



УДК 544.577:547
ББК 35.35

ИННОВАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПОВЫШЕНИЯ БИОЛОГИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ РАСТВОРА МИНЕРАЛА БИШОФИТА

В.Т. Фомичев, Г.А. Наумова, О.Ю. Ахременко

Разработана инновационная технология мицеллирования ионного раствора магния хлористого технического с целью повышения биологической активности исходного раствора путем электрохимического окисления. Определен дисперсный состав получаемых продуктов в процессе мицеллирования и их биологическая активность.

Ключевые слова: ионный раствор, мицеллированный препарат, наноструктурированное средство, дисперсный состав средства, анодное окисление, металлически растворимый анод.

Продукты электролиза хлоридосодержащих растворов, в частности хлорида натрия, широко используются в форме хлоритов, хлоратов, в производстве щелочи [1]. В то же время в России имеются богатые месторождения хлорида магния в форме минерала бишофита. Значительные месторождения бишофита с содержанием 96–98 % хлорида магния находятся на территории Волгоградской области. Вместе с хлоридом магния в бишофите находится бромид магния (0,4–0,9 %) и большое количество ионов металлов и неметаллов: от железа до цезия, сульфатов, бора, кремния [2]. Современное промышленное производство на основе бишофита ограничивается его использованием в бальнеологических и прикладных целях без глубокой переработки.

Исследованиями последних десятилетий установлено, что все высшие многоклеточные организмы, включая человека, синтезируют в особых клеточных структурах хлорноватистую кислоту и высокоактивные метастабильные хлоркислородные и гидроперекисные соединения (метастабильную смесь оксидантов) для борьбы с чужеродными субстанциями [6; 7]. Это обстоятельство позволило поста-

вить задачу о выявлении фунгицидных и стимулирующих свойствах минерала бишофита и его производных, полученных в процессе электрохимического анодного окисления.

Учитывая химический состав минерала бишофита, определена цель электрохимической обработки раствора минерала – получение более эффективного средства для предпосевной обработки семян сельскохозяйственных культур и внекорневой обработки вегетирующих растений [3; 4]. В процессе исследования необходимо получить данные, характеризующие гранулометрический состав электрохимически обработанного раствора, и выполнить оценку его биологической активности. Исходный ионный раствор минерала бишофита подвергается электрохимической обработке при инертном и металлически растворимом аноде. В результате такой обработки происходит переход гомогенного ионного раствора в гетерогенное состояние, то есть ионный раствор превращается в мицеллированное (наноструктурированное) средство, обладающее повышенной эффективностью.

Электролиз проводился в электролитической ячейке емкостью 1 л. В качестве анодов использовали графит и металлически растворимый анод. Концентрацию активного хлора и ионов растворимого металла определяли по методике [1], выход по току измеряли кулонометром. Температура рабочих растворов 25 °С.

Сравнительные данные по влиянию природы хлоридосодержащей соли на выход по току активного хлора от плотности тока из растворов различной концентрации (рис. 1) показывает общую закономерность: с повышением плотности тока от 0,5 до 1 А/дм² происходит снижение ВТ, а затем его повышение. Это объясняется, вероятно, перераспределением скорости процессов окисления хлорид-ионов до элементарного хлора (0,98 В), хлорат-ионов (1,19–1,4 В) и гипохлоритов (1,55 В), образующих активный хлор. С увеличением концентрации растворов выход активного хлора возрастает как для раствора хлорида магния (кри-

вая 1), так и для растворов хлорида натрия (кривая 2). Следует отметить повышенный выход по току для растворов хлорида магния.

Замена графитового анода на металлически растворимый анод приводит к протеканию двух электродных процессов: образованию ионов растворимого металла и ионов активного хлора. Вместе с тем в условиях неразделенного анодного и катодного пространств появляется возможность взаимодействия ионов растворимого металла с гидроксид-ионами с образованием гидроскислых соединений растворимого металла, обладающих низкой растворимостью.

