

**ДИНАМИКИ УДАЛЕНИЯ ВОДЫ ИЗ РАСТИТЕЛЬНОГО СБОРА ЖЕЛЧЕГОННОГО  
ДЕЙСТВИЯ ПРИ ИНФРАКРАСНОМ ОБЛУЧЕНИИ ПРИ 105° С**

**В.Н. Зеленков<sup>1,2</sup>, А.А. Лапин<sup>3</sup>, Е.В. Ферубко<sup>1</sup>, Т.Д. Даргаева<sup>1</sup>**

*Всероссийский научно-исследовательский институт лекарственных и ароматических растений,  
Москва, Россия*

<sup>2</sup> *Всероссийский научно-исследовательский институт овощеводства – филиал Федерального научный  
центр овощеводства, Московская область, Россия*

<sup>4</sup> *Казанский энергетический университет, Казань, Россия*

Применение лекарственных растений имеет широкие перспективы использования особенно в комплексном лечении заболеваний гепатобилиарной системы, так как они обладают низкой токсичностью, мягкостью действия и редким возникновением аллергических реакций [1, 2]. Нами разработан состав желчегонного средства: цветки бессмертника песчаного (*Helichrysum arenarium* L.), цветки пижмы обыкновенной (*Tanacetum vulgare* L.), плоды шиповника (*Rosa* sp.), листья крапивы двудомной (*Urtica dioica* L.), листья мяты (*Mentha piperita* L.), корни солодки (*Glycyrrhiza glabra* L.).

Настительные сборы характеризуются конечными показателями по остаточной влажности, которые являются статическими показателями качества при стандартизации при высушивании исходных компонентов. Конечная остаточная влажность в соответствии с XIV изд. Государственной Фармакопее Российской Федерации не должна превышать 13 % [3]. Изучение закономерностей изменения остаточной влажности в процессе последующего досушивания сборов, вплоть до практически до абсолютно сухого образца, на наш взгляд, позволяет в динамике оценить закономерности взаимосвязи воды со специфичностью химического состава лекарственного сбора, несмотря на всю его многокомпонентность.

Цель данной работы – изучение особенностей обезвоживания растительного сбора желчегонного действия при инфракрасном облучении при 105° С.

**МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ**

В качестве объектов исследований использовали сбор для лечения заболеваний гепатобилиарной системы следующего состава: цветки бессмертника песчаного – 300 г., цветки пижмы обыкновенной – 100 г., плоды шиповника – 100 г., листья крапивы двудомной – 100 г., листья мяты – 50 г., корни солодки – 50 г. и входящие в него растения. Исходное сырье измельчали и смешивали в кофемолке с последующим просевом через сито диаметром 1–2 мм. Для анализа брали пробы по 2,5 г. Растения взяты из биологической коллекции ФГБНУ ВИЛАР.

Динамики обезвоживания получали, определяя массу образцов во времени сушки при непрерывном взвешивании на анализаторе влажности MX-50 (A&D Company, Япония). Сушку проводили при 105°С с использованием инфракрасного излучателя. Проведение эксперимента после начала сушки проводили в контролируемом режиме с использованием автоматической записи данных по остаточной влажности образцов (с временным шагом в 10 сек) на компьютере, с последующей их обработкой. В построении графиков изменения остаточной влажности во времени использовали до 50 экспериментальных измерений. Исходное сырье измельчали и смешивали в кофемолке с последующим просевом через сито диаметром 1–2 мм. Для анализа брали пробы по 2,5 г.

**РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ**

На рисунке 1 приведена динамика сушки при 105°С сбора желчегонного действия. Кривую обезвоживания можно описать логарифмической зависимостью остаточной влажности от времени обезвоживания, что аппроксимируется с достоверностью 0,9826, т. е. с высокой надежностью. Однако, это не дает понимание сущности процесса удаления воды, поскольку сглаживание участков кривой при удалении воды, по-разному связанной с исследуемым материалом, сглаживает и переход от одного временного участка удаления воды с определенным значением энергии связи с химическими компонентами и порошкообразной структурой материала образца к другому участку, с другим энергетическим уровнем взаимодействия воды с другими химическими компонентами в структуре порошкообразного образца. Наши исследования по изучению динамик обезвоживания растительных образцов различной природы, показали [3, 4], что кривые обезвоживания можно описать 4-мя прямолинейными участками и уравнениями линейной регрессии с высокой степенью аппроксимации.

