

УДК 542.61:66.086.2:661.12

РУДОБАШТА СТАНИСЛАВ ПАВЛОВИЧ, докт. техн. наук, профессор¹

E-mail: rudobashta@mail.ru

КАЗУБ ВАЛЕРИЙ ТИМОФЕЕВИЧ, докт. техн. наук, профессор²

E-mail: bukva46@mail.ru

КОШКАРОВА АННА ГЕННАДЬЕВНА, преподаватель²

E-mail: vip.any@yandex.ru

¹ Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, ул. Тимирязевская, 49, Москва, 127550, Российская Федерация

² Пятигорской медико-фармацевтический институт – филиал ГБОУ ВПО ВолгГМУ Минздрав РФ, пр. Калинина, 11, Пятигорск, 357500, Российская Федерация

ВОДНОЕ ЭКСТРАГИРОВАНИЕ СЫРЬЯ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ ИМПУЛЬСНОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ ВЫСОКОЙ НАПРЯЖЕННОСТИ

Технология, основанная на воздействии на объект импульсного электрического поля высокой напряженности, обладает ощутимыми преимуществами перед традиционными методами и снижает вероятность появления металлических примесей в целевом продукте по сравнению с процессом электроразрядного экстрагирования. Теоретические и экспериментальные исследования процесса водного экстрагирования биологически активных соединений импульсным электрическим полем высокой напряженности позволили выявить и раскрыть основные факторы, влияющие на интенсификацию экстрагирования водорастворимых соединений. Под действием поля с напряженностью порядка 5 МВ/м, реализуемого в наших условиях импульсом напряжения колоколообразной формы амплитудой до 50 кВ, длительностью 0,2 мкс и фронтом импульса напряжения 0,1 мкс, на границе раздела сред возникает пондеромоторная сила, направленная в сторону убывания диэлектрической проницаемости. Сила приводит к растяжению и разрыву пористой частицы и тем самым способствует проникновению экстрагирующей жидкости внутрь структуры сырья. Выявлено, что обработка воды импульсами напряжения амплитудой 20 кВ в течение 200 сек. приводит к снижению сил поверхностного натяжения, о чем свидетельствует изменение коэффициента поверхностного натяжения от 72,956 мН/м до 65,04 мН/м. Проведенные эксперименты показали целесообразность промышленного использования технологии импульсного электрического экстрагирования целевых компонентов из растительного сырья, поскольку она позволяет сократить длительность процесса примерно на 7 сут., снизить в 10 раз энергозатраты, заменить этиловый спирт на воду, а в сравнении с процессом электроразрядного экстрагирования – получать более чистый экстракт.

Ключевые слова: водное экстрагирование, импульсное электрическое поле, высокая напряженность, диэлектрическая проницаемость, измельчение, поверхностное натяжение.

Введение. Интенсификация процессов экстрагирования направлена на ускорение массообмена в системе «Твердое тело-жидкость». По этому пути осуществляется поиск и разработка новых методов, в основе которых лежит передача системе «Твердое тело-жидкость» вибраций, пульсаций, колебаний различных частот и амплитуд. Широкое внедрение экономичных технологий водной экстракции в химической, пищевой, фармацевтической и других отраслях промышленности сдерживается из-за неполного извлечения целевых компонентов и небольшой скорости процессов.

Известные методы интенсификации процессов не всегда приемлемы из-за высокотемпературных

режимов, приводящих к деструкции извлекаемых веществ [1]. Метод обработки растительного сырья, помещенного в жидкость, с помощью электрических разрядов [2–5, 11] обладает ощутимыми преимуществами перед традиционными методами, однако, несмотря на высокую скорость и полноту извлечения при экстрагировании под воздействием электрических разрядов, происходит загрязнение экстракта продуктами эрозии металлических электродов, что требует принятия специальных мер по их удалению.

Цель исследований – теоретически и экспериментально изучить процессы водного экстрагирования биологически активных соединений под

действием импульсного электрического поля высокой напряженности.

