

УДК 553.973 : 636.085 : 006.354

Г. А. ЕЎДАКІМАВА, Л. П. СЯНЬКЕВІЧ

ГІДРАБАРАТЭРМІЧНАЯ
АПРАЦОЎКА САПРАПЕЛЮ
З МЭТАЙ ПАВЫШЭННЯ
ЯГО БІЯЛАГІЧНАЙ АКТЫЎНАСЦІ

У практыцы сельскай гаспадаркі прымяняеца апрацоўка раслінных адходаў вадой пры павышаных тэмпературы і ціску (гідрабаратэрмічнае ўздзеянне) для павышэння іх якасці і засвяльнасці пры скормліванні хатній жывёле [1, 2]. Метад вывучаны таксама ў дачыненні да торфу [3]. Пры гідрабаратэрмічнай апрацоўцы раслінных тканак адбы-

ваеца дэструкцыя поліцукрыдаў, у выніку чаго ўтвараюцца монаукрыды, а таксама прадукты іх пераўтварэння; пры ўздрэянні на торф экстракти абагачаюцца азоцтымі злучэннямі (галоўным чынам амінакіслотамі) і біялагічна актыўнымі фракцыямі гумінавых кіслот (ГК).

Сапралепі (донныя адклады прэснаводных азёр) з'яўляюцца прыродным біялагічна актыўным утварэннем, якое ўключае шэраг камплементаў, неабходных жывёліне пры рацыянальным кармленні: мінеральная макра- (кальций, фосфар, жалеза і інш.) і мікраэлементы (ёд, медзь, цынк і інш.), амінакіслоты (да 15% на арганічнае рэчыва — АР), вітаміны (групы В, карацін і інш.) і вугляводы. Гэта абумоўлівае высокі эфект дзеяння сапралевай кармавой дабаўкі (СКД) [4]. Аднак, як паказалі нашы даследаванні, спажыванне АР у СКД нізкае і складае толькі 20%. Гэта з'яўляецца асновай для распрацоўкі прыёмаў яго актыўізацыі, у тым ліку гідрабаратэрмічным метадам. Атрыманыя вынікі прыведзены ў гэтай працы.

Аб'ектам даследавання служыў арганічны сапралель воз. Судобль: зольнасць (A^c) — 21,0% на сухое рэчыва (СР); у складзе СР (%) лёгкагідралізуемых рэчываў (ЛГ) — 39,0, гумінавых кіслот (ГК) — 23,7, азоту — 4,3, амінакіслот — 14,3; вільготнасць матэрыялу — 40—50%. Выбіралі параметры працэсу і вывучалі састаў атрыманых прадуктаў, правяралі іх уздзейнне на жывяя арганізмы.

Тэхналагічныя доследы праводзілі ў буйнаабараторным аўтаклаве (ёмістасць 4 л) перыядычнага дзеяння з магнітнай мяшалкай.

Асноўная ўвага надавалася ўплыву тэмпературы, якую ў доследах змянялі ў шырокім інтэрвале — 120—200 °C. Суадносіны вадкай фазы і цвёрдай паказваў гідрамодуль, які быў падабраны ў папярэдніх доследах і складаў 4; атрыманая маса мае кансістэнцыю рухомай пасты. Працягласць апрацоўкі пры зададзенай тэмпературе 2 гадз.

Характарыстыку працэсу праводзілі па глыбіні дэструкцыі, якая вылічваецца ў працэнтах (100% за вылікам выхаду цвёрдага астатку), выхаду і саставу фракцыі водарастваральных прадуктаў рэакцыі: АР, рэдукуюемых рэчываў (РР), монаукрыдаў, азоту, сумарна фурфуролу і оксіметылфурфуролу, арганічных кіслот, лятучых з парай (воцатная, прапіёная і інш.) і нелятучых (экстракцыя серным эфірам), амінакіслот.

Найбольш каштоўнай часткай з'яўляюцца амінакіслоты, монаукрыды, таму параметры працэсу імкнуліся вызначыць так, каб атрымаць максімум гэтых злучэнняў у фракцыі водарастваральных рэчываў.

