

ПОЛУЧЕНИЕ ПЕНООБРАЗОВАТЕЛЯ ИЗ ПРОТЕИНСОДЕРЖАЩИХ ШЛАМОВЫХ ОТХОДОВ В УСЛОВИЯХ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ ВЫСОКОЙ ЧАСТОТЫ

Овчарова И.В.¹, Старостина И.В.¹

¹ФГБОУ ВПО «Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова», Россия, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46, e-mail: starostinairinav@yandex.ru

В работе отмечается, что производство и применение пенобетонов является одним из актуальных направлений развития строительной индустрии. Показана перспективность использования белковых пенообразователей, которые в настоящее время из-за нехватки сырья и энергоёмкости процесса получения пока не нашли должного применения. Проведены исследования по получению белкового пенообразователя на основе протеинсодержащего шламового отхода производства лимонной кислоты путем щелочного гидролиза в условиях СВЧ-обработки. В качестве исходного сырья использован мицелий - отработанная биомасса гриба *Aspergillus niger*. Применение электромагнитного поля высокой частоты позволяет сократить длительность гидролиза в 6 раз, а, следовательно, и энергоёмкость получения пенообразователя при неизменности его свойств. Показано, что повышенные значения мощности СВЧ-поля приводят к разрушению избыточного количества молекул белка и, соответственно, ухудшением качества получаемого пенообразующего препарата. В качестве оптимальных приняты условия: мощность 700 Вт и длительность 20 минут. Для полученного пенообразователя определены основные свойства: критическая концентрация мицеллообразования – 1 – 1,5 %, кратность – 15, стабильность – 5 минут.

Ключевые слова: пенобетон, белковый пенообразователь, мицелиальный отход, щелочной гидролиз, СВЧ-обработка, кратность пены, устойчивость пены, критическая концентрация мицеллообразования (ККМ).

OBTAINING FOAM SLURRY OF WASTE CONTAINING PROTEIN IN A HIGH-FREQUENCY ELECTROMAGNETIC FIELD

Ovcharova I.V.¹, Starostina I.V.¹

¹ FGBOU VPO «Belgorod Shukhov State Technological University», Russia, 308012, Belgorod, street Kostyukova, 46, e-mail: starostinairinav@yandex.ru

The paper notes that the production and use of foam concrete is one of the important directions of development of the construction industry. Shown that the use of protein foams, which are now due to lack of raw materials and energy production process has not yet found a proper application. Studies were conducted on obtaining protein-based foam sludge waste containing protein production of citric acid by alkaline hydrolysis in microwave processing. The feedstock used mycelium - waste biomass fungus *Aspergillus niger*. The use of high-frequency electromagnetic field can reduce the duration of hydrolysis of 6, and hence the energy getting foam at constant properties. It is shown that the increased value of the power of the microwave field leads to the destruction of excess protein molecules, which is accompanied by an imbalance of the destroyed or damaged forms of the protein and, therefore, the resulting deterioration of the foam formulation. For optimal conditions adopted: power 700 W and 20 minutes duration. For the resulting foam identified key properties: the critical micelle concentration - 1 - 1.5%, frequency - 15, and stability - 5 minutes.

Keywords: foam, protein foam, mycelial waste, alkaline hydrolysis, microwave treatment, the multiplicity of foam, foam stability, the critical micelle concentration (CMC).

Введение

Производство и применение пенобетона является одним из актуальных направлений развития строительного комплекса. Пенобетоны относятся к наиболее эффективным конструкционно-теплоизоляционным и теплоизоляционным строительным материалам, которые обладают достаточно высокой прочностью, долговечностью и экологической безопасностью при пониженной плотности и стоимости, а также обеспечивают высокие теплозащитные и санитарно-гигиенические свойства ограждающих конструкций [3]. В

настоящее время при высоких ценах на энергоносители использование подобных материалов позволяет решить задачу снижения энергозатрат при эксплуатации зданий.

