

Научная статья
УДК 663.97:543.544.5
DOI 10.24888/2541-7835-2024-31-36-42

ФЕРМЕНТАЦИОННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ УГЛЕВОДНОГО КОМПЛЕКСА ТАБАКА

Карманов Денис Александрович^{1✉}, Моисеев Игорь Викторович²,
Лезный Валерий Владимирович³

^{1,2,3}Погарская сигаретно-сигарная фабрика, Брянская область, Погар, Россия

¹denis.karmanov.91@mail.ru✉

²ivmoiseev@mail.ru

³leznyi.v@pccf.ru

Аннотация. Исследовано влияние процесса естественной ферментации на углеводный состав трубчатого и сигарных табачных blends. Целью исследований являлось определение содержания основных углеводов в исследуемых образцах, а именно глюкозы, фруктозы и сахарозы, и выявление динамики изменения их массовой доли в течение 6 месяцев. Для достижения поставленной цели использовалась методика количественного определения углеводов методом обращенно-фазовой высокоэффективной жидкостной хроматографии (ОФ ВЭЖХ). Количественный анализ проводился на жидкостном хроматографе с рефрактометрическим детектором методом внешнего стандарта с предварительным получением водных экстрактов по методу Сокслета. Для внешних стандартов заведомо были определены их хроматографические характеристики, такие как время удерживания и площадь пика. Исследования показали, что в процессе ферментации наблюдается уменьшение содержания углеводов в интервале 1-4 месяцев. Массовая доля углеводов в этот период времени уменьшается на 24,9-63,3%. При этом наиболее значительному изменению был подвержен трубчатый blend. Дальнейшая ферментация образцов не оказывает существенного влияния на углеводный состав табака. Полученная информация может быть использована табачными заводами для разработки оптимального процесса ферментации при производстве сигар и трубчатого табака.

Ключевые слова: табачный blend, углеводы, ферментация, реакция Майяра, высокоэффективная жидкостная хроматография

Для цитирования: Карманов Д.А., Моисеев И.В., Лезный В.В. Ферментационные изменения углеводного комплекса табака // Агропромышленные технологии Центральной России. 2024. № 1(31). С. 36-42. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2024-31-36-42>.

Original article

FERMENTATION CHANGES IN THE CARBOHYDRATE COMPLEX OF TOBACCO

Denis A. Karmanov^{1✉}, Igor V. Moiseev², Valerii V. Leznyi³

^{1,2,3}Pogor Cigarette & Cigar Factory, Bryansk region, Pogor, Russia

¹denis.karmanov.91@mail.ru✉

²ivmoiseev@mail.ru

³leznyi.v@pccf.ru

Abstract. The influence of the natural fermentation process on the carbohydrate composition of pipe and cigar tobacco blends has been studied. The aim of the research was to determine the content of the main carbohydrates in the studied samples, namely glucose, fructose and sucrose and to identify the dynamics of changes in their mass fraction over 6 months. To achieve this goal, the method of quantitative determination of carbohydrates by reverse-phase high-performance liquid chromatography (RP HPLC) was used. Quantitative analysis was carried out on a liquid chromatograph with a refractometric detector by the method of an external standard with preliminary preparation of aqueous extracts by the Soxlet method. For external standards, their chromatographic characteristics, such as retention time and peak area, were deliberately determined. Studies have shown that during fermentation, there is a decrease in the carbohydrate content in the interval of 1-4 months. The mass fraction of carbohydrates in this period of time decreases by 24,9-

63,3%. At the same time, the pipe blend was subject to the most significant changes. Further fermentation of the samples does not significantly affect the carbohydrate composition of tobacco. The information obtained can be used by tobacco factories to develop an optimal fermentation process in manufacturing of cigars and pipe tobacco.

Keywords: tobacco, carbohydrates, fermentation, Maillard reaction, high-performance liquid chromatography

For citation: Karmanov D.A., Moiseev I.V., Leznyy V.V. Fermentation changes in the carbohydrate complex of tobacco. *Agro-industrial technologies of Central Russia*, 2024, no. 1(31), pp. 36-42. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2024-31-36-42>.

Введение

Положительное влияние углеводов на вкусовые характеристики табачного дыма является общепризнанным [8]. Однако оптимальный вкусоароматический профиль табачной продукции обусловлен не только содержанием сахаров, но и другими компонентами табака – белками, никотином, смолами, т.е. химическим составом в целом.

