

УДК 630\*232.32

DOI: 10.17238/issn0536-1036.2016.4.30

## ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ДРАЖИРОВАННЫХ СЕМЯН С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОМПОЗИЦИОННЫХ ПОЛИМЕРНЫХ ПРЕПАРАТОВ

*В.В. Копытков<sup>1</sup>, канд. с.-х. наук, доц.*

*В.Н. Коновалов<sup>2</sup>, д-р с.-х. наук, проф.*

<sup>1</sup>Институт леса Национальной академии наук Беларуси, ул. Пролетарская, д. 71, г. Гомель, Республика Беларусь, 246001; e-mail: korvo@mail.ru

<sup>2</sup>Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова, наб. Северной Двины, д. 17, г. Архангельск, Россия, 163002;

e-mail: v.konvalov@narfu.ru

Для разработки технологии получения дражированных семян и последующего их применения в лесопитомническом хозяйстве необходимо провести исследования по выбору ингредиентов и оптимизации соотношений композиционных полимерных составов и целевых добавок. Это позволит более рационально использовать дорогостоящие семена и в полном объеме обеспечит посадку леса стандартным посадочным материалом. Исследовали семена сосны обыкновенной первого–третьего классов качества. Масса 1000 шт. семян варьировала от 6,35 до 7,83 г, чистота – от 96,0 до 99,1 %. Лабораторные исследования по определению всхожести и энергии прорастания дражированных семян хвойных пород осуществлены по разработанной нами методике. Использовали пластмассовые растильни и двойную гофрированную фильтровальную бумагу. Высота одного зубца гофрированной фильтровальной бумаги составляла (20±1) мм. Оптимальные значения концентраций ингредиентов полимерного состава для максимальных значений влагоудерживающей способности и прочности при разрыве различны. Сопоставление коэффициентов значимости позволило определить следующие оптимальные соотношения компонентов в полимерной композиции, мас. %: растительные полисахариды на основе сосны – 62...70; натриевая соль карбоксилметилцеллюлозы – 7...12; сапропель – 5...9; вода. Наилучшие показатели качества полученных дражированных семян зафиксированы на вариантах с совместным использованием растительных полисахаридов с размером частиц 350...400 мкм. Прочность гранул дражированных семян при сжатии таких фракций была максимальной и составила 34...37 Н. Анализируя полученные опытные партии дражированных семян на этих вариантах опыта, можно отметить, что практически 100 % семян имеют оптимальный равномерный размер гранул, их прочность (20...30 Н) позволяет использовать подобные семена при механизированном посеве в лесных питомниках для выращивания посадочного материала.

*Ключевые слова:* дражирование семян, технология, композиционные препараты, всхожесть.

### *Введение*

При выращивании стандартного посадочного материала для лесного хозяйства большое значение имеет предпосевная обработка семян. Дражирование

семян – один из перспективных способов подобной обработки, которая представляет собой заключение семян в оболочку из органоминеральных материалов, полимерных связующих и целевых добавок. Подготовка различных семян методом дражирования известна давно [2, с. 17; 4, с. 10]. Наибольшее распространение технология дражирования получила при обработке семян сельскохозяйственных культур. Современные технологии дражирования семян основаны на физических, химических и физиологических процессах, учитывают мембранные механизмы и используют нанотехнологии. Для успешного роста и развития сеянцев необходимо обеспечить семена сбалансированным питанием, а также микроэлементами и влагой.

Дражирование семян лесных древесных и кустарниковых пород решает проблему их заболеваемости и гибели при неблагоприятных почвенно-климатических и экстремальных условиях. При посеве дражированных семян создаются наиболее благоприятные условия для прорастания и начального развития растений. Семена сорных растений оказываются в худших условиях, и поэтому появившиеся раньше сеянцы лесных пород занимают лидирующее положение и не дают развиваться сорнякам. Дополнительное стимулирование на начальном этапе роста сеянцев и значительный эффект от дражирования можно получить при введении в полимерный состав целевых добавок. При получении дражированных семян большое значение имеет состав полимерной композиции для покрытия семян. В качестве клеящего вещества для дражирования семян используют различные полимеры. Оптимальным препаратом для получения дражированных семян являются композиции, включающие полимерные связующие и целевые добавки [6, с. 6]. В качестве полимерного связующего используют мочевиноформальдегидные соединения и полифосфаты, водные растворы солей, а также поливинилацетата и др. Такое покрытие на семенах является не только источником элементов питания пролонгированного действия, но и оказывает мелиорирующее действие на почву. В качестве целевых добавок используют различные органоминеральные вещества, стимуляторы роста, фунгициды и микроэлементы.