Перспективным научно-техническим направлением является разработка процессов и аппаратов с энергетическими воздействиями, основанными на импульсном электрическом поле высокой напряженности [6, 7]. Данная технология обладает ощутимыми преимуществами перед традиционными методами и снижает вероятность появления металлических примесей в целевом продукте по сравнению с процессом электроразрядного экстрагирования. С этой целью выполнены теоретические и экспериментальные исследования процесса водного экстрагирования биологически активных соединений импульсным электрическим полем высокой напряженности, которые позволили выявить и раскрыть основные факторы, влияющие на интенсификацию экстрагирования водорастворимых соединений. Конструкция экстракционного аппарата показана на рисунке 1.

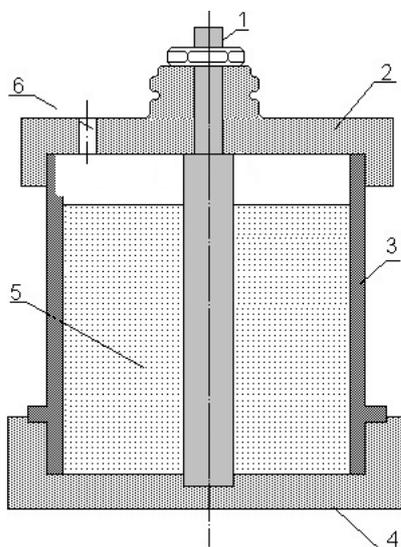


Рис. 1. Конструкция экстракционного аппарата:
1 – центральный электрод; 2 – крышка;
3 – заземленный корпус; 4 – основание;
5 – обрабатываемое сырье;
6 – технологическое отверстие

Материалы и методы. В этой работе представлены теоретические и экспериментальные исследования процесса водного экстрагирования биологически активных соединений из растительного сырья импульсным электрическим полем высокой напряженности. Описаны электрофизические процессы в гетерогенных системах под воздействием импульсного электрического поля высокой напряженности. В качестве сырья для исследований выбраны листья софоры японской несмотря на то, что традиционно в фармации используют цветки и плоды этого растения, которые содержат в экстрактивных веществах рекордное количество флавоноидов.

Использование листьев софоры японской перспективно с точки зрения дополнительного растительного сырья для фармацевтической промышленности, ранее не используемого в промышленных целях. Кроме того, имеются данные по водному экстрагированию листьев софоры с применением электрического разряда, которые в нашем случае могут использоваться для сравнения как контрольные.

Проведение водной экстракции методом мацерации позволяет извлекать из софоры японской только 19,3% флавоноидов от общего количества экстрактивных веществ, поэтому традиционно экстрагирование осуществляют этиловым спиртом (этанолом) или его раствором. Это позволяет при использовании в качестве экстрагента 60%-ного раствора этанола довести содержание флавоноидов в экстрактах до 28,6%. Однако этиловый спирт относится к легковоспламеняющимся жидкостям, с высокой пожароопасностью этанола, характеризующейся низкой температурой вспышки. Температура кипения этанола составляет +78,3°C. Пары этилового спирта вредны для здоровья человека, и этанол более дорог, чем вода. Предельно допустимая концентрация спирта в воздухе составляет 1 мг/дм³.

Результаты и обсуждение. С целью подтверждения возможности замены этанола как более дорого и токсичного экстрагента на воду при экстрагировании под действием импульсного электрического поля высокой напряженности нами проведены исследования, позволяющие количественно оценить полноту извлечения биологически активных веществ этанолом различной концентрации и водой.

При лабораторных исследованиях процессов, свойственных экстрагированию сырья, использовали порционные камеры коаксиального исполнения объемом 500 мл. Для регистрации электрических параметров импульсных напряжений применен электронный осциллограф С8-13 с блоком памяти. Для подсчета числа импульсов, затраченных на обработку сырья, применялся частотомер ЧЗ-34.