Пенобетон – это не поризованная, а целенаправленно создаваемая структура, которая формируется в процессе активации и минерализации пены. Поэтому пену необходимо рассматривать как обыкновенный наполнитель, имеющий свою удельную поверхность и ряд других немаловажных характеристик – кратность, стабильность, дисперсность, влияние составляющих пены на гидратацию цемента, совместимость с другими компонентами-добавками, применяемыми для изготовления пенобетона и др. таким образом, огромное влияние на свойства получаемого ячеистого композита оказывают сырьевые компоненты, главным образом пенообразователи и вяжущие вещества [2, 4].

Из достаточно широкого набора пенообразователей, использующихся сегодня для получения теплоизоляционных материалов ячеистой структуры, особое место занимают белковые пенообразователи. Хотя они характеризуются некоторым непостоянством химического состава и ограниченными сроками хранения, но относятся к дешевым и экологически чистым препаратам. В отличие от синтетических пенообразователей, как наиболее распространенных и рекламируемых, применение белковых позволяет получать устойчивую пеноцементную массу, что обеспечивает высокие физико-механические свойства ячеистым бетонам пониженной плотности. Лишь нехватка сырья и энергоёмкость процессов получения белковых пенообразователей сдерживают их широкое применение при производстве строительных материалов. Именно поэтому поиск новых источников протеинсодержащего сырья и энергосберегающих способов его обработки позволит разрешить актуальные проблемы производства пенобетонов.

Наиболее перспективными в этом направлении являются мицелиальные отходы (отработанная биомасса) микробиологических процессов предприятий фармацевтической и пищевой промышленности, объемы образования которых увеличиваются с каждым годом. Так, при выработке 100 л пива образуется до 1 л остаточных пивных дрожжей, а в микробиологическом производстве лимонной кислоты на каждую тонну основного продукта приходится до 0,3 т отработанного мицелия. Учитывая тот факт, что отработанная масса микробиологических культур содержит до 50% белка (по сухому веществу), который является амфолитным ПАВ и обладает хорошей пенообразующей способностью.

Цель исследования

Целью данной работы является получение белковых пенообразователей для производства теплоизоляционных строительных материалов путем гидролиза мицелиальных отходов производства лимонной кислоты (ЗАО «Цитробел», г. Белгород). В основе процесса получения белковых пенообразующих препаратов лежит длительный высокотемпературный

щелочной гидролиз – длительность более 2 часов при температуре 95-97°C. С целью уменьшения длительности обработки сырьевой смеси, а, следовательно, и снижения энергоемкости процесса предложен новый способ обработки – в электромагнитном поле сверхвысокой частоты (СВЧ). В соответствии с этим были сформированы следующие задачи исследования:

- установление оптимальных условий осуществления щелочного гидролиза мицелиальных отходов производства лимонной кислоты в условиях СВЧ-обработки;
- установление основных свойств получаемых амфолитных пенообразующих препаратов.

Объекты и методы исследований

В качестве протеинсодержащего сырьевого компонента в работе использовали мицелий - отработанную биомассу гриба *Aspergillus niger* производства лимонной кислоты ЗАО «Цитробел» относительной влажностью 70 % и плотностью 900 кг/м³. Массовая доля сырого протеина составляет 7 %. Объем образования данного отхода - до 6 тысяч тонн в год.

Ранее проведенные исследования [1] позволили определить оптимальное соотношение основных сырьевых компонентов щелочного гидролиза - вода : мицелий : Ca(OH)₂ = 500 : 100 : 28 по массе, что было использовано в данной работе. Но для материалов, обрабатываемых в электромагнитном поле сверхвысокой частоты, подбор режима обработки проводится индивидуально, поэтому на первом этапе работы проводили исследования по установлению оптимальных режимов СВЧ-обработки – мощности и длительности процесса. Параметрами оптимизации были кратность и стабильность пены.

Кратность определяли как отношение объема пены к объему водного раствора пенообразователя. Стабильность определяли как время существования пены до начала истечения жидкости. Пену готовили с помощью скоростного смесителя при скорости вращения вала 2000 оборотов в минуту.