Для условий Беларуси наиболее доступным сырьем являются композиции на основе натриевой соли карбоксиметилцеллюлозы и поливинилового спирта, растительных полисахаридов, стимуляторов роста, торфа, глины, фунгицидов и др. Данные материалы обладают хорошей адгезией к поверхности семян. Это позволяет увеличить выход качественных дражированных семян и уменьшить количество целевых добавок при самом процессе дражирования. Выбор целевых добавок должен быть строго дифференцирован с учетом почвенно-климатических условий, сроков посева и конкретного вида семян. Для южных районов Беларуси целевые добавки должны обладать максимальной гигроскопичностью. Особые требования должны предъявляться и к водородному показателю всей дражирующей массы. Дражирующая масса для хвойных пород должна иметь водородный показатель pH 4,5...5,5 [9, с. 12].

Исследования по выбору ингредиентов и оптимизации соотношений композиционных полимерных составов и целевых добавок необходимы для разработки технологии получения дражированных семян при последующем их применении в лесопитомническом хозяйстве. Это позволит более рационально использовать дорогостоящие семена и в полном объеме обеспечить посадку леса стандартным посадочным материалом.

*Методика исследований*

Разработка композиционных полимерных составов с различными целевыми добавками для дражирования семян хвойных пород проводилась путем сочетания компонентов различных концентраций и природы. Для исследования была использована натриевая соль карбоксиметилцеллюлозы, а также природные вещества различных фракций и целевые добавки (торф, сапрпель, глина, песок, растительные полисахариды, органоминеральные удобрения и стимуляторы роста).

Изучение структуры композиционных полимерных препаратов для дражирования семян проводили методом ИК спектроскопии на спектрофотометре «Nicolet 2400» в Институте леса НАН Беларуси и спектрометре Nicolet 5700 FT-IR в Институте механики металлополимерных систем им. В.А. Белого НАН Беларуси. Оптическую плотность характеризовали интенсивностью поглощения ( $D$ ), которую определяли методом базовой линии. В качестве характеристических полос использовали полосу  $3350\text{ см}^{-1}$ , которую можно отнести к внутримолекулярным водородным связям, и полосы  $3405$  и  $3305\text{ см}^{-1}$ , относящиеся к межмолекулярным водородным связям [3, с. 22; 10, с. 74]. Реологические свойства разработанных составов исследовали на ротационном вискозиметре «РЕОТЕСТ 2.1» в режиме постоянных скоростей сдвига в диапазоне  $3...1312\text{ с}^{-1}$  с рабочим узлом типа «цилиндр–цилиндр» в интервале температур  $18...50\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Определение влагоудерживающей способности проводили весовым методом на аналитических весах ВЛР-200 второго класса точности [1, с. 4].

Использовали семена сосны обыкновенной первого–третьего классов качества. Масса 1000 шт. семян варьировала от 6,35 до 7,83 г, чистота – от 96,0 до 99,1 %. Лабораторные исследования по определению всхожести и энергии прорастания дражированных семян хвойных пород осуществляли по разработанной нами методике. Использовали пластмассовые растильни и двойную фильтровальную бумагу, которую гофрировали вручную. Высота одного зубца гофрированной фильтровальной бумаги составляла  $(20\pm 1)$  мм. Дражированные семена помещали на дно гофрированной фильтровальной бумаги с расстоянием 4...5 мм друг от друга. Выравненность дражированных семян по размеру определяли путем использования решет с диаметром ячеек 2,0...6,0 мм. Для определения содержания драже с поврежденной оболочкой и дробленых драже просматривали 3 пробы по 100 драже. Наличие количества семян в драже определяли путем раздавливания 3-х проб по 50 драже. За результат испытания

принимали среднее арифметическое результатов 3-х проб по 50 драже. Использовали разработанную методику определения прочности дражированных семян, которая основана на взаимозависимости максимального эквивалентного напряжения и жесткости гранул.