Генератор позволял получать импульс напряжения колоколообразной формы амплитудой до 50 кВ, длительностью 0,2 мкс и фронтом импульса напряжения 0,1 мкс. Для выбора оптимальных параметров технологического процесса экстрагирования исследования проводились при варьировании соотношением фаз Т/Ж от 1/10 до 1/26, временем обработки, межэлектродным промежутком и напряженностью поля.

Предварительные исследования, проведенные при соотношении сырье-экстрагент Т/Ж = 1/13, в коаксиальной камере с межэлектродным промежутком R = 36,5 мм, напряженностью поля у высоковольтного электрода приблизительно 7 МВ/м, временем обработки 200 с, показали, что при водном экстрагировании с использованием импульсного электрического поля из листьев софоры японской извлекается 24,7% флавоноидов, что примерно на 3,9% меньше, чем позволяет 60%-ный этанол. Од-

нако при этом процесс сокращается примерно на 165 ч.

Таким образом, замена этилового спирта на воду позволит исключить из технологического процесса экстрагирования более дорогой и токсичный экстрагент, что сделает способ извлечения экологически чистым, менее трудоемким и экономически целесообразным и сократит продолжительность процесса почти на 7 сут.

Анализ распределения электрического поля показывает, что внутри диэлектрической среды при приложении импульсного электрического поля в областях расположения неоднородностей имеют место зоны повышенных напряженностей. При экстрагировании под воздействием электрического поля пористые частицы сырья, расположенные в воде, приобретают электрический заряд. Каждая частица растительного сырья, поры которой заполнены водой, представляет собой многослойный конденсатор, напряженность электрического поля в такой системе распределяется обратно пропорционально диэлектрическим проницаемостям слоев. Значение напряженности электрического поля в структуре растительного материала, имеющего диэлектрическую проницаемость $\epsilon_1 \approx 7$, на порядок выше, чем на участках, заполненных водой с диэлектрической проницаемостью $\epsilon_2 = 81$.

Под действием поля с напряженностью порядка 5 МВ/м, реализуемого в наших условиях, на границе раздела сред возникает пондеромоторная сила, которая, по данным литературы, оценивается величиной 50 ГН/м² [4]. Эта сила, направленная в сторону убывания диэлектрической проницаемости, действует на растяжение и разрыв пористой частицы ($\epsilon_2 > \epsilon_1$) и тем самым способствует проникновению экстрагирующей жидкости внутрь структуры сырья.

Был проведен анализ гранулометрического состава исходного сырья и сырья, подвергнутого обработке импульсным электрическим полем при описанных выше параметрах технологического режима, который показал, что под воздействием импульсного электрического поля происходит измельчение частиц. Количество частиц диаметром 5 мм уменьшилось на 4,5%, частиц диаметром 4 мм – на 3,9%; частиц 3 мм больше – на 2,6%, частиц 2 мм – на 5,3%, частиц 1 мм – на 0,5% (табл.).

Таблица

Гранулометрический анализ сырья

| Диаметр отверстия сита d, мм | Содержание частиц в сырье до обработки, % | Содержание частиц в сырье после обработки, % |
|------------------------------|---|--|
| 1,00 | 7,70 ± 0,10 | 8,20 ± 0,11 |
| 2,00 | 14,50 ± 0,25 | 19,80 ± 0,30 |
| 3,00 | 32,50 ± 0,21 | 35,10 ± 0,24 |
| 4,00 | 24,50 ± 0,30 | 20,60 ± 0,25 |
| 5,00 | 20,80 ± 0,35 | 16,30 ± 0,40 |

Измельчение частичек сырья можно объяснить действием сил, возникающих на границе раздела сред с разными диэлектрическими проницаемостями [8].

Нарушение структуры клетки после воздействия импульсного электрического поля иллюстрирует рисунок 2.