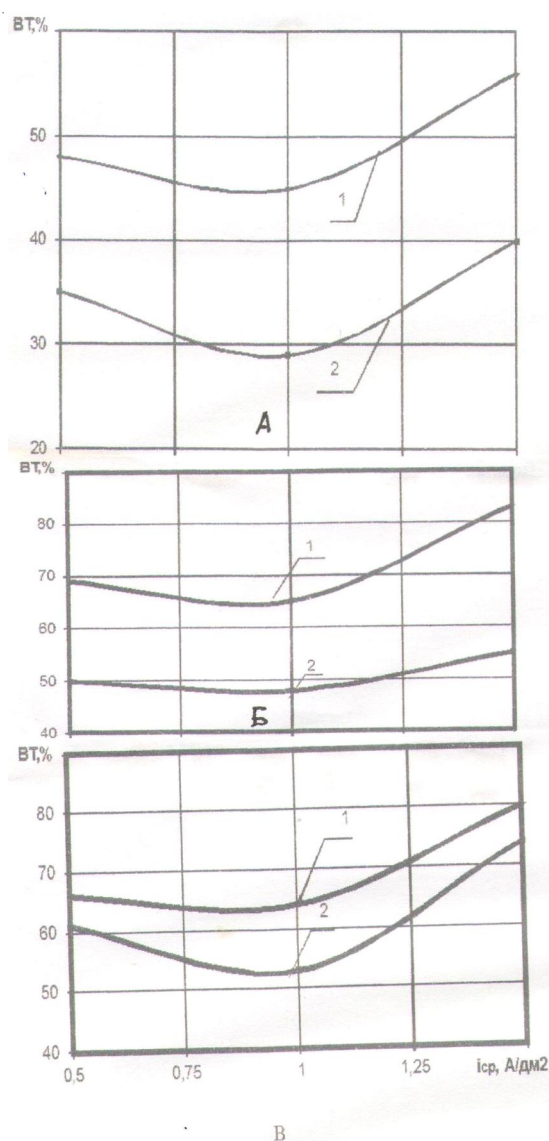


Рис. 1. Зависимость выхода по току активного хлора от средней плотности тока в растворах: 1 – бишофита; 2 – хлористого натрия. Концентрация растворов (мг-экв/л): А – 0,5; Б – 1,25; В – 2,0. Температура раствора 25 °С

Как показывают экспериментальные данные (рис. 2, 3), анодный выход ионов растворимого металла и ионов активного хлора снижается с уменьшением концентрации бишофита. По-

вышение плотности тока от 1 до 10 % увеличивает концентрацию ионов растворимого металла от 1,1 до 3,5 мг/л (плотность тока 1,25 А/дм²) и концентрацию активного хлора с 7 до 20 мг/л.