Существует несколько способов планирования требуемого вкусоароматического профиля дыма. Первым и самым распространенным из них является составление табачных мешек (блендов) из сортов табака различных по химическому составу. Нередко для этих целей используются методы математического моделирования [5]. Второй способ подразумевает обработку табачного сырья различными добавками – соусами, тем самым корректируя общий химический состав. Для сортов табака с низким содержанием углеводов (табаки воздушной сушки, некоторые сорта Берлея, сигарные табаки), как правило, применяют соусы из высокосахаристых сиропов в качестве основного компонента [3]. Оба вышеуказанных способа зачастую сочетают друг с другом в несколько итераций. Особое место среди способов формирования вкусоароматического профиля продукции занимает процесс естественной ферментации табачного сырья [4]. Особенно это важно для премиальных табачных изделий: сигар, сигарилл и трубочных табаков. Отличительной чертой данного способа является образование новых вкусоароматических веществ, благодаря протекающим во время ферментации химическим и биохимическим процессам. К реакциям с участием углеводов можно отнести сахароаминную реакцию (она же реакция Майяра), а так же реакции ферментативного окисления сахаров до карбоновых оксикислот и др. Полный механизм реакции Майяра достаточно сложен, однако досконально изучена начальная стадия реакции с образованием циклических аминокислот (рис. 1.) [7].

При этом основные представители углеводов табака – глюкоза, фруктоза и сахароза в подобных реакциях обладают разной химической активностью. Например, сахароза не вступает в реакцию Майяра вследствие отсутствия свободной карбонильной группы [10].

Процесс естественной ферментации или «старения» табака позволяет получать вкус и аромат дыма, который нельзя добиться обычным купажированием или соусированием. Однако процесс ферментации требует длительного времени, которое при масштабном производстве является ценным ресурсом. Поэтому исследование влияния времени на ход химических процессов во время ферментации и подборка оптимальных временных условий по результатам данных исследований имеют очевидную практическую значимость. Судить о ходе ферментативных процессов можно по изменению массовой доли основных углеводов табака, что и являлось целью настоящей работы.

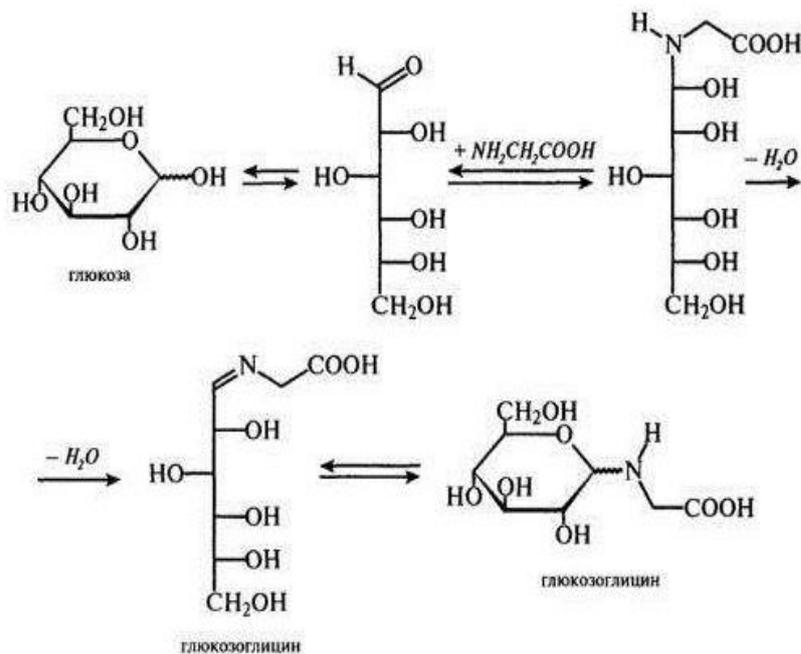


Рисунок 1. Первая стадия реакции Майяра между глюкозой и глицином

Материалы и методы исследований

Исследования проводились в 2022-2023 гг. Ферментацию табачных blends проводили на АО «ПССФ». Анализ образцов на содержание углеводов осуществлялся на базе ФГБОУ ВО «БГУ им. И.Г. Петровского».