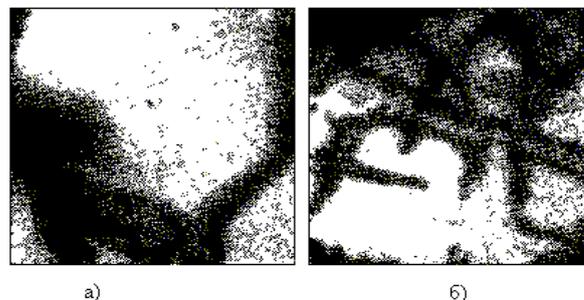


Рис. 2. Структура клетки:
а – в исходном состоянии;
б – после воздействия импульсного поля (увеличение 500х)

Для сопоставления полноты извлечения целевого компонента в процессе экстрагирования с наложением импульсного электрического поля и процесса экстрагирования без электроимпульсного воздействия были проведены сопоставительные эксперименты. Растительное сырье подвергалось экстрагированию водой при температурах в разных опытах от 30°C до 60°C с шагом 10°C (увеличение температуры выше 60°C нецелесообразно, так как возможна деструкция извлекаемых биологически активных компонентов). Увеличение температуры системы приводит к ожидаемому росту выхода целевого компонента и к увеличению скорости массобмена по сравнению с результатами, полученными при 18°C.

Этот же вид сырья из одной партии экстрагировали водой с наложением на систему импульсного электрического поля при температуре смеси 18°C. Эксперименты показали, что воздействие импульсного поля в процессе экстрагирования в течение 200 сек. приводит к увеличению температуры смеси с 18°C до 21°C, при этом количество экстрактивных веществ, перешедших в раствор, примерно соответствует количеству извлечений при экстрагировании без воздействия поля, но при температуре смеси 60°C.

Таким образом, экстрагирование под действием импульсного электрического поля и экстрагирование при температуре 60°C без воздействия поля дает близкие результаты по количеству извлеченных веществ, что подтверждается результатами измерения оптической плотности растворов фотокориметром.

В процессе экстрагирования сырья под воздействием импульсного электрического поля инициирующим фактором является не только увеличение температуры, в результате чего возрастает скорость

диффузии, но и измельчение частиц сырья, приводящее к увеличению поверхности массообмена.

В процессе исследований выявлено, что обработка воды импульсами напряжения амплитудой 20 кВ в течение 200 сек. приводит к снижению сил поверхностного натяжения, о чем свидетельствует изменение коэффициента поверхностного натяжения от 72,956 мН/м до 65,04 мН/м, измеренного стагмометром. Такая величина коэффициента поверхностного натяжения (65,043 мН/м) соответствует воде с температурой 66,4°C. Но в процессе обработки температура повысилась всего с 18°C до 21°C, при этой температуре коэффициент поверхностного натяжения воды равен 72,37 мН/м. Это позволяет сделать вывод, что воздействие импульсного электрического поля изменяет поверхностное натяжение воды, и очевидно, что причиной этому является разрыв водородных связей. Снижение поверхностного натяжения воды улучшает смачиваемость, растворимость содержимого клетки и облегчает диффузию извлекаемых веществ из сырья в экстрагент [9, 10]. С этой точки зрения, мы не видим ограничений по использованию других видов пористого растительного сырья для экстрагирования с применением импульсного электрического поля.

При обработке импульсным электрическим полем сырья, пропитанного водой, на полярные молекулы воды воздействуют силы, стремящиеся повернуть молекулы. В результате трения молекул при их перемещении выделяется теплота. Поэтому наличие в порах сырья воды является определяющим фактором повышения температуры смеси при воздействии внешнего электрического поля.

Для оценки степени нагрева смеси проведено моделирование распределения теплового поля методом конечных элементов в камере, заполненной частицами сырья и водой. Результаты позволяют количественно оценить разницу в тепловыделении в ткани растительного сырья и в каналах, содержащих воду.