Полученные результаты исследований обработаны методами математической статистики, оптимизация составов выполнена с применением симплекс-решетчатого метода планирования эксперимента [5, с. 145; 11, с. 373].

#### *Результаты исследований*

В Институте леса НАН Беларуси совместно со специалистами Института механики металлополимерных систем им. В.А. Белого НАН Беларуси проведены научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы по разработке экспериментальных и опытных установок грануляторов и композиционных полимерных составов для получения дражированных семян. Разработан гранулятор шнекового типа и органоминеральная композиция с целевыми добавками для получения гранул. Нарботанные опытные партии гранулированных семян использовались для создания лесных культур в период с 1990 г. по 1992 г. в Гомельском государственном производственном лесохозяйственном объединении на землях с повышенным уровнем радиоактивного загрязнения способами автосева и аэросева. Лесные культуры были созданы на площади более 2 тыс. га. Лесоводственная эффективность создания лесных культур методом аэросева составила 43 %, автосева – 100 % [7, с. 133].

Различные виды наполнителя при гранулировании семян сосны обыкновенной оказывают неодинаковое влияние на биометрические показатели гранул. Наибольшая длина гранул получена на варианте с торфом ( $7,7 \pm 0,3$  мм), наименьшая – с сапропелем ( $7,4 \pm 0,2$  мм). Различное соотношение торфа и сапропеля в композиции оказывает влияние не только на длину, но и на диаметр гранул. Диаметр гранул находится в пределах от 3,9 до 5,9 мм, масса одной гранулы – от 13,0 до 15,4 г.

Однако получение гранулированных семян шнековым методом имеет два существенных недостатка: 1-й – в одной грануле может находиться различное количество семян (от 1 до 3 шт.); 2-й – масса одной гранулы варьирует от 2 до 5 г, что приводит к дополнительному расходованию органоминеральных веществ и целевых добавок.

Существенное влияние на качество используемых дражированных семян имеет размер частиц всех компонентов покрытия. Поэтому перед дражированием компоненты измельчали до 300...600 мкм и сепарировали. Питательные вещества и целевые добавки драже обеспечивают семена на начальном этапе роста достаточным количеством влаги, и растения обладают более мощной корневой системой и надземной частью. При дражировании семян доза и соотношение целевых добавок зависят от биологических особенностей древесных и кустарниковых пород, а также от природы компонентов смесей

и их концентраций. Установлено, что повышенные дозы целевых добавок оказывают ингибирующее действие на процессы прорастания семян, снижают лабораторную всхожесть или могут вызывать гибель всходов.

Важным критерием при посеве дражированных семян является определение концентрации ингредиентов в дражирующем составе в целях получения драже с максимальной влагоудерживающей способностью и прочностью. Такую оптимизацию проводили с каждой новой партией компонентов, так как свойства природных полисахаридов (в частности древесных опилок из сосны, дуба и березы) зависят от условий местопрорастания растений и климатических факторов.

Изучено влияние концентрации растительных полисахаридов на условную вязкость растворов с содержанием натриевой соли карбоксиметилцеллюлозы порядка 5...8 %. Анализ позволил установить резкое возрастание вязкости независимо от природы используемого растительного полисахарида, что можно объяснить хорошей структурирующей способностью выбранных наполнителей. Наибольшая условная вязкость наблюдалась в полимерных составах, где в качестве источника растительного полисахарида использовали древесную муку на основе сосновых опилок. Данный наполнитель содержит большее количество химически активных элементов (благодаря наличию различных смол), наибольшее количество органических веществ, которые способны эффективно взаимодействовать с другими компонентами составов.

При введении различного рода источников растительных полисахаридов влагоудерживающая способность изменяется. Для сравнительного анализа нами были исследованы различные составы с одинаковым содержанием растительных полисахаридов (5 мас. %) при относительной влажности воздуха 85 %. Экспериментальные данные свидетельствуют, что спустя 30 ч после начала эксперимента из составов как на основе одного водорастворимого полимера, так и одного растительного полисахарида испарилось около 90 % влаги, в то время как из составов с растительным полисахаридом древесная мука–береза испарилось 60 %, древесная мука–дуб – 67 %, древесная мука–сосна – 58 %.