Объектами исследований были выбраны:

1. Трубочный табак с высоким содержанием сахаров из смеси сортотипов Берлей воздушной сушки (АС) и Вирджинии трубно-огневой сушки (FCV) из Бразилии, Индии, Испании, Италии Кубы и Малави.

2. Смесь из сигарных табаков с низким содержанием сахаров из Доминиканской республики, Кубы, Никарагуа и Эквадора.

3. Аналогичная смесь сигарных табаков, дополнительно обработанная глюкозо-фруктозным сиропом в количестве 10% от массы табака, в состав которого входило 40% фруктозы, 35% глюкозы и 25% воды. Обработка сиропом позволяет оценить вклад искусственно внесённых углеводов в ферментативные процессы.

Исследуемые образцы выравнивались по влажности до 13% и закладывались на естественную ферментацию под дубовый пресс на 6 месяцев. Процесс ферментации осуществлялся при температуре 20°C и влажности воздуха равной 70% [2]. Приложенное давление составляло 120 кПа. Для выявления динамики изменения состава углеводного комплекса в течение всего эксперимента отбирались пробы с временным интервалом в 1 месяц. Из проб-образцов экстракцией по Сокслету получали водные растворы, которые анализировались на содержание углеводов [6, 9].

Количественное определение углеводов в экстрактах табака проводилось методом высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ) по ГОСТ 32167-2013 [1]. В качестве внешних стандартов использовались набор углеводов фирмы «Merck». Определение проводилось на хроматографе Dionex Ultimate 3000 (Thermo Fisher Scientific, США) с рефрактометрическим детектором. Разделение углеводов осуществлялось на хроматографической колонке Eclipse XDB-C18 (250x4,6 mm), дополненной предколонкой Agilent EC-C18 (2,7 μm; 3x5 mm), для предотвращения загрязнения основной хроматографической колонки окрашенными продуктами и коллоидными частицами экстракта. Элюент – 80% ацетонитрила и 20%

воды. Скорость потока элюента – 1,3 см³/мин, температура термостата колонок – 30 °С. Ниже представлена хроматограмма смеси стандартных образцов углеводов (рис. 2).

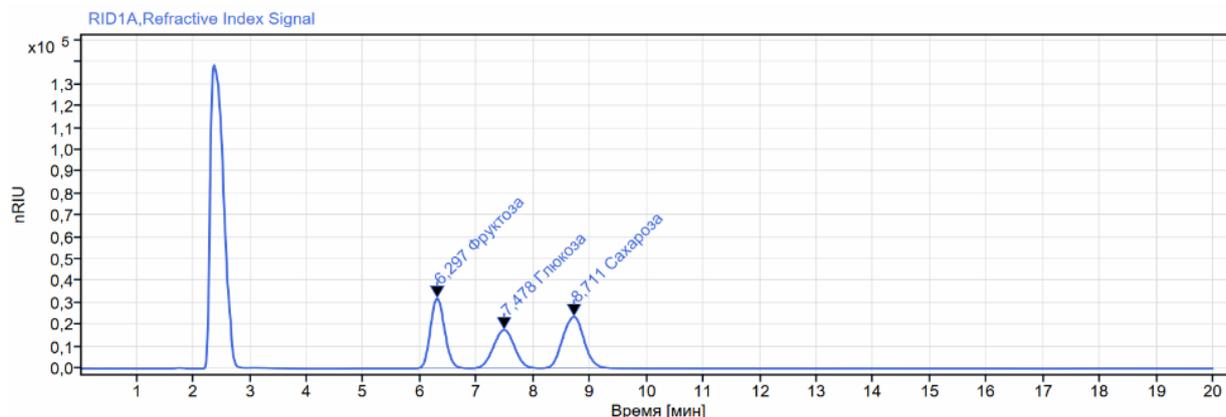


Рисунок 2. Хроматограмма смеси внешних стандартов углеводов

Хроматографические характеристики пиков внешних стандартов представлены в таблице ниже (табл. 1).