У цвёрдым астатку дэструкцыі вызначалі колькасць групавых камплементаў, што неабходна для вызначэння яго ўплыву на якасць атрыманага прадукту: ГК выдзялялі ў выглядзе фракцыі I (больш «спелая») і II (менш «спелая»).

Для аптымізацыі працэсу прымнялі метад матэматычнага планавання эксперимента па схеме поўнага фактарнага эксперимента тыпу 2^k [5].

Састаў арганічных кіслот даследавалі на газавадкім хроматографе («Хром 5» з дэтэктарам па іанізацыі ў полымі) і ЯМР-спектраспекціяй (спектрометр BS-467, частата — 60 МГц), амінакіслоты — на амінакіслотным аналізаторы AAA-881, фуранавыя альдэгіды — у дыстылятах (адгонка з вадзянай парай) спектрафотаметрычным метадам на прыборы «Specord» [6]. Групавы састаў цвёрдага астатку даследавалі па методыце групавога саставу сапралеплю [7].

Біялагічную актыўнасць атрыманых прадуктаў вывучалі для фракцыі водарастваральных рэчываў на раслінах метадам водных культур [8]. Сумарны прадукт даследавалі на лабараторных жывёлінах.

Вынікі доследаў паказаны ў табл. 1—5. При апрацоўцы атрымана пульпа, рухомасць якой вышэйшая, чым у зыходным матэрыяле, за кошт пераходу ў растворальны стан кампанентаў сапралеплю і вільгациі, якая выдзелілася пры дэструкцыі. З павышэннем тэмпературы глыбіня дэ-

Таблица 1. Састаў водарастваральных злучэнняў у залежнасці ад тэмпературы працэсу, % на АР фракцыі

Тэмпература апрацоўкі, %	Глыбіня дэструкцыі на СН, %	Сума водарастваральных злучэнняў	РР у іх		Монацукрыды		Фурфурол і оксметил-фурфурол	Лягучыя кіслоты	Нізкамалекулярныя кіслоты (нелягучыя)	Амінакіслоты	Азот, % ад сапрапелю
			да інверсіі	пасля інверсіі	да інверсіі	пасля інверсіі					
120	15,2	8,2	4,9	20,1	1,5	10,0	0,05	—	5,2	5,9	
140	27,0	17,6	11,2	21,7	3,7	7,1	0,06	3,5	1,4	7,2	22,1
150	30,0	19,0	10,5	18,0	3,5	8,4	0,05	2,2	1,5	8,4	23,0
160	40,6	25,6	7,8	19,9	2,6	6,6	0,04	2,7	1,9	10,6	25,2
175	42,6	22,4	0	0	0	0	0,13	3,6	2,7	11,9	36,4
200	46,0	18,0	0	0	0	0	0,22	—	5,0	8,0	39,1
Злучэнні ў зыходным сапрапелі:											
водарастваральныя	3,4	0									9,0
лёгкагідралізуемыя	39,0	32,2		35,2	*					5,1	37,0

структурой узрастала з 15,2 да 46,0 %. Аднак пры тэмпературах вышэй за 160 °C працякаюць рэакцыі распаду першасных прадуктаў, якія вядуть да ўтварэння арганічных кіслот, фуранавых альдэгідаў, CO₂. Выхад фракцыі водарастваральных рэчываў (ВР) пры тэмпературы 120 °C складае 8,8% ад зыходнай наважкі, а пры 160° — 25,6%. У складзе ВР вызначаны РР (5—11%), у тым ліку 1,5—3,6% складаюць свабодныя монацукрыды (глюкоза, галактоза, маноза, қілоза, арабіноза, рамноза); іх колькасць узрастает да 11,5—15,2% пасля інверсіі 5%-най H₂SO₄. У складзе ВР прадуктаў вызначана 2,6—3,6% лягучых з парай кіслот (воцатная, прапіёнавая, масляная, валяр'янавая і капронавая). Сумарны выхад нелягучых кіслот складае 1,4—5,0% на АР фракцыі. У іх складзе ідэнтыфікаваны насычаныя аліфатычныя кіслоты нармальнай будовы C₁₂—C₃₂, пераважна C₁₂, C₁₉, C₂₂, C₂₇.

