

SECTION OF CHEMICAL SCIENCES

ОПТИМАЛЬНЫЕ УСЛОВИЯ ПОЛУЧЕНИЯ ВОДОРАСТВОРИМОГО НИТРОЛИГНИНА ИЗ ШРОТА *Aconitum leucostomum* И РАЗРАБОТКА НА ЕГО ОСНОВЕ СТИМУЛЯТОРА РОСТА РАСТЕНИЙ «УГЛИН» С КОМПЛЕКСОМ ПОЛИСАХАРИДОВ *Gleditsia triacanthos*

Абдуазимов Б.Б.

доктор философии (PhD) по техническим наукам, Институт химии растительных веществ АН РУз

Рахманбердиева Р.К.

доктор химических наук, профессор, Институт химии растительных веществ АН РУз

Халилов Р.М.

доктор технических наук, профессор, Институт химии растительных веществ АН РУз

Хажигаев Т.А.

доктор философии (PhD) по техническим наукам, Институт химии растительных веществ АН РУз

Маматханова М.А.

доктор технических наук, Институт химии растительных веществ АН РУз

Маматханов А.У.

доктор технических наук, профессор, Институт химии растительных веществ АН РУз

OPTIMAL CONDITIONS FOR OBTAINING WATER-SOLUBLE NITROLIGNIN FROM *Aconitum leucostomum* SHROTS AND DEVELOPMENT OF PLANT GROWTH STIMULATOR "UGLIN" BASED ON IT WITH A COMPLEX OF *Gleditsia triacanthos* POLYSACCHARIDES

Abduazimov B.

Doctor of Philosophy (PhD) in Technical Sciences, Institute of Chemistry of Plant Substances

Rakhmanberdyeva R.

Doctor of Chemical Sciences, Professor, Institute of Chemistry of Plant Substances

Khalilov R.

Doctor of Technical Sciences, Professor, Institute of Chemistry of Plant Substances

Khajibaev T.

Doctor of Philosophy (PhD) in Technical Sciences, Institute of Chemistry of Plant Substances

Mamatkhanova M.

Doctor of Technical Sciences, Institute of Chemistry of Plant Substances

Mamatkhanov A.

Doctor of Technical Sciences, Professor, Institute of Chemistry of Plant Substances

Аннотация

Проведено окислительное нитрование лигнинов шрота *Aconitum leucostomum*, оставшегося после экстракции 80% этанолом, мокрым методом с применением раствора меланжа (нитрующей смеси азотной и серной кислот). Оптимальными оказались следующие условия: кислотный гидролиз (2% меланж, гидромодуль 1:9, 95 °С, 3 ч) с последующей щелочной обработкой (2% NaOH, 100 °С, 3–4 ч). Для получения водорастворимых полисахаридов предложена трехкратная экстракция измельченных семян *Gleditsia triacanthos* (1:12 с водой в течение 4 ч, затем ГМ 1:10), с объединением экстрактов, фильтрацией и сгущением до 10% сухого остатка. На основании результатов, разработан новый препарат «Углин» на основе водорастворимых нитролигнинов из шротов *A. leucostomum* и полисахаридов (галактоманнанов) семян *G. triacanthos* в объемном соотношении их 10%-ных растворов, обладающих ростостимулирующими свойствами. Разработана технология производства агрохимиката Углин, которая апробирована с получением 5 серий готового продукта, отвечающих требованиям нормативно-технической документации. Полученный продукт характеризуется темно-коричневым цветом, содержанием азота $\geq 3,2\%$, pH 6,0–8,0 и сухим остатком $\geq 10\%$, соответствует стандарту организации.

Abstract

Oxidative nitration of lignins from shrots of *Aconitum leucostomum* remaining after 80% ethanol extraction was conducted using a wet method with a melange solution (nitrating mixture of nitric and sulfuric acids). The optimal conditions were determined as follows: acid hydrolysis (2% melange, hydromodule 1:9, 95 °C, 3 h) followed by alkaline treatment (2% NaOH, 100 °C, 3–4 h). For obtaining water-soluble polysaccharides, a triple extraction of ground seeds of *Gleditsia triacanthos* (1:12 with water for 4 h, followed by hydromodule 1:10) was proposed, involving the combination of extracts, filtration, and concentration to 10% dry residue. Based on the results, a new preparation "Uglin" was developed, comprising water-soluble nitrolignins from *A. leucostomum* shrots and polysaccharides (galactomannans) from *G. triacanthos* seeds in a volumetric ratio of their 10% solu-

tions, exhibiting growth-stimulating properties. The production technology for the agrochemical "Uglin" was developed and tested, yielding 5 batches of the finished product that meet the requirements of normative-technical documentation. The obtained product is characterized by a dark brown color, nitrogen content $\geq 3.2\%$, pH 6.0–8.0, and dry residue $\geq 10\%$, complying with the organizational standard.