Величина мощности, выделяющейся в ткани растительного сырья, колеблется в диапазоне (1,1...7,2) кВт/м³, а в порах, содержащих воду (1,3...7,5) кВт/м³. Эти данные согласуются с расчетами по известному уравнению, позволяющему рассчитать тепловую мощность, выделяющуюся в диэлектрике:

$$P = 50,55\varepsilon \cdot \operatorname{tg}\delta \cdot f \cdot E^2 \cdot 10^{-11} \text{ Вт/м}^3,$$

где ε – диэлектрическая проницаемость; $\operatorname{tg}\delta$ – тангенс угла диэлектрических потерь; f – частота поля; E – напряженность поля.

Наибольшее влияние на количество выделенной теплоты оказывают величина диэлектрической проницаемости вещества, напряженность электрического поля и его частотная характеристика.

Анализ процессов нагрева под воздействием электрического поля высокой напряженности при частотах, соответствующих частотной характеристике, применяемого при экстрагировании биоло-

гически активных соединений импульса, подтверждает различие в диэлектрическом нагреве воды и частиц сырья.

Применение импульсного электрического поля для водного извлечения флавоноидов из листьев софоры японской позволяет сократить длительность процесса по сравнению с процессом их экстрагирования этиловым спиртом примерно на 7 сут., при этом степень их извлечения уменьшается незначительно (примерно на 3,9% меньше, чем позволяет 60%-ный этанол).

Сокращение длительности процесса при применении импульсного электрического поля происходит в результате действия таких факторов, как измельчение сырья, нарушение структуры растительных клеток, некоторое повышение температуры системы и снижение поверхностного натяжения воды.

Проведенные эксперименты показали целесообразность промышленного использования технологии импульсного электрического экстрагирования целевых компонентов из растительного сырья, поскольку она позволяет существенно сократить длительность процесса, заменить этиловый спирт на воду, а в сравнении с процессом электроразрядного экстрагирования – получать более чистый экстракт.

Библиографический список

1. Ломачинский В.А. Научное обоснование эффективных экстракционных технологий переработки растительного сырья: Автореф. ...дисс. д-ра техн. наук. М.: МГТА, 2002. 61 с.
2. Рудобашта С.П., Казуб В.Т., Борисов А.Г. Влияние режимных параметров процесса на кинетику электроразрядного экстрагирования целевого компонента из растительного сырья // Хранение и переработка сельхозсырья. 2006. № 12. С. 27–30.
3. Казуб В.Т., Кошкарова А.Г. Использование электроразрядной технологии для извлечения биологически активных компонентов // Пути развития науки и образования в современных условиях: Материалы Международного симпозиума. Сочи, 2013. С. 202–206.
4. Казуб В.Т., Соловьева Е.В. Кинетика процессов экстрагирования полисахаридов под воздействием электрических разрядов // Материалы XV Международной науч.-практ. конф. «Социально-экономическое развитие российских регионов в условиях модернизации», 24–26 сентября 2011 г., Белек (Турция). Пятигорск, 2011. С. 213–220.
5. Казуб В.Т. Кинетика и основы аппаратурного оформления процессов электроразрядного экстрагирования биологически активных соединений: Автореф. ...дисс. д-ра техн. наук. Тамбов: ТГТУ, 2002. 32 с.
6. Казуб В.Т. Интенсификация процессов экстрагирования импульсным электрическим полем высокой напряженности / В.Т. Казуб, А.Г. Кошкарова // Вестник ТГТУ. 2014. Т. 20. № 3. С. 496–501.

7. Способ экстрагирования биологически активных соединений из растительного сырья: Пат. № 2200022 РФ. МКИ А61К35/78 / В.Т. Казуб, Н.В. Криворотов, Ю.Н. Кудимов, Е.В. Голов; заявл. 19.07.99; опубл. в БИ. № 7. 2003.

8. Губкин А.Н. Физика диэлектриков. М. «Высшая школа», 1971. 272 с.

9. Казуб В.Т., Кошкарлова А.Г. Моделирование гидродинамических потоков методом электрогидродинамической аналогии // Математическая физика и ее приложения: Материалы Междунар. молодежной научн. конф. 28–30 июня 2012 г., Пятигорск. 2012. Т. 3. С. 152–155.