Результаты исследования и их обсуждение

Исследовали мощность СВЧ-обработки 700 и 900 Вт, длительность изменяли от 3 до 15 минут. Результаты, представленные на рис.1 и 2, показали, что в качестве оптимальной можно принять мощность 700 Вт. При увеличении мощности обработки до 900 Вт с увеличением длительности процесса стабильность пены снижается при высокой ее кратности. Этот эффект объясняется с позиции пептидной теории Э. Фишера, согласно которой в процессе кислотного или щелочного гидролиза белка образуются

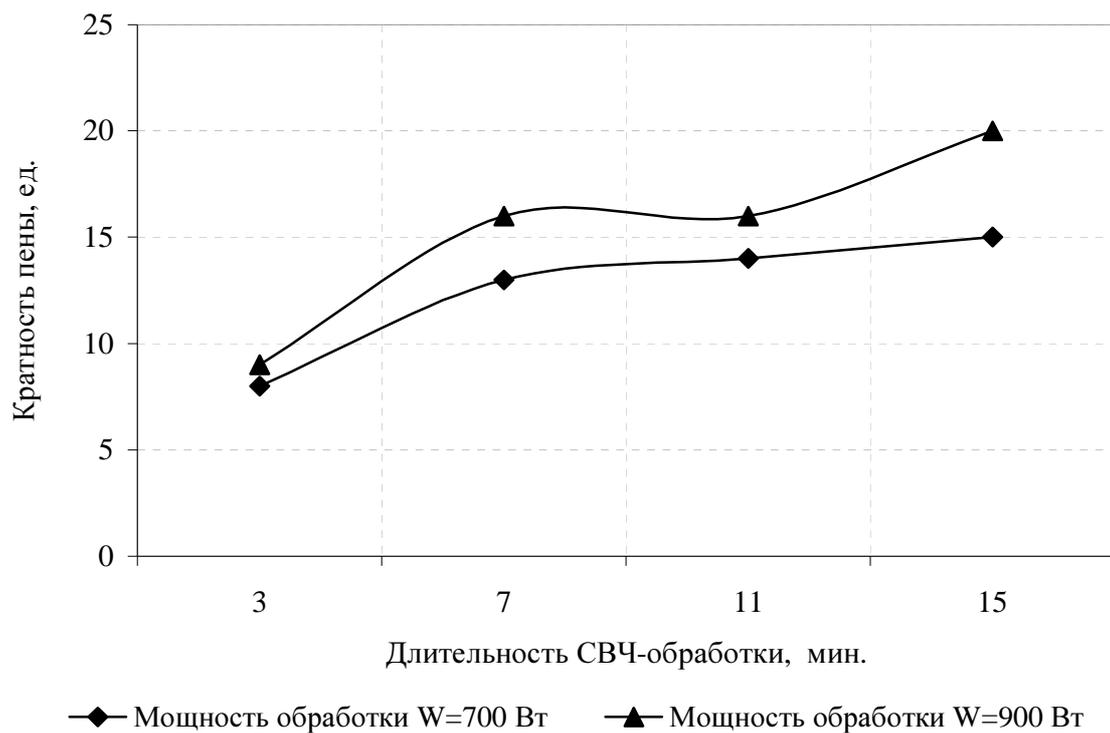


Рис. 1. Зависимость кратности пены от длительности щелочного гидролиза в условиях СВЧ-поля различной мощности.