Ключевые слова: *Aconitum leucostomum*, *Gleditsia triacanthos*, нитролигнин, галактоманнаны, стимулятор роста, гидролиз.

Keywords: *Aconitum leucostomum*, *Gleditsia triacanthos*, nitrolignin, galactomannans, plant growth stimulator, hydrolysis.

Введение

Как возобновляемый природный полимер, лигнин привлекает внимание в агрохимии, благодаря доступности источников и низкой стоимости [1]. Его сетчатая структура и реакционно-активные группы (карбоксильные, карбонильные, гидроксильные) позволяют создавать удобрения с контролируемым высвобождением питательных элементов (азот, фосфор, калий), включая лигнин-азотные, лигнин-фосфорные, композитные и хелатные формы.

Азотные удобрения на основе лигнина, такие как окисленный аммиаком лигнин или лигносульфонат-мочевина, обеспечивают медленное растворение, постепенное высвобождение азота, нелетучесть и устойчивость к выщелачиванию, повышая эффективность удобрения на 10–20% [2]. Фосфорные модификации (например, с диаммонийфосфатом и микроэлементами) увеличивают доступный фосфор в почве на 10–20%, снижая уплотнение солями и повышая урожайность пшеницы на 18,5% и кукурузы на 14,4% [2–4]. Черный щелок как сырье для органоминеральных гелей усиливает урожайность арахиса и риса [5].

Особый интерес представляют нитролигнины — продукты нитрования гидролизованных лигнинов азотной кислотой, формирующие биологически активные хинонные нитрополикарбоновые кислоты [6]. Аммонийные соли этих веществ стимулируют рост растений, увеличивая урожайность картофеля и овощных культур за счет активации корневой системы и фотосинтеза. Этот подход дополняют хелатные микроудобрения (например, лигносульфонат-цинк), заменяя дорогие аналоги вроде Zn-EDTA и повышая биомассу кукурузы в 10 раз эффективнее неорганического цинка [7].

Дополнительно, привитые лигнины (например, с полиакриловой кислотой) обеспечивают удержание влаги и медленное высвобождение железа в течение 22 дней [8], а также служат носителями пестицидов с пролонгированным эффектом, снижая расход на 20–30% [9]. В грунтовом покрытии лигносульфонат формирует биоразлагаемые пленки, повышающие температуру почвы на 1–4 °C и влажность на 20–30%, что увеличивает урожайность на 20% [10]. Щелочно-окисленный лигнин адсорбирует токсичный алюминий, разрыхляя солонцы [11], а фиксаторы песка на его основе усиливают устойчивость к эрозии [12].

Нитролигнины эволюционируют в гуминоподобные вещества через окисление или аммонолиз, имитируя природные гуминовые кислоты с похожими функциональными группами (карбоксильные, фенольные OH) [13]. Прямое окисление

(аэробное, H_2O_2 -Фентон) повышает гидрофильность (О/С до 1,4 ммоль/г), стимулируя транспорт минералов и гормональную активность [14]. Аммонолиз повышает биодоступность азота (на 3–24%), снижая выщелачивание на 75% и повышая биомассу на 50–82% [15].

Таким образом, нитролигнины открывают путь к устойчивым агрохимикатам, интегрируя питание, защиту и почвоулучшение в единую систему, с потенциалом коммерциализации для возобновляемого земледелия.

Как ранее сообщали, в Институте химии растительных веществ АН РУз на основе нитролигнина (НЛ) разработан препарат «Рослин», обладающий свойством регулятора роста растений. Получение Рослина включает следующие этапы: окислительное нитрование лигнина, получение водорастворимой фракции НЛ, омыление волокна нитрон, комплексообразование водорастворимого НЛ и нитрона [16]. Для этого в качестве сырья использованы гидролизные лигнины (ГЛ) рисовой лузги, древесных опилок и шелухи семян хлопчатника, взятых из отходов гидролизных заводов Республики Узбекистан [17]. Однако в фармацевтических предприятиях после экстракции растительного сырья лигноцеллюлозная биомасса в виде шротов и отходов выбрасывается в отвал.