В ИК-спектрах пленок обнаружено снижение, в зависимости от времени экспозиции, интенсивности пиков поглощения, соответствующих гидратированному полисахаридному компоненту (при 3355...3450 см<sup>-1</sup>, 1650 и 1000...1150 см<sup>-1</sup>), и увеличение интенсивности поглощения в областях спектра, отвечающих окислительным формам полимера.

Сочетание в композиции наполнителя – источника растительного полисахарида и водорастворимого полимера значительно увеличивает влагоудерживающую способность, так как все компоненты органической части по своей природе гидрофильны и способны интенсивно сорбировать влагу. В результате частичного испарения влаги макромолекулы водорастворимых полимеров

приобретают более компактную конформацию и, благодаря пленкообразующей способности и высокой адгезии последних, закупоривают поры, что, по-видимому, и препятствует испарению влаги.

Условия, позволяющие наиболее информативно определить функции откликов, были определены на основе анализа графических зависимостей. Оптимальные значения концентраций ингредиентов полимерного состава для максимальных значений влагоудерживающей способности и прочности при разрыве различны. Сопоставление коэффициентов значимости позволило определить следующие оптимальные соотношения компонентов в полимерной композиции, масс. %) [8, с. 2]: растительные полисахариды на основе сосны – 62...70; натриевая соль карбоксилметилцеллюлозы – 7...12; сапропель – 5...9; вода.

Наилучшие показатели качества полученных дражированных семян зафиксированы на вариантах с совместным использованием источников растительных полисахаридов с размером частиц 350...400 мкм. Прочность гранул дражированных семян при сжатии при таких фракциях была максимальной и составила 34...37 Н. Анализируя полученные опытные партии дражированных семян на этих вариантах опыта, можно отметить, что практически 100 % семян имеют оптимальный равномерный размер гранул, а их прочность (20...30 Н) позволяет использовать подобные семена при механизированном посеве в лесных питомниках для выращивания посадочного материала. При этом в каждой грануле было 1 семя. Такая оболочка не разрушается высевающим аппаратом сеялок, обладает хорошей водопоглотительной способностью и набухает в почве, что оказывает стимулирующее действие на всхожесть семян и энергию их прорастания. При отсутствии в составе растительных полисахаридов и целевых добавок получить драже семян требуемого размера не представляется возможным (происходит так называемое инкрустирование семян). Это связано с тем, что раствор водорастворимого полимера не способен на семени удерживать не только целевые добавки, но и свою собственную массу.

Проведенные исследования с использованием торфа в качестве органического вещества, глины и песка в качестве минеральной части позволили установить резкое возрастание вязкости независимо от природы введенного органоминерального вещества. Это объясняется хорошей структурирующей способностью выбранных наполнителей. Органические вещества в виде торфа способны связывать большое количество воды за счет осмотического проникновения в композит молекул воды и образования водородных связей с функциональными группами системы. Сочетание в составе органоминеральных веществ и водорастворимого полимера значительно увеличивает влагоудерживающую способность. Это связано с тем, что почти все компоненты орга-

нической части по своей природе гидрофильны и способны интенсивно сорбировать влагу.

Наилучшей влагоудерживающей способностью обладает полимерный состав с концентрацией наполнителя 34...62 %. В этом интервале концентраций влагоудерживающая способность изменяется всего на 3...4 %.

В табл. 1 представлены оптимальные значения функций и соответствующие им значения исследуемых факторов.

Таблица 1

**Расчетные оптимальные значения функций  
и соответствующие им значения исследуемых факторов**

Функция отклика	Исследуемые факторы, %		
	Органические вещества	Полимер	Минеральные вещества
Количество испарившейся влаги ( $Y_1^{\min} = 19,8 \%$ )	43	7	0,16
Прочность при сжатии ( $Y_2^{\max} = 22,3 \text{ МПа}$ )	32	5	0,22

Из данных табл. 1 видно, что концентрация органоминеральных веществ, способствующая образованию покрытий с максимальной прочностью при сжатии, ниже, чем в составах, обладающих максимальной влагоудерживающей способностью.

На основании проведенных расчетов установлены оптимальные концентрации ингредиентов по функциям откликов  $Y_1$  и  $Y_2$  в композиционном составе, мас. %: органические вещества – 58...67; минеральные вещества – 3...6; натриевая соль карбоксиметилцеллюлозы – 5...8; стимулятор роста (экосил) – 2...5; вода.