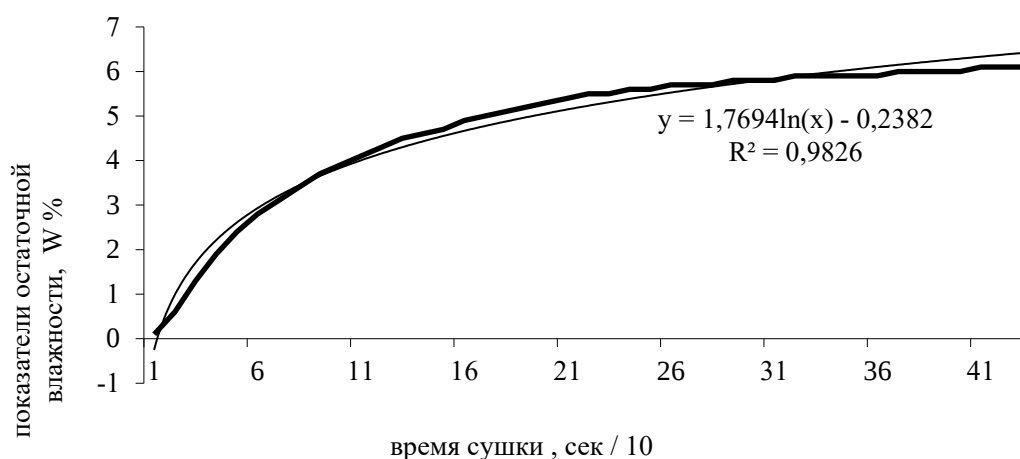


Рисунок 1 – Динамика ИК-сушки лекарственного сбора желчегонного действия при 105 °С

Анализ кривой обезвоживания исследуемого растительного сбора желчегонного действия позволил также выделить 4 линейных участка на приведенной кривой, переходы между которыми являются переходами от одного энергетического уровня удаления воды к другим уровням, более высоким по энергии связей воды в структуре и физико-химической сущности исследуемого растительного материала (рис. 2). Каждый участок со 2-го по 4-й извлечен из кривой обезвоживания для удобства анализа и сравнения с единым отсчетом времени начиная от нулевой точки оси ординат.

Наклон каждого участка соответствует тангенсу угла наклона участка с временной осью ординат и в уравнении линейной регрессии соответствует коэффициенту  $a$  первого члена уравнения.

Как видно из рис. 2 наблюдается высокая достоверность аппроксимации результатов обезвоживания 4-мя линейными участками с соответствующими уравнениями линейной регрессии, характеризующими скорости обезвоживания на каждом участке (тангенс угла наклона линейного участка к оси времени) и достоверность соответствия этой модели экспериментальным данным.

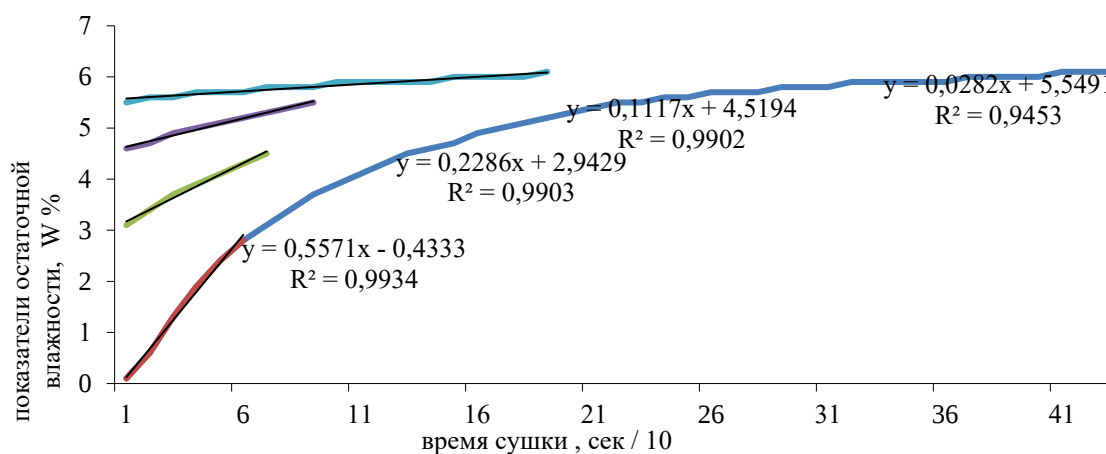


Рисунок 2 – Динамика ИК-сушки при 105° С лекарственного сбора желчегонного действия с разбивкой кривой на 4 прямолинейных участка

Для первого, второго и третьего участков сушки достоверность аппроксимации экспериментальных результатов уравнениями линейной регрессии составила 0,9934, 0,9903, 0,9902, соответственно, а для 4-го участка – 0,9453. Снижение достоверности для 4-го участка обезвоживания, вероятно, связано с тем, что несмотря на длительность времени нахождения образца при 105° С, недостаточно подведенной энергии для полного и абсолютного удаления воды из образца по причине ее сильного химического взаимодействия с молекулами некоторых химических соединений в которых молекулы воды образуют прочные химические связи и входят в состав структур химических соединений, например моносахаров и органических кислот, для которых требуются температуры более 105° С для полного удаления воды.