Цель работы — выявление оптимальных условий получения нитролигнина мокрым методом из шрота аконита с последующей разработкой на его основе агрохимиката «Углин», обладающего свойствами стимулятора роста растений.

Материалы и методы исследований

Шрот подземных частей (п/ч) *Aconitum leucostomum* Vorosch (аконита белоустого), который образуется в «Научно-технологическом центре по требованиям GMP» Института химии растительных веществ, выбрасывается как отход производства субстанции антиаритмического препарата «Аллапинин» после экстракции п/ч 80%-ным этиловым спиртом при комнатной температуре и после регенерации спирта [18].

Проведенные анализы показали, что в шротах содержится до 25–35% влаги, в том числе, этиловый спирт. Вследствие чего, шрот был высушен в сушильном устройстве с принудительной вентиляцией воздуха при следующих условиях: температура процесса составляла $65(\pm 5)$ °C, скорость подачи воздуха - 10 м/с; толщина слоя растительного сырья на поверхности противня - 1,5 см, длительность сушки - 6 ч.

После сушки содержание влаги в шроте п/ч *A. leucostomum* (далее в тексте шрот аконита) составило 7% и его использовали для проведения исследований.

Для получения экстрактов водорастворимых полисахаридов (ВРПС) использовали семена *Gleditsia triacanthos* L. (гледичии трёхколючковой), с содержанием ВРПС 15%.

Химические анализы и технологические эксперименты проводились согласно методике, приведённой в [17].

Результаты и обсуждение

Гидролизный лигнин – это конденсированный ароматический природный полимер, под воздействием суровых условий, ставший более плотным и конденсированным, что делает его практически нерастворимым в органических растворителях [1919].

Водорастворимые производные НЛ с гидролизированным волокном нитрона могут образовывать межмолекулярные комплексные соединения за счёт комплексообразующих функциональных групп, таких как фенольная, гидроксильная и карбоксильная. Поэтому авторами предложен препарат «Рослин» — высокомолекулярный органический сополимер НЛ и нитрона, применяемый как стимулятор роста и развития растений [16].

В Рослине гидролизированный нитрон добавляется по двум причинам. Во-первых, при гидролизе нитрона образуется адгезивная гелеобразная масса, которая способствует фиксации препарата нитролигнина на органы растения. Во-вторых, при гидролизе нитрона образуется аммиак, который даёт возможность обогащать азотом препарат Рослин. Азот, безусловно, является важным элементом, входящим в состав нуклеиновых кислот, которые определяют наследственные признаки растений [20].

В отличие от Рослина, при разработке препарата Углин, в качестве адгезивного вещества, вместо синтетического полимера нитрон, нами было решено использовать вязкие растворы природных полимеров. В этом направлении могут быть интересными полисахариды, образующие гелевые формы и обладающие клеящими свойствами.

Полисахариды являются важными высокомолекулярными углеводами, выполняющими различные функции в растениях. Они составляют клеточные стенки, обеспечивая им прочность и устойчивость. Показано, что биологическая и физиологическая активность полисахаридов во многом определяется особенностями тонкой структуры их макромолекул, т.е. степенью полимеризации, составом, длиной и степенью разветвленности боковых углеводных цепей, наличием модифицирующих групп и характером их расположения [21]. Также известно, что галактоманнаны проявляют ростстимулирующую активность при возделывании злаковых. Например, экстракты галактоманнанов, выделенные из *G. triacanthos*, в концентрациях 0,001% и 0,0001% в условиях засоления почвы оказали положительное влияние на рост корней пшеницы [22]. Вышеизложенное свидетельствует о том, что в этом направлении могут быть полезны экстракты семян *G. triacanthos*, содержащие ВРПС, главным образом, состоящие из галактоманнанов.

Исходя из вышеизложенного, нами разработан инновационный агрохимикат «Углин» — 10%-ный

водный раствор (далее в тексте – Углин), основанный на комбинации водорастворимых нитролигнинов (ВРНЛ) и ВРПС семян *G. triacanthos*, который способен модулировать процессы роста и развития растений. В состав препарата входят: продукт окислительного нитрования лигноуглеводных остатков растительного сырья в сочетании с полисахаридами и водой.

Для разработки технологии производства Углина процессы изучали по стадиям технологического цикла.