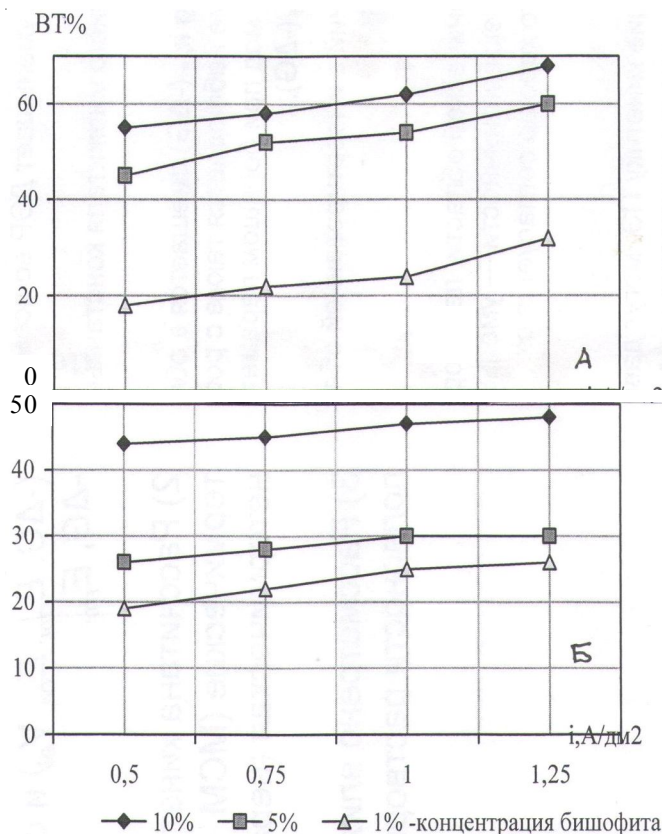


Рис. 2. Зависимость выхода по току (ВТ) ионов растворимого металла (А) и ионов активного хлора (Б) в растворах бишофита от плотности тока, температура раствора 25 °С, постоянный ток

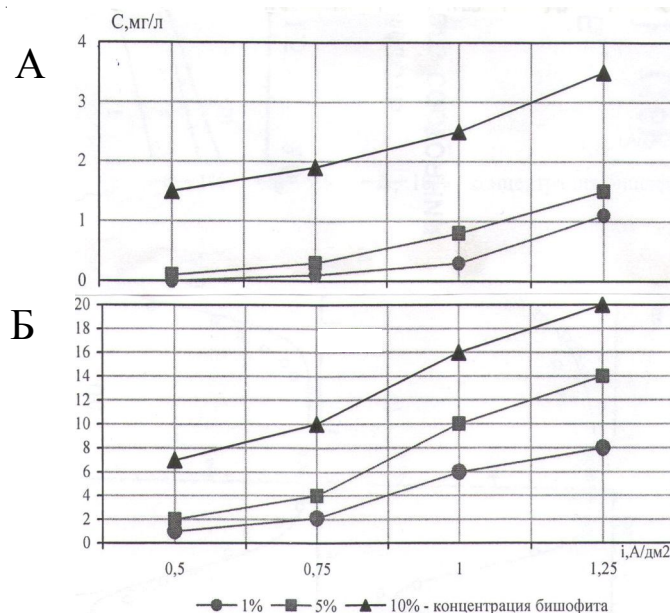


Рис. 3. Зависимость концентрации ионов растворимого металла (А) и активного хлора (Б) в растворе бишофита от плотности тока при электролизе на постоянном токе, температура раствора 25 °С

При протекании процесса наблюдалось изменение коэффициента оптического пропускания раствора, связанного, вероятно, с образованием гидроксидных соединений растворимого металла в межэлектродном пространстве. Учитывая большую концентрацию хлорсодержащих ионов в сравнении с ионами растворимого металла, возможно предположить образование мицеллярных структур. С целью их регистрации были проведены исследования по определению гранулометрического состава и измерению величины электрокинетического потенциала с помощью анализатора (Malvern Zetasizer Nano ZS, ZS, Великобритания).

Результаты измерений размеров частиц, представленных на рисунке 4, показывают, что в растворе, подвергнутом воздействию ультразвука, имеются частицы размерами 30–80 нм и 500–1000 нм. Величина исходного дзета-потенциала в среднем составила 2,4 мВ. После воздействия ультразвука дзета-потенциал поменял свой знак на положительный и его средняя ве-

личина составила 1,95/1,84 мВ. Средняя величина дзета-потенциала центрифугированного образца составила –0,2 мВ, при этом меняясь от +3,96 мВ в первом измерении до 5,36 мВ в последнем, что может объясняться высокой электрокинетической инерционностью ассоциатов, присутствующих в пробе.

Для оценки биологической активности мицеллированного раствора бишофита в лабораторных условиях выполнялись эксперименты, результаты которых представлены в таблицах 1, 2, 3. Оценивалось влияние полученного наноструктурированного раствора на показатели проращивания и всхожести семян зерновых культур (озимая пшеница, ячмень) и на их биометрические параметры в сравнении с химическим протравителем (Витарос) и водой (контроль).

Полученные результаты наглядно показали преимущества мицеллированного раствора бишофита над химическим протравителем и контролем (рис. 5).