Дадзеныя ЯМР-спектраспектралізіі сведчаць аб прысутнасці ў эфірным экстракце неабмежаваных араматычных злучэнняў — группы C=O, звязаныя з СН. У водную фракцыю пераходзіць 6—40% азоту сапрапелю, прычым колькасць яго з павышэннем тэмпературы да 180° павялічваецца; паралельна назіраецца таксама ўзрастанне колькасці амінакіслот з 8 да 12%, затым яны распадаюцца з утварэннем NH₃. Якасны склад амінакіслот паказаны ў табл. 2.

У растворы вызначаюцца таксама 5% ГК, акіды металаў алюмінію, жалеза, кальцыю, магнію, мікраэлементы. Колькасць фуранавых альдэгідаў не перавышала 0,05% і толькі пры тэмпературы 175° узрастала да 0,13%, што менш за вызначаную норму.

Істотна змяняюцца групавыя кампаненты цвёрдага астатку (табл. 3). Найбольш значна змяняеца выхад лёгкагідралізуемых злучэнняў — паніжаецца з 39,6 да 13,8% у астатку тэмпературнай апрацоўкі пры 160 °C і да 7,2% пры 175 °C і РР у іх — адпаведна з 18,0 да 2,8%, а таксама цяжкагідралізуемых злучэнняў — з 12,5 да 6,6—8,2%. Агульная колькасць шчолачнарастваральнай фракцыі памяншаецца з 35,4 да 22,5%, асабліва выхад ГК II фракцыі (з 20,0 да 8,8% пры 160 °C); выхад ГК I фракцыі паніжаецца з 3,8 да 1,9% пры 160 °C, а затым узрастает да 4,1%, відавочна, за кошт рэакцый кандэнсацыі рэчыва, якія працякаюць пры гэтай тэмпературы.

Групавы састаў астатку гідратэрмічнай перапрацоўкі, які мае значную колькасць малаактыўнай негідралізуемай часткі (да 34—36%), абумоўлівае паніжаную білагічную актыўнасць гэтага кампанента як сумарнага прадукту.

Параўнанне вынікаў дэструкцыі сапрапелю пры гідраапрацоўцы з

Таблица 2. Састаў амінакіслот, % да сумы

Амінакіслата	Рэжым				
	канцэнтрацыя HCl, %		гідрабаратэрмічная апрацоўка, °C		
	20	2	140	175	200
Аспараагінавая кіслата	15,4	3,7	16,1	5,8	2,1
Трэянін	7,3	25,7	6,5	5,1	—
Серын	5,8	—	4,9	3,2	—
Глутамінавая кіслата	11,5	6,1	10,3	21,7	23,8
Празін	6,1	—	4,3	7,4	7,0
Гліцын	8,1	8,3	13,0	11,5	9,1
Аланін	9,1	2,1	9,8	6,4	10,7
Валін	4,7	2,9	6,8	10,0	8,3
Метыянін	—	2,8	—	1,2	3,0
Ізалейцын	4,1	1,0	3,9	4,9	3,5
Лейцын	6,1	1,2	5,6	6,1	6,0
Тыразін	3,3	—	3,2	3,5	2,0
Фенілаланін	5,9	4,3	6,0	6,9	6,6
Гістыдын	2,8	—	3,0	1,6	3,0
Лізін	4,8	28,3	1,6	1,5	1,3
Аргінін	4,9	13,1	6,1	2,7	12,0
Сумарны выхад:					
% на АР сапрепелю	14,3	2,0	1,3	2,7	1,4
% на АР фракцыі	—	5,1	7,2	11,9	8,0

Таблица 3. Хімічны састаў астатку апрацоўкі ў залежнасці ад тэмпературы працэсу, % на АР заходнага сапрепелю