Таблица 1. Хроматографические характеристики стандартных образцов углеводов

Углевод	Концентрация, мг/см ³	Время удерживания, min	Площадь пика, nRIU·min
Фруктоза	1,02	6,297	559 014
Глюкоза	1,02	7,478	454 851
Сахароза	1,01	8,711	619 392

Концентрация углеводов в экстрактах определялась из соотношения:

$$C = \frac{C_{ст} \cdot S}{S_{ст}}, \quad (1)$$

где C – концентрация углевода в экстракте, $C_{ст}$ – концентрация углевода в стандартном растворе, S – площадь пика определяемого углевода, $S_{ст}$ – площадь пика стандарта углевода. За достоверный результат анализа принималось среднееарифметическое значение 3-х повторных измерений. Из значений концентраций углеводов в экстрактах был произведён перерасчёт в массовые доли в исследуемых образцах.

Результаты исследований и их обсуждение

Результаты ВЭЖХ показали, что динамика изменения общего содержания углеводов в исследуемых табачных блендах стремится к уменьшению массовой доли. При этом наиболее интенсивная убыль углеводов наблюдается в первые 4 месяца ферментации. За указанное время убыль углеводов для трубочного бленда составила 63,3%, для сигарного – 39,3%, для сигарного бленда обработанного сиропом – 24,9%. Последующая ферментация образцов практически не влияет на содержание углеводов (рис. 3).

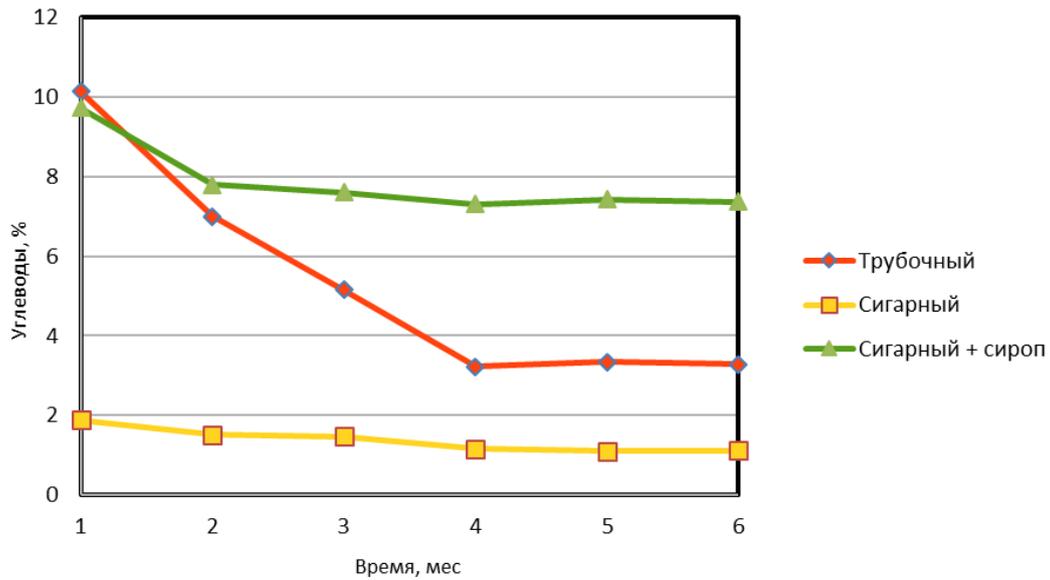


Рисунок 3. Динамика изменения содержания углеводов в исследуемых образцах

Таким образом, можно сделать вывод, что именно в указанный период времени (первые 4 месяца) происходит формирование химических показателей, обеспечивающих вкусоароматический профиль дыма, обусловленных реакциями с участием углеводного комплекса.

Из представленных зависимостей очевидно, что наиболее значительному ферментационному изменению подвергается табак с изначально высоким содержанием углеводов. Это демонстрирует исследуемый трубочный бленд. При более детальном изучении результатов ВЭЖХ выявлено, что максимальный вклад в образование химических веществ, влияющих на формирование вкусоароматического профиля, принадлежит фруктозе, как наиболее количественному и видимо наиболее реакционноспособному углеводу в общем комплексе (рис. 4).