Как видно из вышеизложенного, основным полупродуктом разрабатываемых сельскохозяйственных препаратов является ВРНЛ. В связи с этим, для получения ВРНЛ проводили эксперименты по определению оптимальных условий.

При взаимодействии лигнина с азотной кислотой протекают такие химические процессы, как электрофильное замещение в ароматическом ядре, электрофильное вытеснение (нитрозирование и нитрование), алифатическое замещение, оксинитрация и окисление. Значительная часть полученного нитролигнина остается всё ещё нерастворимой в воде, однако образование в нём большого количества карбоксильных групп будет способствовать растворению НЛ в слабых щелочных средах. Поэтому после воздействия азотной кислоты на ГЛ полученный продукт необходимо обработать щелочным раствором для перевода НЛ в раствор [23].

Существуют два метода производства НЛ: сухой и мокрый.

НЛ получают путем окисления и нитрования технических лигнинов нитросмесью, содержащей различные соотношения азотной и других минеральных кислот, таких как H_2SO_4 , H_3PO_4 [24].

Технологии получения НЛ мокрым и сухим методом имеют свои преимущества и недостатки. Сухой метод нитрования гидролизных лигнинов более эффективен с точки зрения выхода и окисленности получаемых нитролигнинов. Однако, при нитровании ГЛ в атмосферу в виде вредных газов в большом количестве выбрасываются двуокись азота, окись азота, синильная кислота. Кроме того, НЛ, подвергаемый сушке на открытом воздухе, является пожароопасным. В отличие от сухого метода, где концентрированный меланж нитрует ароматическую структуру, а кислород воздуха окисляет лигнин, при мокром методе в водной среде больше протекает процесс окисления ароматической структуры смесью меланжа. Это позволяет получать производные НЛ с большим содержанием карбоксильных групп, которые играют важную роль при получении в дальнейшем водорастворимых продуктов. В связи с этим, проводили эксперименты по подбору оптимальных условий производства водорастворимого нитролигнина (ВРНЛ) мокрым методом.

Среди многочисленных методов разделения лигниновых и углеводных компонентов, больше применяются кислотные и щелочные гидролизы с использованием высоких температур и давлений. В последние годы эффективным считается комбинированный метод, где в процессе гидролиза пооче-

редно используются разбавленные кислотные и щелочные растворы, которые последовательно разрушают межмолекулярные связи лигноуглеводных комплексов и внутримолекулярные связи макромолекулы лигнина.

Гидролиз лигноцеллюлозных биомасс с применением растворов азотной кислоты и гидроксида натрия имеет значительные преимущества по сравнению с другими кислотами и щелочами, так как эти вещества широко доступны, недороги и позволяют проводить процессы при умеренных концентрациях, температурах и давлениях. Воздействие азотной кислоты на лигнин инициирует электрофильное нитрование ароматических соединений, приводящее к образованию нитронных катионов - NO_2^+ , а также нитрозильных ионов NO^+ , что в дальнейшем приводит к окислительным процессам и увеличению содержания карбоксильных, карбоновых и нитрогрупп в молекулах [23]. В процессе этих реакций также происходит снижение концентрации метоксильных и фенольных гидроксильных групп в выделяемых продуктах лигнина. Все образующиеся побочные продукты и компоненты могут быть переработаны и регенерированы, что открывает возможность для получения коммерчески востребованных продуктов, таких как удобрения.

Исходя из вышеизложенного следует, что для получения ВРНЛ из исследуемых шротов, необходимо использовать методы кислотного и щелочного гидролиза, которые являются более эффективными и экономически выгодными при переработке отходов и извлечении водорастворимых лигнинов.

Под воздействием растворов азотной кислоты в растительном сырье сначала происходит расщепление межмолекулярных химических связей гемицеллюлоз с лигнинами и целлюлозами, затем происходит деструкция в полимерной цепочке гемицеллюлоз с образованием олигомеров и мономеров,

переходящих в кислый раствор. В результате удаления гемицеллюлоз (ГМЦ), являющихся связующим звеном между макромолекулами лигнина и целлюлозы, прочность и плотность растительных клеток ослабевает, появляются пространства для проникновения растворителей, повышается количество гидрофильных реакционноспособных функциональных групп. Макромолекула лигнина, при этом, претерпевает реакции нитрования, окисления, что приводит к частичной деполимеризации и, параллельно, перестройке в новую более конденсированную структуру. Окисленная структура лигнина с приобретенными карбонильными, карбоксильными группами в боковой пропановой цепи и ароматическом кольце приобретает гидрофильность, которая способствует дальнейшей делигнификации растения растворами щелочей, в нашем случае, растворами гидроксида натрия.