10. Казуб В.Т. Определение скорости продвижения экстрагента в растительный материал при его набухании / В.Т. Казуб, А.Г. Кошкарлова // Вестник ТГТУ. 2014. Т. 20. № 4. С. 773–779.

11. Kazub V.T., Orobinskaya V.N., Konovalov D.A. The influence of biologically active substances of non traditional plants on the biochemical processes in human body. The Second International Conference on Eurasian scientific development, Austria, Viena. 26th May. 2014. P. 77–83.

Статья поступила 20.04.2016

AQUEOUS EXTRACTION OF RAW MATERIALS IMPACTED BY HIGH INTENSITY PULSED ELECTRIC FIELD

STANISLAV P. RUDOBASHTA, DSc (Eng), Professor¹

E-mail: rudobashta@mail.ru

VALERY T. KAZUB, DSc (Eng), Professor²

E-mail: bukva46@mail.ru

ANNA G. KOSHKAROVA, Lecturer²

E-mail: vip.any@yandex.ru

¹ Russian State Agrarian University - Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev, Timiryazevskaya str., 55, Moscow, 127550, Russian Federation

² Pyatigorsk Medical Pharmaceutical Institute – Branch of Volgograd State Medical University, Kalinina ave., 11, Pyatigorsk, 357500, Russian Federation

The technology based on the impact of high intensity pulsed electric field on an object has significant advantages over traditional methods and reduces the probability of metallic impurities appearing in the final product as compared with the process of electric discharge extraction. Theoretical and experimental studies of the aqueous extraction of bioactive compounds by high intensity pulsed electric field have revealed the main factors affecting the intensification of extracting water-soluble compounds. Under the influence of the field with an intensity of about 5 MV/m implemented in our case with bell-shaped voltage impulse with an amplitude of up to 50 kV, the duration of 0,2 mks, and the voltage pulse front of 0,1 mks, a ponderomotive force directed towards the dielectric permittivity decreasing is developed at the environment interface. The force leads to stretching and rupturing of porous particles, and thus facilitates the penetration of extracting liquid inside the raw material structure. It has been revealed that the water treatment with voltage pulses with an amplitude of 20 kV for 200 seconds reduces the surface tension forces, as indicated by the change of the surface tension from 72.956 mN/m to 65.04 mN/m. The experiments have proved the industrial use feasibility of the pulsed electric extraction of target components from vegetable raw materials, because it reduces the processing time for about 7 days, and power inputs by 10 times, provides for ethanol replacing with water, and, to obtain more pure extract, as compared with electric extraction.

Key words: aqueous extraction, pulsed electric field, high intensity, dielectric permittivity, comminution, surface tension.

References

1. Lomachinskiy V.A. Nauchnoe obosnovanie effektivnykh ekstraktsionnykh tekhnologiy pererabotki rastitel'nogo syr'ya [Scientific grounds for effective extraction technologies of processing vegetable raw

materials]. Self-review of DSc (Eng) thesis. Moscow, 2002. 61 p.

2. Rudobashta S.P., Kazub V.T., Borisov A.G. Vliyanie rezhimnykh parametrov protsessa na kinetiku elektrorazryadnogo ekstragirovaniya tselevogo komponenta iz rastitel'nogo syr'ya [Influence of operating

process parameters on the kinetics of electric extraction of target components from plant materials]. Storage and Processing of Agricultural Raw Materials. 2006. Issue 12. Pp. 27–30.

3. Kazub V.T., Koshkarova A.G. Ispol'zovanie elektrorazryadnoy tekhnologii dlya izvlecheniya biologicheskikh aktivnykh komponentov [Use of discharge technology to extract biologically active components] // Ways of scientific and education development in modern conditions: Proceedings of the International Symposium. Sochi, 2013. Pp. 202–206.