Количественные характеристики динамики обезвоживания растительного сбора можно отобразить диаграммой их влагосодержания и скоростей обезвоживания (рис. 3, 4) на основе расчетов по линейным участкам удаления воды.

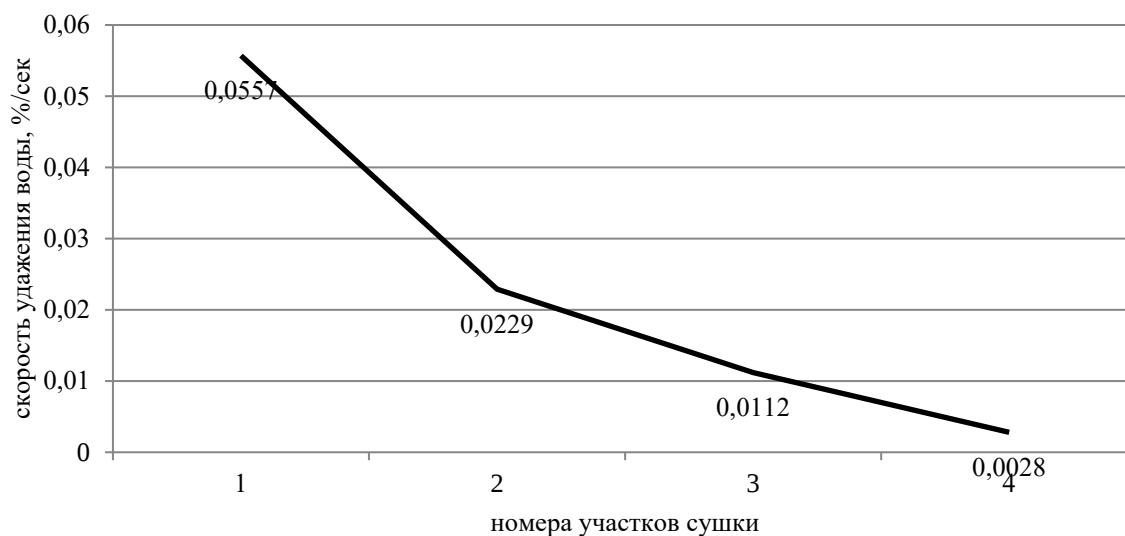


Рисунок 3 – Диаграмма скоростей удаления воды по участкам ИК-сушки лекарственного сбора желчегонного действия при 105° C

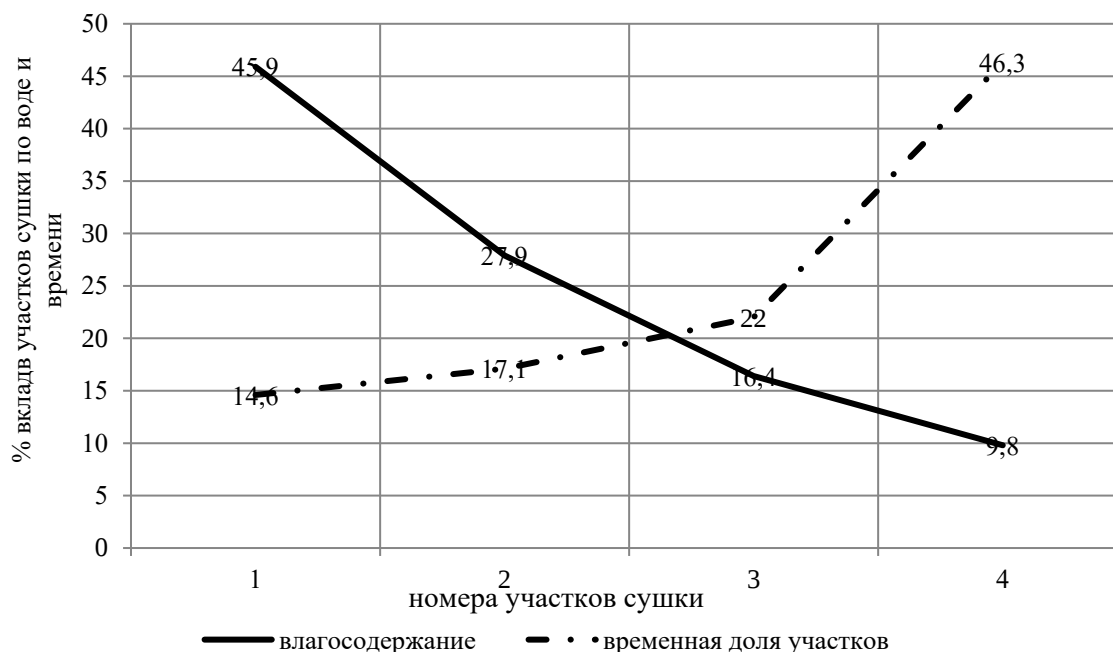


Рисунок 4 – Диаграммы значений влагосодержания и долевого вклада в сушку по времени удаления воды для 4-х участков ИК-сушки лекарственного сбора при 105° C