Тэмпература працэсу, °C	Выхад івёрдага астатку	Лёгкагідрапізумныя рэчывы	Рэдукуючыя ўзумкі	Цяжкагідрапізумныя рэчывы	Шчолачнарастваравальныя рэчывы			Негідрапізумны астатак	
					гумінавыя кіслоты		сумарная фракцыя		
					I фракцыя	II фракцыя			
120	84,8	26,6	15,4	11,8	3,3	13,2	33,9	12,5	
160	59,4	13,8	6,9	8,2	1,9	8,8	29,9	14,5	
175	57,4	7,2	2,9	8,2	4,1	8,6	22,5	19,5	
200	54,0	7,5	2,8	6,6	3,9	7,4	20,3	19,6	
Зыходны ўзор	39,6	18,0	12,5	3,8	20,0	35,4	12,5		

эфектыўнасцю ўздзеяння 2%-най HCl (табл. 1) паказвае, што ў першым выпадку вадкая фаза значна больш абагачана амінакіслотамі. Гэта прадвызначае і большую біялагічную актыўнасць і каштоўнасць пры скормліванні атрыманага прадукту жывёле.

Атрыманыя дадзеныя дазволілі выявіць, што тэмпература працэсу вышэй за 160—170 °C вядзе да цнітэнсіўнага распаду прадуктаў рэакцыі, у тым ліку біялагічна каштоўных.

Пры аптымізацыі параметраў працэсу ў якасці крытэрыяў прымалі выхад водарастваральныхных рэчываў (Y_1) і азоту (Y_2).

Уплыў тэхналагічных фактараў на выхад прадуктаў даследавалі ў наступным дыяпазоне: тэмпература (Z_1) — 120—170 °C, працягласць апрацоўкі (Z_2) — 1—3 гадз, гідрамодуль (Z_3) — 4—8. У адпаведнасці з матрыцай планавання па атрыманых эксперыментальных данных быў праведзены разлік і вызначаны каэфіцыенты рэгрэсіі па ўраўненнях разліку Y_1 і Y_2 . Праверка значнасці каэфіцыентаў рэгрэсіі па крытэрию Ст'юдэнта дазволіла выявіць нязначныя каэфіцыенты пры эфекце ўзаемадзеяння Z_3 , з чаго вынікае, што гідрамоль у зададзеным рэжыме істотна не ўпłyвае на выхад прадуктаў дэструкцыі. Пасля выключэння нязначных каэфіцыентаў і пераходу ад безразмернай сістэмы каардынат да натуральных величынь былі атрыманы наступныя ўраўненні рэгрэсіі:

$$Y_1 = 7,89 - 0,01Z_1 - 17,63Z_2 + 0,15Z_1Z_2,$$

$$Y_2 = -9,37 + 0,15Z_1 - 14,46Z_2 + 0,13Z_1Z_2.$$

Згодна з крытэрыем Фішара ($F_{\text{разл I}} = 4,02$, $F_{\text{разл II}} = 3,71 < F_{\text{табл 0,5}} = 19,2$), атрыманыя ўраўненні адэкватна апісваюць эксперымент і разлічаныя па іх значэнні маюць здавальняющую сыходнасць з эксперыментальнымі данымі.

Аптымальнымі параметрамі працэсу гідрабаратэрмічнай апрацоўкі з'яўляюцца тэмпература 160°C , працягласць 2 гадз, гідрамодуль 4.

Біялагічную актыўнасць фракцыі водарастваральных злучэнняў пра вяралі метадам водных культур на раслінах кукурузы. Кантролем была

Таблица 4. Эфектыўнасць уздзеяння фракцыі водарастваральных рэчывы з сапропелю на расліны кукурузы ў доследах метадам водных культур

Варыянт доследу, канцэнтрацыя дабаўкі, % у асяроддзі	Zялённая маса	Сухая маса	Маса каранёў
	% да контролью		
Поўнакампанентнае асяроддзе Пранішнікаў—кантроль	100	100	100
Водарастваральная рэчывы (тэмпература атрымання 100°C):			
0,01	136,1	138,1	182,5
0,001	110,7	105,6	97,4
Водарастваральная рэчывы гідрабаратэрмічнай апрацоўкі (тэмпература— 160°C):			
0,01	128,3	156,1	127,9
0,001	169,2	187,1	164,9
P , *%		1,2	0,2
HIP _{0,5} **		0,03	0,006

* Памылка доследу; ** самая меншая істотная розніца пры верагоднасці 95%.