Исследовано влияние органоминеральных составов при получении дражированных семян на их энергию прорастания и всхожесть. Анализ показывает, что от размера частиц растительных полисахаридов зависит энергия прорастания семян сосны обыкновенной и ее всхожесть. Оптимальный размер фракций органоминеральных веществ составляет 300...450 мк.

Изучено влияние предпосевной обработки семян хвойных пород на лабораторную всхожесть в зависимости от их класса качества. Установлено, что семена первого и второго классов качества неэффективно использовать для получения дражированных семян из-за низкой энергии их прорастания и всхожести. Для дражирования необходимо использовать только семена первого класса качества.

Посевные качества дражированных семян сосны обыкновенной и ели обыкновенной должны соответствовать требованиям, указанным в табл. 2.

Таблица 2

## Требования, предъявляемые к дражированным семенам хвойных пород

Показатель	Норма	
	для сосны	для ели
Всхожесть, % не менее	90	85
Чистота, % не менее	90	85
Технические качества дражированных семян:		
содержание драже с одним семенем, % не менее	95	90
содержание драже с 2-3 семенами, % не более	3	5
содержание драже без семян, % не более	2	2
Выравненность драже по размеру, % не менее	85	85

Таким образом, на основе проведенных исследований определены ингредиенты и их концентрации в композиционном полимерном препарате для получения дражированных семян хвойных пород. Разработанные композиционные полимерные препараты имеют широкий спектр действий. Они повышают всхожесть семян, увеличивают выход стандартных сеянцев в питомнике, усиливают развитие корневой системы и фотосинтетическую активность. Целевые добавки оказывают положительное влияние на физико-химические свойства дражированных семян.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 6806–73. Материалы лакокрасочные. Метод определения эластичности при изгибе. Введ. 01.07.74. М.: Изд-во стандартов, 1988. 5 с.
2. Будков В.А., Пухальская Н.В. Дражирование семян сельскохозяйственных культур // Плодородие. 2009. № 2. С. 17–19.
3. Дехант И., Данц Р., Киммер В., Школьне Р. Инфракрасная спектроскопия полимеров. М.: Химия, 1976. 471 с.
4. Доронин В.А., Марченко С.И., Бусол М.В., Мотренко С.Н. Предпосевная подготовка семян // Сахарная свекла. № 2. 2007. С. 9–11.
5. Зайцев Г.Н. Математическая статистика в экспериментальной ботанике. М.: Наука, 1984. 424 с.
6. Копытков В.В. Руководство по исследованию и применению композиционных материалов при лесовыращивании. М.: Изд-во «Полеспечать», 1991. 233 с.
7. Копытков В.В., Кулик А.А., Копытков В.В., Сак В.Б. Технология получения дражированных семян на основе композиционных полимерных материалов. Гомель: Ин-т леса НАН Беларуси, 2008. 165 с.
8. Пат. 14436 Респ. Беларусь, МПК А 01 С 1/06. Полимерная композиция для предпосевной обработки семян / В.В. Копытков; заявитель Ин-т леса НАН Беларуси. № 20090577; заявл. 20.04.2009; опубл. 30.06.2011 // Афіцыйны бюл. / Нац. центр інтэлектуальнай уласнасці. 2011. № 3 (80). С. 43.
9. Родин А.Р. Перспективы использования полимеров в лесокультурном производстве // Лесн. хоз-во. 1990. № 12. С. 11–15.

10. Смит Т. Прикладная ИК-спектроскопия. М.: Мир, 1982. 328 с.  
11. Эренберг А.М. Анализ и интерпретация статистических данных. М.: Финансы и статистика, 1981. 406 с.