Первый этап исследований кислотного гидролиза шротов, начали с подбора оптимальных соотношений твердых и жидких фаз (т : ж; гидромодуль (ГМ), влияющие на процессы перемешивания, диффузии растворителя и протекания гидролитических реакций. Процесс проводили с использованием 1%-ного водного раствора меланжа в течение 3 ч при температуре 80 °С (табл. 1).

Из табл. 1 видно, что при ГМ 1:5 и 1:7 из-за образования густой массы перемешивание и проникновение раствора было затруднительным, что препятствовало полноценному гидролизу гемицеллюлоз и окислению лигнина. Было установлено, что для гидролиза гемицеллюлоз (ГМ) шрота аконита оптимальным ГМ т : ж фазы является 1 : 9, при котором образуется хорошо перемешиваемая жидкая смесь, что также благоприятствует протеканию процессов окисления и нитрования лигнинов.

Таблица 1

Влияние ГМ т : ж фазы на процесс кислотного гидролиза шрота аконита

ГМ, т : ж	Остаток после кислотной обработки, % к массе сырья	Количество веществ, %				
		зола	целлюлоза	геми-целлюлоза	лигнин	экстрактивные и др. вещества
1:5	93,43	16,95	32,39	27,16	19,43	4,17
1:7	91,23	16,49	33,10	27,16	19,62	3,63
1:8	88,20	16,55	34,07	26,38	19,98	3,03
1:9	84,92	17,14	35,21	24,11	20,65	2,89
1:10	83,51	17,08	35,44	24,02	20,67	2,79

На втором этапе исследований кислотного гидролиза шротов было выяснено влияние продолжительности процесса на гидролиз гемицеллюлоз

(табл.2).

Таблица 2

Динамика процесса кислотного гидролиза шрота аконита в зависимости от времени гидролиза (ГМ=1:9; К=1%; Т=80°C)

Время, мин	Остаток после кислотной обработки, % к массе сырья	Количество веществ, %				
		зола	целлюлоза	геми-целлюлоза (ГМЦ)	лигнин	экстрактивные и др. вещества
30	97,38	17,45	31,17	27,22	18,83	5,33
60	95,31	17,69	31,78	27,11	19,10	4,31
120	93,10	17,50	32,30	27,35	19,38	3,46
180	84,91	17,14	35,21	24,11	20,65	2,89
240	82,60	17,11	36,19	24,51	19,28	2,91
360	81,55	17,12	36,50	24,17	19,35	2,85

Результаты исследований (табл.2) по изучению динамики процесса кислотного гидролиза показали, что с увеличением времени гидролиза выход полупродукта снижается за счёт растворения гемицеллюлоз в кислом растворе. На основании результатов установили, что при получении ВРНЛ в

жидкой среде продолжительность процесса гидролиза для шрота аконита составляет – 3 ч.

Провели опыты кислотного гидролиза при 95 °С. Образцы, полученные при 90 и 95 °С, были также обработаны 3% раствором щелочи для делигнификации (табл. 3).

Таблица 3

Влияние температуры кислотного гидролиза шрота аконита (ГМ=1:9; К=1%; t=3ч) на растворимость в 3% NaOH (ГМ=1:9, 95% 180мин)

Температура, °С	Остаток после щелочной обработки, % к массе сырья	Количество веществ, %				
		зола	целлюлоза	геми-целлюлоза	лигнин	экстрактивные и др. вещества
90	59,82	24,01	49,37	17,46	8,78	0,39
95	54,62	26,10	53,67	12,70	7,24	0,29
100	54,03	26,15	53,77	9,02	10,80	0,26

Из табл. 3 видно, что в образцах кислотного гидролиза, полученных при 95 °С, лигнина меньше, чем в образцах, полученных при 90 и 100 °С. Таким образом установлено, что для кислотного гидролиза шрота аконита оптимальной температурой является 95°C.

Результаты исследований по подбору оптимальной концентрации меланжа для процесса кислотного гидролиза шрота аконита показали, что с повышением концентрации меланжа от 1% до 4%

при обработке шротов количество гидролизующихся веществ, особенно, гемицеллюлоз плавно повышается, затем более-менее стабилизируется, несмотря на повышение концентрации меланжа.