Таблица 5. Вынікі скормлівання пацукам сапропелевых кармавых дабавак, атрыманых гідрабаратэрмічным метадам

Тэмпература апрацоўкі, $^{\circ}\text{C}$	Сярэдняя маса жывёлін, г				Выход, % да контролью	
	пачатак доследу	канец доследу	прырост жывой масы			
			агульны	сярэднія суточны		
120	78	114	36,0	1,20	106	
160	92	130	38,0	1,26	111	
200	78	109	31,0	1,03	95	
Кантроль	84	118	34,0	1,13	100	

сумесь Пранішніка. Для парыўнання выкарыстоўвалі таксама водарастваральная рэчывы, атрыманыя пры 100°C па схеме групавога аналізу [7] ($r = 5$ гадз, гідрамодуль 100). Канцэнтрацыя дабаўкі складала 0,01 і 0,001% па СР. Як відаць з даных табл. 4, водарастваральная рэчывы з сапропеляў аказваюць станоўчы ўплыў на рост раслін. Пры канцэнтрацыі дабаўкі 0,001% лепшыя вынікі па колькасці зялёнай і сухой масы раслін і каранёў паказала фракцыя, атрыманая ва ўмовах гідрабаратэрмічнай апрацоўкі.

Сумарны прадукт пры вільготнасці 25% скормлівалі лабараторным жывёлінам (пацукам) ва ўмовах паўнацэннага кармлення (у групах пяць жывёлін). Дослед працягваўся 30 дзён (табл. 5). У контролі да асноўнага рацыёну ўводзілі дабаўку з зыходнага сапропелю. Павеліченне выходу масы доследных жывёлін у парыўнанні з контрольнымі склада-ла 6—10% для прадукту, атрыманага пры тэмпературе апрацоўкі 120—

160 °C, і було нижчий, чим у контролі, у випадку правядзення апрацоўкі пры больш высокіх температурах (да 200 °C).

Такім чынам, выяўлена павышаная біялагічная актыўнасць апрацаўванага гідробаратэрмічным спосабам сапрепелю, што адкрывае перспективы для яго прыменення ў розных галінах, напрыклад у жывёлагадоўлі.

Summary

Optimum parameters of hydrobaro-thermal treatment of organic sapropel were determined (temperature — 160 °C, duration — 2 hours, hydromodule — 4). Aminoacids, volatile and low-molecular organic acids, monosaccharides and furane aldehydes were identified in the products composition. Biological tests confirmed the increased activity of aqueous extracts from the treated sapropel.

Літаратура

1. Радченко В. А. Использование соломы, подготовленной гидробаротермическим способом, в кормлении крупного рогатого скота: Дис. канд. ... с.-х. наук. Волгоград, 1983. 142 с.
2. Науменко З. М., Лазарев Л. П., Савченко Ю. Ф. // Сельское хозяйство Белоруссии. 1980. № 11. С. 26—27.
3. Наумова Г. В. Торф в биотехнологии. Минск, 1987. С. 91—102.
4. Евдокимова Г. А., Лопотко М. З., Дубинин С. К. и др. // Торфяная промышленность. 1984. № 3. С. 21—23.
5. Сутин С. Н. Планирование эксперимента в химии и химической технологии. Л., 1976. 44 с.
6. Получение кормовых дрожжей из торфа / Под ред. чл.-корр. АН БССР В. Е. Раковского. Минск, 1977. С. 71—88.
7. Евдокимова Г. А., Пунтус Ф. А. // Курортные ресурсы и санаторно-курортное лечение в Сибири. Томск, 1982. С. 45—49.
8. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. М., 1985. С. 188—199, 230—262.

Інститут торфу АН БССР

Паступіў у рэдакцыю
04.09.89

Бібліографія складана на падставе звестак з досьведу, зробленому ў лабораторії біялагічнай актыўнасці із засланіем узораў сапрепелю з апрацоўкі гідробаратэрмічным спосабам на фізічна-хімічныя властивасці та на ўдзел у метаболізме субстратаў.