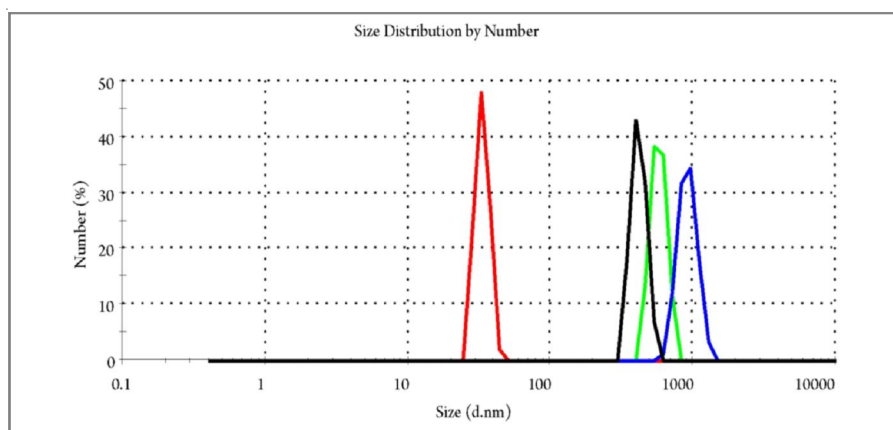


Рис. 4. Гранулометрическое распределение размеров частиц мицеллированного раствора бишофита

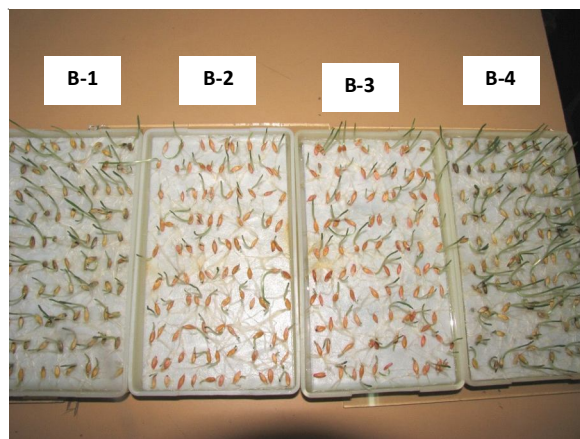


Рис. 5. Лабораторные исследования всхожести ячменя

Для установления биологической активности и определения эффективности воздействия полученного средства в агроценозе была проведена предпосевная обработка семян ячменя для посева на опытном участке ОПХ «Волгоградское» в сезоне 2008 г. сотрудниками ВНИАЛМИ

(Волгоград). Исследования проводились по показателям влияния полученного средства на структуру урожая ячменя, на вредные организмы и недобор урожая. Обработку семян проводили 10 %-ным раствором средства. Результаты исследований представлены в таблицах 4, 5, 6.

Таблица 1

Результаты влияния протравителей на энергию прорастания и всхожесть семян зерновых культур

№ вар.	Наименование варианта	Дозы применяемых препаратов	Энергия прорастания, %	Всхожесть, %
Озимая пшеница				
В-1	Контроль	вода 10 л/т	92,0	98,0
В-2	Витарос	3,0 л/т	93,0	94,3
В-3	Витарос + бишофит мицелированный	3,0 л/т + 10 л/т 10 %-го р-ра	93,0	96,0
В-4	Бишофит мицелированный	10 л/т 10 %-го р-ра	96,0	98,7
Ячмень				
В-1	Контроль	вода 10 л/т	94,0	96,0
В-2	Витарос	3,0 л/т	93,0	93,0
В-3	Витарос + бишофит мицелированный	3,0 л/т + 10 л/т 10 %-го р-ра	94,0	94,0
В-4	Бишофит мицелированный	10 л/т 10 %-го р-ра	98,0	98,0