На основании результатов экспериментов из опытов, установлено, что оптимальной концентрацией кислотного гидролиза шрота аконита является 2,0 % ный меланж. Эти образцы в слабых растворах щелочи растворяются до остатков, сравнительно равных по содержанию целлюлозы и золы (табл. 4).

Таблица 4

Влияние концентрации меланжа на процесс кислотного гидролиза шрота аконита (Т=95 °С, t=180 мин, ГМ 1:9)

Концентрация меланжа, %	Остаток после кислотной обработки, % к массе сырья	Количества веществ, %				
		зола	целлюлоза	геми-целлюлоза	лигнин	экстрактивные и др. вещества
1	79,99	18,10	37,02	20,65	22,46	1,77
2	64,72	20,52	45,19	6,17	26,47	1,64
3	60,65	21,76	46,60	4,83	24,73	2,08
4	59,14	21,60	47,43	5,18	23,65	2,15

По выявленным оптимальным условиям, полученный полупродукт кислотной обработки был исследован на растворимость в слабых растворах натрия гидроксида. Установили, что оптимальной

концентрацией натрия гидроксида для растворения лигнина шрота аконита является 2,0% растворы NaOH (табл. 5).

Таблица 5

Влияние концентрации раствора NaOH на процесс растворения лигнинов из шрота аконита (T=100 °C, t=180 мин, ГМ 1:9)

Раствор NaOH, %	Остаток после щелочного обработки, % к массе сырья	Количества веществ, %				
		зола	целлюлоза	гемцеллюлоза	лигнин	экстрактивные и др. вещества
0,5	55,53	21,77	51,35	5,40	21,26	0,23
1	49,96	23,66	56,72	4,42	14,85	0,34
1,5	45,78	25,74	61,65	4,23	8,08	0,30
2	43,00	26,57	65,30	4,28	3,59	0,27
2,5	42,77	26,56	65,44	4,18	3,53	0,30
3	42,42	26,65	65,42	4,05	3,53	0,35
4	39,87	26,86	65,29	4,42	3,01	0,43

На основании результатов экспериментов, приведенных в табл. 5, установили, что оптимальными условиями кислотной обработки шротов аконита являются применение 2% раствора NaOH, ГМ (т:ж) =1:9, температуры 100°C при продолжительности процесса 3-4 часа.

Описание технологии получения Углина из шротов аконита. В реактор помещают (около 15-35 кг) лигноцеллюлозное сырьё (шрот аконита), содержащее 4-4,5 кг лигнина в пересчёте на лигнин Класона. Затем в реактор заливают воду в соответствии ГМ т:ж фаз 1:9 и перемешивают до получения однородной массы. При перемешивании в смесь порциями добавляют азотную и серную кислоты до получения 2,0-2,5 % кислотного раствора меланжа. Процесс нитрования и окисления шрота аконита проводят при температуре 95°C в течение 3 ч. По истечении времени массу из реактора сливают и фильтруют. Гидролизированный шрот обратно загружают в реактор и обрабатывают 2 % водным раствором NaOH при ГМ (т:ж) 1:9 и проводят процесс перевода лигнинов в раствор, перемешивая при температуре 95-100 °C в течение 3-4 часов. Щелочной раствор охлаждают до 50-60°C, фильтруют, сгущают до содержания сухого остатка 10%. Проверяют сухой остаток щелочного раствора, который

должен составлять 10%. В случае несоответствия показателя, раствор сгущают или разбавляют.

Параллельно в другом экстракторе проводят процесс получения экстракта ВРПС из семян *G. triacanthos*. Для этого семена отделяют от стручков, затем измельчают. В экстрактор загружают измельчённые семена *G. triacanthos* и подают воду в соотношении (сырьё – экстрагент) 1:12. Процесс экстракции проводят при перемешивании в течение 4 часов. После экстракции водный экстракт сливают в сборник. В экстрактор снова заливают воду с гидромодулем 1:10 и проводят вторую и третью экстракции аналогично первой. Экстракты объединяют, отфильтровывают и сгущают до содержания сухого остатка 10%.

Для получения Углина в реактор с ВРНЛ, полученного из шрота аконита, при перемешивании добавляют полученный экстракт ВРПС семян *G. triacanthos*, в объемном соотношении 1:1.