4. Kazub V.T., Solovyova Ye.V. Kinetika protsessov ekstragirovaniya polisakharidov pod vozdeystviem elektricheskikh razryadov [Kinetics of extraction of polysaccharides under the influence of electrical discharges] // Proceedings of XV International Scientific Practical Conference. "Social-and-economic development of Russian regions in terms of modernization" 24–26 September 2011. Belek (Turkey). Pyatigorsk, 2011. Pp. 213–220.

5. Kazub V.T. Kinetika i osnovy apparaturnogo oformleniya protsessov elektrorazryadnoy ekstragirovaniya biologicheskikh aktivnykh soedineniy [Kinetics and basics of implementation of electric extraction of biologically active compounds]: Self-review of DSC (Eng) thesis. Tambov: TSTU, 2002. 32 p.

6. Kazub V.T. Intensifikatsiya protsessov ekstragirovaniya impul'snym elektricheskim polem vysokoy napryazhennosti [Intensification of extracting processes with a high intensity pulsed electric field] / V.T. Ka-

zub, A.G. Koshkarova // TSTU Vestnik. 2014. Vol. 20. Issue 3. Pp. 496–501.

7. Sposob ekstragirovaniya biologicheskikh aktivnykh soedineniy iz rastitel'nogo syr'ya [The method of extraction of bioactive compounds from plant materials]: Patent № 2200022 RF. ICI A61K35/78 // V.T. Kazub, N.V. Krivorotov, Yu.N. Kudimov, E.V. Golov; Applied on 19.07.99. Published in IB Issue 7 in 2003.

8. Gubkin A.N. Fizika dielektrikov [Physics of dielectrics]. Moscow. Vysshaya shkola. 1971. 272 p.

9. Kazub V.T., Koshkarova A.G. Modelirovanie gidrodinamicheskikh potokov metodom elektrogidrodinamicheskoy analogii [Modelling of hydrodynamic flows by an electrohydrodynamic analogy method] // Mathematical physics and its applications: Proceedings of International Youth Scientific Conference. 28–30 June, 2012. Pyatigorsk. 2012. Pp. 152–155.

10. Kazub V.T. Opredelenie skorosti prodvizheniya ekstragenta v rastitel'nyy material pri ego nabukhanii [Determination of the feed-up rate of swollen extracting plant material] / V.T. Kazub, A.G. Koshkarova // TSTU Vestnik. 2014. Vol. 20. Issue 4. Pp. 773–779.

11. Kazub V.T., Orobinskaya V.N., Kononov D.A. The influence of biologically active substances of non-traditional plants on the biochemical processes in human body. The Second International Conference on Eurasian scientific development, Austria, Vena. 26th May. 2014. P. 77–83.

Received on April 20, 2016

УДК 631.354.2

АЛДОШИН НИКОЛАЙ ВАСИЛЬЕВИЧ, докт. техн. наук¹

E-mail: cxm.msau@yandex.ru

ЗОЛОТОВ АЛЕКСАНДР АНИСИМОВИЧ, канд. техн. наук, профессор¹

E-mail: zolotov46@mail.ru

АЛАДЬЕВ НИКОЛАЙ АЛЕКСЕЕВИЧ, инженер¹

E-mail: cxm.msau@yandex.ru

ЛЫЛИН НИКОЛАЙ АЛЕКСЕЕВИЧ, инженер¹

E-mail: lylin2015@yandex.ru

¹ Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, ул. Тимирязевская, 49, Москва, 127550, Российская Федерация

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОВРЕЖДАЕМОСТИ И ВСХОЖЕСТИ БЕЛОГО ЛЮПИНА В ЛАБОРАТОРНЫХ УСЛОВИЯХ

Раскрыли проблему производства растительного белка путем расширения производства белого люпина. Рассмотрели лабораторные методы определения макро и микроповреждений зерна белого люпина. Представили лабораторную установку, имитирующую молотильное устройство и позволяющую оценить зависимость повреждаемости зерна от скорости молотильного барабана. Показали, что с увеличением ско-