Лабораторія створена ў 1980 г. заслана з цэнтральнага фізічна-хімічнага інститута АН БССР ў Віцебск. У складзе лабораторыі заслана ў 1981 г. з цэнтральнага фізічна-хімічнага інститута АН БССР ў Віцебск. У складзе лабораторыі заслана ў 1981 г. з цэнтральнага фізічна-хімічнага інститута АН БССР ў Віцебск. У складзе лабораторыі заслана ў 1981 г. з цэнтральнага фізічна-хімічнага інститута АН БССР ў Віцебск. У складзе лабораторыі заслана ў 1981 г. з цэнтральнага фізічна-хімічнага інститута АН БССР ў Віцебск. У складзе лабораторыі заслана ў 1981 г. з цэнтральнага фізічна-хімічнага інститута АН БССР ў Віцебск. У складзе лабораторыі заслана ў 1981 г. з цэнтральнага фізічна-хімічнага інститута АН БССР ў Віцебск. У складзе лабораторыі заслана ў 1981 г. з цэнтральнага фізічна-хімічнага інститута АН БССР ў Віцебск. У складзе лабораторыі заслана ў 1981 г. з цэнтральнага фізічна-хімічнага інститута АН БССР ў Віцебск. У складзе лабораторыі заслана ў 1981 г. з цэнтральнага фізічна-хімічнага інститута АН БССР ў Віцебск. У складзе лабораторыі заслана ў 1981 г. з цэнтральнага фізічна-хімічнага інститута АН БССР ў Віцебск. У складзе лабораторыі заслана ў 1981 г. з цэнтральнага фізічна-хімічнага інститута АН БССР ў Віцебск. У складзе лабораторыі заслана ў 1981 г. з цэнтральнага фізічна-хімічнага інститута АН БССР ў Віцебск. У складзе лабораторыі заслана ў 1981 г. з цэнтральнага фізічна-хімічнага інститута АН БССР ў Віцебск. У складзе лабораторыі заслана ў 1981 г. з цэнтральнага фізічна-хімічнага інститута АН БССР ў Віцебск. У складзе лабораторыі заслана ў 1981 г. з цэнтральнага фізічна-хімічнага інститута АН БССР ў Віцебск. У складзе лабораторыі заслана ў 1981 г. з цэнтральнага фізічна-хімічнага інститута АН БССР ў Віцебск. У складзе лабораторыі заслана ў 1981 г. з цэнтральнага фізічна-хімічнага інститута АН БССР ў Віцебск. У складзе лабораторыі заслана ў 1981 г. з цэнтральнага фізічна-хімічнага інститута АН БССР ў Віцебск. У складзе лабораторыі заслана ў 1981 г. з цэнтральнага фізічна-хімічнага інститута АН БССР ў Віцебск. У складзе лабораторыі заслана ў 1981 г. з цэнтральнага фізічна-хімічнага інститута АН БССР ў Віцебск. У складзе лабораторыі заслана ў 1981 г. з цэнтральнага фізічна-хімічнага інститута АН БССР ў Віцебск. У складзе лабораторыі заслана ў 1981 г. з цэнтральнага фізічна-хімічнага інститута АН БССР ў Віцебск. У складзе лабораторыі заслана ў 1981 г. з цэнтральнага фізічна-хімічнага інститута АН БССР ў Віцебск. У складзе лабораторыі заслана ў 1981 г. з цэнтральнага фізічна-хімічнага інститута АН БССР ў Віцебск. У складзе лабораторыі заслана ў 1981 г. з цэнтральнага фізічна-хімічнага інститута АН БССР ў Віцебск. У складзе лабораторыі заслана ў 1981 г. з цэнтральнага фізічна-хімічнага інститута АН БССР ў Віцебск. У складзе лабораторыі заслана ў 1981 г. з цэнтральнага фізічна-хімічнага інститута АН БССР ў Віцебск. У складзе лабораторыі заслана є