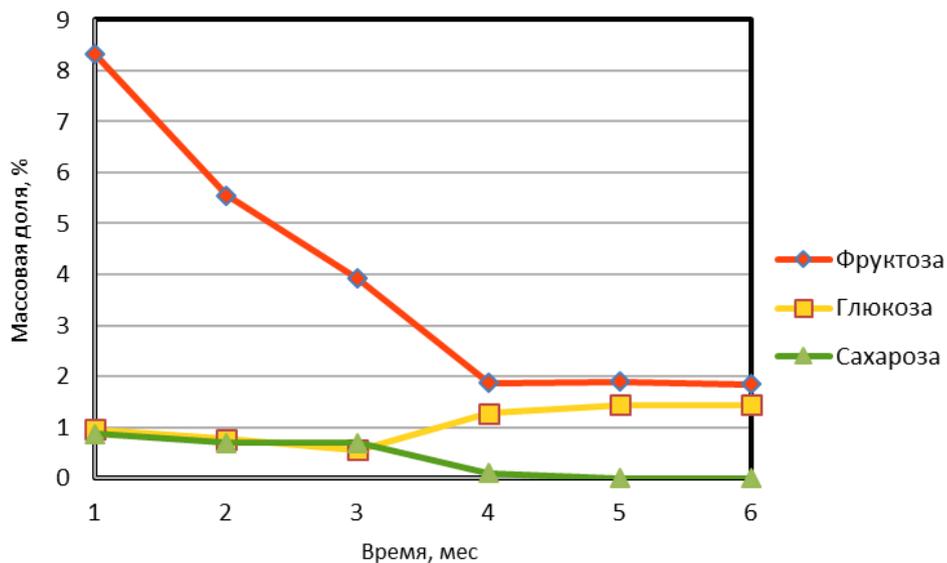


Рисунок 4. Динамика изменения основных углеводов в трубочном бленде

Также наблюдается падение (практически до нуля) массовой доли сахарозы и симметричный рост массовой доли глюкозы, что вероятнее всего обусловлено полным ферментативным гидролизом сахарозы до глюкозы.

Углеводы, дополнительно внесённые в сигарный бленд, ферментивному изменению подверглись незначительно относительно углеводов в высокосахаристом трубочном бленде. Это может быть связано с плохой проникающей способностью (впитываемостью) сиропа в структуру табачного листа с влажностью, равной 13%. Если предположить, что углеводы табака уменьшаются с одинаковой динамикой на 0,73% от общей массы (с 1,89% до 1,16%), а в это время уменьшение общих углеводов в сигарном бленде с сиропом составляет 2,42% (с 9,73% до 7,31%), то на убыль углеводов, непосредственно содержащихся в сиропе, приходится 1,69%. Следовательно, с учётом искусственно внесённого до процесса ферментации количества углеводов (7,84%) в реакциях приняло участие 21,6% углеводов сиропа.

Это указывает на то, что необходимость в обработке высокоуглеводными добавками низкосахаристых сортов сигарного табака имеет место только для корректировки сахаро-белкового или сахаро-никотинового соотношения, т.е. общего химического состава.

Вышеизложенная информация, полученная в ходе исследований, может быть полезна при разработке оптимального процесса ферментации при производстве сигар и трубочного табака.

Выводы

1. Наиболее значительному ферментационному изменению подвергается табак с изначально высоким содержанием углеводов (5-20%).
2. Ферментирование табачного сырья практически не влияет на его углеводный комплекс по прошествии четырех месяцев.
3. Обработка низкосахаристого табачного сырья (1-3%) высокоуглеводными сиропами не оказывает существенного влияния на образование вкусоароматических веществ в процессе естественной ферментации. Подобные добавки имеют практическое значение при корректировке общего химического состава проектируемых и серийных табачных изделий.
4. Из углеводов наибольший вклад в образование вкусоароматического профиля дыма вносит фруктоза.

