кинетика изменения азотного фонда почвы и урожая зерновых культур под воздействием азота медленнодействующего удобрений // Вестник Бурятского государственного университета Биология. География. 2018. №1. С. 54-61.
4. Завалин А.А., Благовещенская Г.Г., Чернова Л.С., Шмырева Н.Я. Управления азотным питанием растений в почве // Агрохимический вестник. 2012. №4. С. 38-40.
5. Кидин В.В., Прасолова А.А., Газобразные потери азота и динамика почвенного дыхания из разных слоев дерново-подзолистой почвы // Агрохимический вестник. 2014. № 5. С. 29-31.
6. Володин А.В. Рынок минеральных удобрений 2019 год // Национальный исследовательский институт, Высшая школа экономики. Российская ассоциация производителей удобрений, 2019 г. 52 с.
7. ГОСТ 21560.2-82. Удобрения минеральные. Метод определения статической прочности.
8. ГОСТ 2081-2010 Карбамид. Технические условия.
9. Пестов Н.Е. Физико-химические свойства зернистых и порошкообразных химических продуктов. - М.: СССР, 1947. – 239 с.
10. Методика измерений (алгоритм). Определение слеживаемости минеральных удобрений. № 1104-00209438-146-2016. АО «НИУИФ», 2016 г.