Полученный по разработанной технологии 10%-ный водный раствор стимулятора роста растений «Углин» по физико-химическим свойствам имеет следующие характеристики, указанные в табл. 6.

Таблица 6

Характеристика препарата «Углин 10 %-ный водный раствор»

Наименование показателей	Нормы	Методы контроля
1. Внешний вид	Жидкость темно-коричневого цвета	ГОСТ 25336
2. Количество азота, %, не менее	3,2	ГОСТ 20851.1
3. Плотность препарата 10 %-ный водный раствор (g/m ³), не менее	от 0,95 до 1,05	ГОСТ 18995.1
4. pH 1%-ного водного раствора	6,0-8,0	ГОСТ 22567.2
5. Содержание сухого остатка, %, не менее	10	ГФ XI

Разработан и зарегистрирован в «O'zstandart Agentligi» стандарт организации Ts 03535440-041:2020 на «Стимулятор роста растений «Углин» — 10%-ный водный раствор» (регистрационный № 112/0011228 от 30.12.2020). В результате проведенных исследований получена возможность внедрения нового регулятора роста и развития растений на основе водорастворимых лигнинов *A. leucostomum*

и полисахаридов семян *G. triacanthos*.

Выводы

1. Оптимизированы условия кислотного гидролиза шрота аконита (гидромодуль 1:9, 2% меланж, 95 °C, 3 ч) и последующей щелочной обработки (2% NaOH, 100 °C, 3-4 ч), позволяющие эффективно извлекать ВРНЛ.

2. В результате проведенных исследований

разработан агрохимикат «Стимулятор роста растений «Углин» - 10%-ный водный раствор» на основе ВРНЛ из шротов *A. leucostomum* и водорастворимых полисахаридов (ВРПС) семян *G. triacanthos*, а также технология его производства.

3. На опытном производстве ИХРВ АН РУз смонтирована опытно-промышленная установка для производства «Стимулятор роста растений - «Углин» 10%-ный водный раствор». Разработанная технология апробирована с получением 5 серий готового продукта, отвечающих требованиям нормативно-технической документации.

4. Физико-химические характеристики «Углина» (темно-коричневая жидкость, азот $\geq 3,2\%$, pH 6,0–8,0, сухой остаток $\geq 10\%$) соответствуют требованиям стандарта организации ТС 03535440-041:2020, зарегистрированного в «O'zstandart Agentligi» (№ 112/0011228 от 30.12.2020).

5. Проведены биологические полевые испытания агрохимического препарата Углин на хлопчатнике в различных районах Каракалпакстана, по результатам которых установлено, что препарат эффективен даже в условиях засоленных почв.

Финансовая поддержка. Данная работа финансировалась за счет средств бюджета Института химии растительных веществ Академии Наук Республики Узбекистан.

Список литературы

1. Ramirez F., Gonzalez V., Crespo M., Meier D., Faix O., Zuniga V. Ammoxidized kraft lignin as a slow-release fertilizer tested on *Sorghum vulgare* // Biore-source Technology. 1997. V. 61(1). P. 43–46.
2. Huang J., Fu S., Gan L. Lignin Chemicals and Their Applications / Lignin chemistry and applications. 2019. P. 276.
3. Ковалев И.В. Комплексообразование с железом как механизм стабилизации лигниновых фенолов в почвах / Под ред. Н.О.Ковалевой. Роль почв в биосфере. Труды Института экологического почвоведения МГУ имени М.В.Ломоносова. Москва: МАКС Пресс, 2015. Т.15. С. 43-59.
4. Liu Q., Kawai T., Inukai Y., et al. A lignin-derived material improves plant nutrient bioavailability and growth through its metal chelating capacity // Nature Communications. 2023. V.14. 4866. P. 1-14.
5. Sarlaki E., Kianmehr M.H., Kermani A.M. Recent Advances and Research Trends in the Eco-friendly Lignin-based Fertilizers: Production Technologies, Process Mechanisms and Performance Appraisal // *Iranian Journal of Soil and Water Research*. 2021. V.52(8). P. 2279-2301.
6. Судакова И. Г., Левданский А. В., Кузнецов Б. Н. Методы химической и термохимической переработки гидролизного лигнина // *Журнал Сибирского федерального университета*. 2021. №2. С. 263-275.
7. Cieschi M.T., Benedicto A., Hernández-Apaolaza L., Lucena J.J. EDTA Shuttle Effect vs. Lignosulfonate Direct Effect Providing Zn to Navy Bean Plants (*Phaseolus vulgaris* L 'Negro Polo') in a Calcareous Soil // *Frontiers in Plant Science*. 2016. V.28(7). 1767. – P. 1-12.
8. Yanli M., Ruru W., Guizhen F. Preparation and

sustained release properties of polyacrylic acid grafted alkali lignin-based iron fertilizer // *Journal of Agricultural Engineering*. 2012. V.28(18). P. 208–214.