Таблица 2

Результаты влияния протравителей на биометрические показатели ячменя

№ вар.	Наименование варианта	Дозы применяемых препаратов	Высота проростка, см	Корешки 1-го растения, ср.		Масса	
				количество, шт.	длина, см	корешков 1 растения, гр.	одного проростка, гр.
В-1	Контроль (вода)	вода 10 л/т	10,48	4,14	10,71	0,072	0,063
В-2	Витарос	3,0 л/т	10,26	3,96	10,13	0,046	0,056
В-3	Витарос + бишофит мицелированный	3,0 л/т + 10 л/т 10 %-го р-ра	10,14	3,98	9,62	0,050	0,061
В-4	Бишофит мицелированный	10 л/т 10 %-го р-ра	10,62	4,11	10,80	0,068	0,066

Таблица 3

Результаты влияния протравителей на биометрические показатели озимой пшеницы

№ вар.	Наименование варианта	Дозы применяемых препаратов	Высота проростка, см	Корешки 1-го растения, ср.		Масса	
				количество, шт.	длина, см	корешков 1 растения, гр.	одного проростка, гр.
В-1	Контроль	вода 10 л/т	10,95	3,06	10,65	0,04	0,05
В-2	Витарос	3,0 л/т	10,92	3,10	9,06	0,03	0,04
В-3	Витарос + бишофит мицелированный	3,0 л/т + 10 л/т 10 %-го р-ра	10,72	3,10	9,34	0,03	0,05
В-4	Бишофит мицелированный	10 л/т 10 %-го р-ра	11,5	3,11	10,91	0,049	0,056

Таблица 4

Предпосевная обработка семян ячменя

Варианты	Всхожесть, %	Высота проростков (Н), см	Длина корней (l), см
Контроль	91,9 ± 0,9	2,6 ± 0,2	5,0 ± 0,6
Биофит	95,2 ± 1,4	3,2 ± 0,4	5,4 ± 0,5
Биофит мицелированный	97,5 ± 0,6	3,8 ± 0,6	6,0 ± 0,7
НСР ₀₅	1,60	0,51	0,47

Таблица 5

Результаты влияния раствора на структуру урожая ячменя (поле № 1)

Варианты	Число стеблей, шт.		Масса соломы, г	Длина колоса, см	Вес 1 000 зерен, г	Хозяйственная урожайность, ц/га
	всего	продуктивных				
Контроль	138	78	39,7	7,1	40,9	26,2
Биофит	128	96	63,0	8,1	48,3	30,5
Биофит мицелированный	156	120	67,2	7,7	49,8	36,3

Таблица 6

Результаты влияния раствора на структуру урожая ячменя (поле № 2)

Варианты	Количество растений в пробе, шт	Высота растений, см	Количество продуктивных стеблей	Число зерен в колосе, шт	Вес 1 000 зерен	Хозяйственная урожайность, ц/га
Контроль	36	57,3	60	16,8	34,2	16,9
Биофит	43	66,0	80	19,4	45,9	25,3
Биофит мицелированный	50	72,3	116	20,9	48,4	36,0

Таблица 7

Влияние на вредные организмы и недобор урожая

Вариант	Численность вредителей, экз/м ²	Болезни		Недобор урожая	
		Распространение, %	Развитие, %	%	ц/га
Контроль	3,2	69,0	35,6	12,3	2,0
Биофит	4,0	45,5	14,6	9,3	2,4
Биофит мицелированный	1,1	45,0	13,5	4,4	1,6

Из результатов следует, что средство, представляющее собой мицелированный раствор биофита, более эффективно, чем его исходный ионный раствор. По оценкам результатов, хозяйственная урожайность ячменя на поле № 1 возросла с 26,2 (контроль) до 36,3 ц/га, на поле № 2 – с 16,9 (контроль) до 36,0 ц/га. Использование исходного 10%-го раствора биофита подняло урожайность в первом случае до 30,5 ц/га, во втором – до 25,3 ц/га.

Оценка влияния средства при обработке семян на численность вредителей, болезней растений и конечный недобор урожая отражена в таблице 7.