Список источников

1. ГОСТ 32167-2013. Мед. Метод определения сахаров. Утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 19.05.2013 г. № 56-П. Москва: Стандартинформ. 2013. 12 с.
2. Исследование количественного изменения никотина в табачном сырье в процессе естественной ферментации под прессом / И.В. Моисеев, Д.А. Карманов, В.В. Лёзный, Д.Д. Кириллов // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Процессы и аппараты пищевых производств. 2022. № 4(54). С. 25-30.
3. Исследование органолептических и физико-химических характеристик изделий из табака курительного тонкорезаного / Е.Ю. Смирнова, Е.В. Гнучих, Д.Д. Кириллов, А.А. Славянский // Новые технологии. 2022. Т. 18. № 3. С. 85-93.
4. Кинцурашвили К.М. Процесс «старения» табачного сырья // Пиво и напитки. 2006. № 1. С. 46-47.
5. Моисеев И.В., Пуздрова Н.В., Кротов Д.Г. Прогнозирование химического состава перспективных курительных изделий // Пиво и напитки. 2006. № 6. С. 36-37.
6. Определение рациональных технологических параметров работы экстрактора Сокслета при получении спиртовой настойки из ягод клюквы / Б.Н. Федоренко, Д.М. Бородулин, М.В. Просин, А.В. Шафрай, Б.А. Лобасенко, Я.С. Головачева // Техника и технология пищевых производств. 2020. Т. 50. № 1. С. 115-123.
7. Пищевая химия / А.П. Нечаев, С.Е. Траубенберг, А.А. Кочеткова [и др.]. Изд. 4-е, исп. и доп. Санкт-Петербург: ГИОРД, 2007. 640 с.

8. Сравнительный анализ химического состава табачного сырья / В.П. Писклов, С.К. Кочеткова, Н.А. Дурунча, Л.В. Кокорина, С.А. Медведева, И.А. Резниченко // Известия вузов. Пищевая технология. 2012. № 5-6 (329-330). С. 20-24.
9. Jensen W. The Origin of the Soxhlet Extractor // Journal of Chemical Education. 2007. No. 84. Pp. 1913-1914.
10. Nursten H.E. Recent developments in studies of the Maillard reaction // Food Chemistry. 1981. Vol. 6. Pp. 263-277.

References

1. State standard 32167-2013. Honey. A method for determining sugars. It is approved and put into effect by the Order of the Federal Agency for Technical Regulation and Metrology of 19.05.2013. No 56-p, Moscow: Standartinform Publ., 2013. 12 p.
2. Quantitative change of nicotine in tobacco raw materials during natural fermentation under pressure. I.V. Moiseev, D.A. Karmanov, V.V. Leznyj, D.D. Kirillov. Processes and Food Production Equipment, 2022, no. 4(54), pp. 25-30.
3. Study of organoleptic and physical and chemical characteristics of products from smoking rolling tobacco. E.Yu. Smirnova, E.V. Gnuchih, D.D. Kirillov, A.A. Slavyanskij. New Technologies, 2022, vol. 18, no. 3, pp. 85-93.
4. Kincurashvili K.M. The process of «aging» of tobacco raw materials. Beer and Beverages, 2006, no. 1, pp. 46-47.
5. Moiseev I.V., Puzdrova N.V., Krotov D.G. Prediction of the chemical composition of promising smoking products. Beer and Beverages, 2006, no. 6, pp. 36-37.
6. Rational technological parameters of the Soxhlet extractor in the production of alcoholic extracts from cranberries. B.N. Fedorenko, D.M. Borodulin, M.V. Prosin, A.V. SHafraj, B.A. Lobasenko, Ya.S. Golovacheva. Food Processing: Techniques and Technology, 2020, vol. 50, no. 1, pp. 115-123.
7. Food chemistry / A.P. Nechaev, S.E. Traubenberg, A.A. Kochetkova [et al]. Ed. 4rd, reprint. and add. Saint-Petersburg: GIORD Publ., 2007. 640 p.
8. Comparative analysis of chemical composition of tobacco raw materials. V.P. Pisklov, S.K. Kochetkova, N.A. Duruncha, L.V. Kokorina, S.A. Medvedeva, I.A. Reznichenko. News of Universities. Food Technology, 2012, no. 5-6 (329-330), pp. 20-24.
9. Jensen W. The Origin of the Soxhlet Extractor. Journal of Chemical Education, 2007, no. 84, pp. 1913-1914.
10. Nursten H.E. Recent developments in studies of the Maillard reaction. Food Chemistry, 1981, vol. 6, pp. 263-277.

Информация об авторах

Д.А. Карманов – руководитель научно-аналитической лаборатории;
И.В. Моисеев – доктор технических наук, президент АО «ПССФ»;
В.В. Лёзный – заместитель генерального директора по технологиям.

Information about the authors

D.A. Karmanov – Head of the scientific and analytical laboratory;
I. V. Moiseev – Doctor of technical science, president JSC «PCCF»;
V.V. Leznyy – Deputy general director for technology.