9. Asrar J., Ding Y. Lignin-based microparticles for the controlled release of agricultural actives. // US Patent № 7771749. USA. 2010.

10. Feldman D., Banu D., Camoanelli J. Blends of vinylic copolymer with plasticized lignin: thermal and mechanical properties // *Journal of Applied Polymer Science*. 2001. V.81(4). P. 861–874.

11. Saito K., Nakanishi T.M., Matsubayashi M., Meshitsuka G. Development of new lignin derivatives as soil conditioning agents by radical sulfonation and alkaline-oxygen treatment // *Journal of the Japan Wood Research Society*. 1997. V.43(8). P. 669–677.

12. Li J.F., Song Z.Q. Study on Lignosulfonate and its grafted polymers as sandy soil stabilizer // *Chemistry and Industry of Forest Products*. 2002. V.22. P. 17–20.

13. Gerke J. Concepts and misconceptions of humic substances as the stable part of soil organic matter: a review // *Agronomy*. 2018. V.8(5). 76. P. 1-16.

14. Sutradhar S, Alam N, Christopher LP, Fatehi P. KOH catalyzed oxidation of kraft lignin to produce green fertilizer // *Catalysis Today*/ 2022. 404. P. 49–62.

15. Ahmad Z., Paleologou M., Xu C.C. Oxidative depolymerization of lignin using nitric acid under ambient conditions // *Industrial Crops and Products*. 2021. V.170(8). 113757. P. 1-10.

16. Абдуазимов Х.А., Умаров А.А., Соипов З.К., Хамидов М.Х., Азимов Э.Г. Способ получения водорастворимого производного лигнина // А.С. 1649798 (СССР). Откр. Изобрет. 1991. №18. С.245.

17. Абдуазимов Б.Б., Биковенс О.Э., Нейберте Б.Я., Халилов Р.М. Химический состав гидролизных лигнинов рисовой лузги, древесных опилок, шелухи семян хлопчатника гидролизных заводов Узбекистана и опти мальные условия получения водорастворимого нитролигнина // *Химия растительного сырья*. 2024. №2. С. 76–88.

18. Садиков А.З., Сагдуллаев Ш.Ш., Джахангиров Ф.Н., Валиев Н.В. Способ получения средства, обладающего антиаритмическим действием // Патент РУз №IAP 04737. Официальный бюллетень. № 8. 2013.

19. Evstigneyev E.I., Yuzikhin O.S., Gurinov A.A., Ivanov A.Yu., Artamonova T.O., Khodorkovskiy M.A., Bessonova E.A., Vasilyev A.V. Study of structure of industrial acid hydrolysis lignin, oxidized in the H₂O₂-H₂SO₄ system // *Journal of Wood Chemistry and Technology*. 2016. V.36. №4. P. 259-269.

20. Аббасова А.А., Слюсарев В.Н. Азот и формы его содержания в почве // *Тенденции развития науки и образования*. 2023. №95 (4). С. 169-171.

21. Шахматов Е.Г., Михайлова Е.А., Макарова Е.Н. Структурно-химическая характеристика и биологическая активность полисахаридов *Heracleumsosnowskyi* Manden // *Химия растительного сырья*. 2015. № 4. С.15–22.

22. Закирова Р.П., Асатова С.С., Сафарова Н.Р., Ташпулатова Ф.Ш. Изучение ростстимулирующей активности полисахаридов растений *Gleditsia triacanthos*, *Crotalaria alata* и *Crotalaria sp.* //

Аграрная наука. 2020. № 1. С. 52-55.

23. Шорыгина Н.Н., Резников В.М., Елкин В.В. Реакционная способность лигнина. М: Наука. 1976. С. 368.

24. Абдуазимов Б.Б., Халилов Р.М. Получение водорастворимого нитролигнина из гидролизных лигнинов по сухому методу // Universum: технические науки. 2024. №11(128). С. 54–57.