Результаты, представленные в таблицах, показывают, что мицелированный раствор биофита, содержащий гипохлорит-ионы и ионы растворимого металла, обладает более высокой активностью. Это позволяет рекомендовать к использованию в сельском хозяйстве мицел-

лированные растворы бишофита в качестве более экологичных и эффективных средств.

Исходя из оценок размера общего семенного фонда России можно гипотетически предположить возможность строительства предприятия по выпуску высокоэффективного многофункционального наноструктурированного средства с максимальной мощностью до 20 млн л/год.

Исходные данные для расчета:

– предполагаемая цена реализации проектируемого средства – 70 руб. за 1 л (в том числе НДС);

– производственная мощность предприятия – 17 млн л (средний процент загрузки по годам с 2010 по 2014: 9, 45, 60, 90 и 100 %);

– переменные издержки на добычу и переработку бишофита составят 8 тыс. руб. за 1 т;
– переменные затраты на медное сырье – 190 тыс. руб. за 1 т;
– затраты на оплату труда – 2 745 тыс. руб. в месяц.

Себестоимость производства проектируемого средства низкая и для общей производственной программы в 17 млн л в год составляет около 25 руб. за 1 литр. Низкая себестоимость объясняется невысокой стоимостью основного сырья (бишофит) и небольшим расходом более дорогого компонента (металлически растворимого анода). Технология производства не предполагает больших затрат энергетических ресурсов.

Таблица 8

Экономические показатели проекта (млн руб.)

Показатели	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.
Выручка с НДС	104,1	578,3	832,8	1 349,1
Операционные расходы с НДС	–36,7	–94,8	–122,5	–186,6
Налоги (НДС, страховые платежи с з/п, налог на имущество и прибыль)	–11,7	–138,6	–222,4	–360,8
Чистая прибыль	26,2	275	419	711
Денежные средства на конец периода	69,3	100,7	543,3	1 277,1

Основные экономические показатели проекта (млн руб.) представлены в таблице 8.

Прогнозируемая прибыль по проекту может составить 100–400 млн руб. в год. Рентабельность продаж по чистой прибыли – 55–60 %.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Прикладная электрохимия : пер. с англ. – 3-е изд. – Л. : Химия, 1974. – 559 с.
2. Салех, Ахмед И. Ш. Волгоградский бишофит / И. Ш. Ахмед Салех. – Волгоград : Перемена, 2010. – 432 с.
3. Фомичев, В. Т. Получение и использование в строительстве дезинфектантов на основе минерала

бишофита. / В. Т. Фомичев, Н. А. Лаврикова // Вестник ВолгГАСУ. Серия «Строительство и архитектура». – 2008. – Вып. 10 (29). – С. 221–223.

4. Проблемы питьевого водоснабжения городов среднего и нижнего Поволжья / В. Т. Фомичев [и др.] // Известия вузов. Серия «Строительство». – 2008. – № 9. – С. 115–119.

5. Кульский, Л. В. Химия воды: физико-химические процессы обработки природных и сточных вод / Л. В. Кульский, В. Ф. Нарковчевская. – Киев : Вища шк., 1983. – 240 с.

6. Арчаков, А. И. Окисление чужеродных соединений и проблемы токсикологии / А. И. Арчаков, И. И. Карузина // Вестник АМН СССР. – 1988. – № 1. – С. 14–28.

7. Арчаков, А. И. Микросомальное окисление / А. И. Арчаков. – М. : Наука, 1975. – 327 с.

INNOVATIVE TECHNOLOGY OF BIOLOGICAL ACTIVITY'S ELEVATION OF THE MINERAL BISCHOFITE'S SOLUTION

V.T. Fomichev, G.A. Naumova, O.Yu. Akhremenko

Innovative technology of micellization of ionic solution of magnesium chloride technical was developed to enhance biological activity feed solution by electrochemical oxidation. Dispersed composition of the obtained products during micellization and their biological activity was defined.

Key words: *ionic solution, micellizing preparation, nanostructured preparation, size-consist of preparation, anodic oxidation, metallic soluble anode.*