Поступила 25.03.15

UDC 630\*232.32

DOI: 10.17238/issn0536-1036.2016.4.30

### **The Seed Pelleting Technology with the Use of the Composite Polymer Preparations**

*V.V. Kopytkov<sup>1</sup>, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor*

*V.N. Kononov<sup>2</sup>, Doctor of Agricultural Sciences, Professor*

<sup>1</sup>Forest Institute of the National Academy of Sciences of Belarus, Proletarskaya str., 71, Gomel, 246001, Republic of Belarus; e-mail: kopvo@mail.ru

<sup>2</sup>Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov, Naberezhnaya Severnoy Dviny, 17, Arkhangelsk, 163002, Russian Federation; e-mail: v.kononov@narfu.ru

Studies of the choice of the ingredients and optimization of ratios of composite polymeric structures and target additives are necessary for the development of the technology of pelleted seeds and their subsequent use in the forest nursery economy. It will allow the more rational use of expensive seeds and provide the forest planting by the standard planting material. Seeds of Scotch pine from the first to the third quality classes have been studied. The weight of 1000 pieces of seeds varied from 6.35 to 7.83 g, and the purity – from 96.0 to 99.1 %. The laboratory researches on the determination of viability and energy of germination of pelleted seeds of conifers were carried out by the technique developed by the authors. We used plastic germinators and double crepe filter paper. The height of one tooth of crepe filter paper was 20±1 mm. The optimum values of concentration of ingredients of the polymeric structure for the maximum values of moisture-holding ability and durability at a gap were various. The comparison of the significance coefficients allowed defining the following optimum ratios of the components in the polymeric composition (wt, %): vegetable polysaccharides based on pine – 62...70; sodium carboxymethyl cellulose – 7...12; saporol – 5...9; water. The best quality indicators of the received pelleted seeds were observed in the variants with the shared use of vegetable polysaccharides with the particles of the size of 350...400 microns. The strength of the coated seed pellets under compression of the fractions was maximum and made 34...37 N. Analysing the received test batches of pelleted seeds in these variants of the experiment we can assert that nearly 100 % of seeds have the optimum uniform size of granules, and their strength (20...30 N) allows using similar seeds in mechanized planting in the forest nurseries for the cultivation of planting material.

*Keywords:* seed pelleting, technology, composite preparations, germinability.

REFERENCES

1. GOST 6806–73. *Materialy lakokrasochnye. Metod opredeleniya elastichnosti pri izgibe* [State Standard 6806–73. Paints and Varnishes. Method for the Flexural Resistance Determination]. Moscow, 1988. 5 p.
2. Budkov V.A., Pukhal'skaya N.V. Drazhirovanie semyan sel'skokhozyaystvennykh kul'tur [Seed Pelleting of Crops]. *Plodorodie*, 2009, no. 2, pp. 17–19.
3. Dechant J., Danz R., Kimmer W., Schmolke R. *Ultrarotspektroskopische Untersuchungen an Polymeren*. Berlin, 1972. 472 p.
4. Doronin V.A., Marchenko S.I., Busol M.V., Motrenko S.N. Predposevnaya podgotovka semyan [Seeds Presowing Treatment]. *Sakharnaya svekla* [Sugar Beet], 2007, no. 2, pp. 9–11.
5. Zaytsev G.N. *Matematicheskaya statistika v eksperimental'noy botanike* [Mathematical Statistics in Experimental Botany]. Moscow, 1984. 424 p.
6. Kopytkov V.V. *Rukovodstvo po issledovaniyu i primeneniyu kompozitsionnykh materialov pri lesovyrashchivanii* [Guide to the Study and Application of Composite Materials in the Forest Growing]. Moscow, 1991. 233 p.
7. Kopytkov V.V., Kulik A.A., Kopytkov V.Vl., Sak V.B. *Tekhnologiya polucheniya drazhированных semyan na osnove kompozitsionnykh polimernykh materialov* [Technology of the Pelleted Seeds Receiving on the Basis of Composite Polymeric Materials]. Gomel, 2008. 165 p.
8. Kopytkov V.V. *Polimernaya kompozitsiya dlya predposevnoy obrabotki semyan* [Polymeric Composition for the Seeds Presowing Treatment]. Patent of the Republic of Belarus, no. 14436, 2009.
9. Rodin A.R. Perspektivy ispol'zovaniya polimerov v lesokul'turnom proizvodstve [Prospects of the Use of Polymers in the Silvicultural Production]. *Lesnoe khozyaystvo*, 1990, no. 12, pp. 11–15.
10. Smith A.L. *Applied Infrared Spectroscopy*. New York, 1979. 336 p.
11. Erenberg A.M. *Analiz i interpretatsiya statisticheskikh dannykh* [Analysis and Interpretation of Statistical Data]. Moscow, 1981. 406 p.

Received on March 25, 2015

---