Под влагосодержанием будем понимать процент содержания воды, характерным для каждого участка обезвоживания относительно общего содержания воды и выраженного в процентах. В зависимости от энергии взаимодействия молекул воды с химическими компонентами в структуре порошкообразной формы образца линейности участков являются следствием наличия 4-х видов ее взаимодействия с химическими компонентами составляющими основу растительного сбора. На первом этапе удаления воды происходит ее переход в парообразное состояние. Это начальный период

сушки с преимущественно удалением свободной воды (слабосвязанной с химическими компонентами и структурой частиц образца). И в начале сушки мы наблюдаем небольшой (по времени сушки) участок обезвоживания с высокой начальной скоростью 0,056 % / сек с временным интервалом в 14,6 % от всего периода сушки при влагосодержании в 45,9 % от общего количества удаленной воды. Для простоты дальнейшего описания назовем это фракцией 1, соответствующей участку динамики сушки для участка 1. Далее идет обезвоживание через структуру порошкообразной композиции растительного сбора связанной воды фракции 2 с постоянной скоростью процесса удаления молекул воды 0,023 %/сек., содержание которой в образце составляет 27,9 % и долей по времени обезвоживания 17,1 %. Это обезвоживание по второму механизму, что характерно для второго линейного участка в графическом описании динамики процесса. После удаления молекул воды этого уровня энергетики, наблюдается выход на 3-й участок обезвоживания со снижением скорости до 0,0112 % / сек, что характерно для воды фракции 3 в динамике обезвоживания, составляющей по влагосодержанию и времени обезвоживания 16,4 % и 22,0 %, соответственно.

Переход к 4-му участку характеризуется реализацией процесса удаления воды с высоким энергетическим взаимодействием и характерен для воды фракции 4. Этот участок имеет самую низкую скорость удаления воды – 0,0028 % / сек, что меньше скоростей относительно 1-го, 2-го и 3-го участков в 20,4, 8,2 и 3,9 раза, соответственно.

Выделение в динамике обезвоживания растительного сбора желчегонного действия 4-х фракций воды на основе анализа 4-х линейных участков, по мнению авторов, позволит в дальнейшем связать эти фракции воды с химическими компонентами, составляющими конкретный лекарственный сбор. Один из путей реализации этого подхода является введение в эксперимент химических соединений – маркеров и экспериментальным определением их динамик сушки.

### ВЫВОДЫ

Таким образом, обработка экспериментального материала динамики сушки по предложенному алгоритму позволяет определить характерный профиль энергетики различного уровня взаимодействия удаляемой воды при ИК-энергоподводе для конкретного растительного сбора с получением его количественной характеристики по скоростям удаления воды, влагосодержанию по каждому участку скоростей и вклада времени сушки по каждому участку относительно всего периода обезвоживания. Это, возможно, позволит количественно характеризовать образцы растительных сборов в зависимости от их составляющих компонентов.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Лекарственные растения, возделываемые в России/ И.Д. Семенихин, В.И. Семенихин. – М, 2013, 240 С.
2. Лекарственные средства из растений (опыт ВИЛАР): научное издание/ С.А. Вичканова, В.К. Колхир, Т.А. Сокольская, И.В. Воскобойникова, В.А. Быков. – М.6 АДРИС, 2009. – 432 с.
3. Государственная Фармакопея Российской Федерации XIV изд. – М., 2018. Режим доступа: <https://pharmacosocia.ru/gosudarstvennaya-farmakopeya-14-izdaniya/>
4. Зеленков В.Н., Лапин А.А., Поляков А.В. Особенности динамики обезвоживания разных сортов чеснока отечественной и зарубежной селекции при инфракрасной сушке. Нетрадиционные природные ресурсы, инновационные технологии и продукты: Сборник научных трудов. Выпуск 23 – М.: РАЕН, 2016. С. 109–115.
5. В.Н. Зеленков, Е.В., Ферубко, Т.Д. Даргаева. Анализ динамик удаления воды из растительного сбора гепатопротективного действия при инфракрасном излучении при досушивании образцов. / Сборник трудов II Международной научной конференции «Роль метаболизма в совершенствовании биотехнологических средств производства». – М.: ВИЛАР, 2019. С. 267–273.