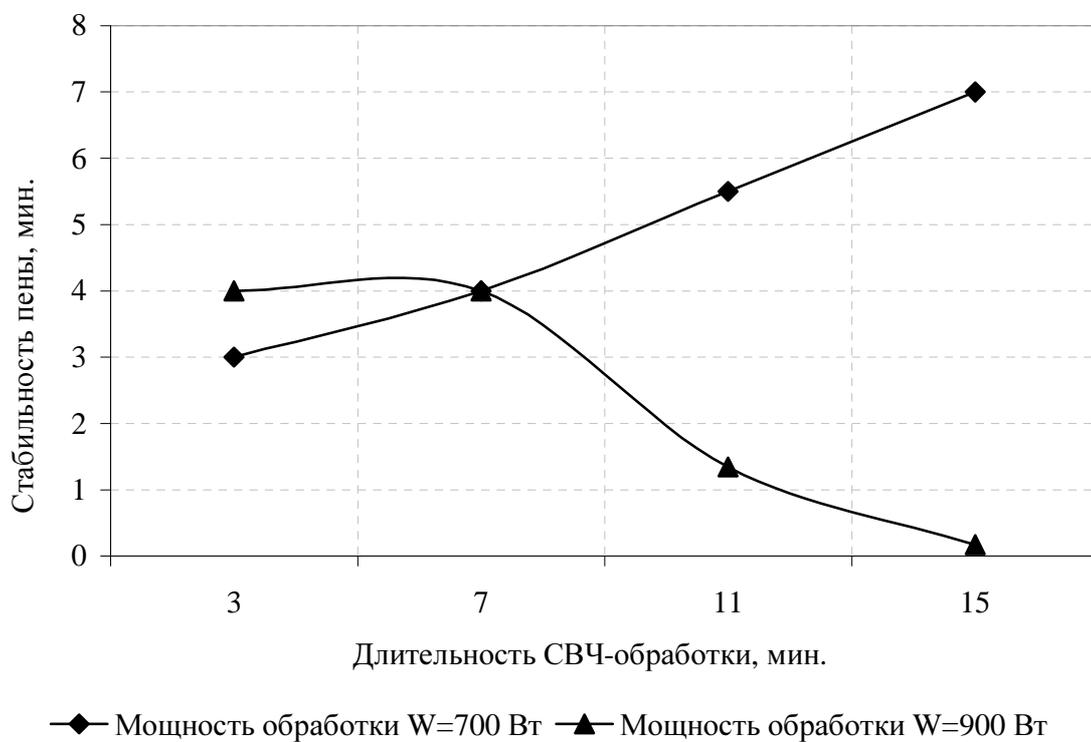


Рис. 2. Зависимость стабильности пены от длительности щелочного гидролиза в условиях СВЧ-поля различной мощности.

стехиометрические количества титруемых COOH- и NH₂-групп, что свидетельствует о распаде определенного числа пептидных связей.

Для получения белковых пен с высокими значениями кратности и стабильности необходимо, чтобы в растворе в результате гидролиза достигалось определенное равновесие разрушенных и не разрушенных форм белка. Поэтому резкое снижение устойчивости пены указывает на то, что при мощности обработки 900 Вт с увеличением длительности процесса щелочного гидролиза разрушается избыточное количество белков. Исходя из этого, был выбран режим обработки смеси в условиях СВЧ с установленной мощностью 700 Вт.

Далее при указанной мощности СВЧ обработки необходимо установить оптимальную длительность процесса, обеспечивающую высокие физико-механические характеристики получаемого пенообразователя – кратность и устойчивость пены.

С этой целью длительность процесса изменяли от 5 до 25 минут. Результаты исследований показали, что максимальная кратность пены - 15 и ее устойчивость 7,5 мин, характеризующаяся началом истечения жидкости при ее разрушении, достигаются при обработке сырьевой суспензии в СВЧ поле в течение 20 минут. При этом полученный пенообразователь характеризуется концентрацией сухих веществ 1,11 %.

Как известно, оптимальные свойства многих ПАВ наблюдаются в области критической концентрации мицеллообразования (ККМ). В связи с этим было определено значение ККМ пенообразователя по зависимости поверхностного натяжения и удельной электропроводности раствора от концентрации. Готовили серии растворов полученных пенообразователей с концентрациями от 0,5 до 3,0%, которые получали упариванием и разбавлением исходных растворов. Поверхностное натяжение водных растворов пенообразователей определяли по методу наибольшего давления пузырька воздуха через 15 минут после приготовления растворов (время, необходимое для установления равновесия на границе жидкость – воздух) [5].

Согласно данным, представленным на рис. 3, 4 для белкового пенообразователя, полученного на основе мицелиальных отходов производства лимонной кислоты в условиях СВЧ-поля, значение ККМ находится в интервале 1-1,5%.

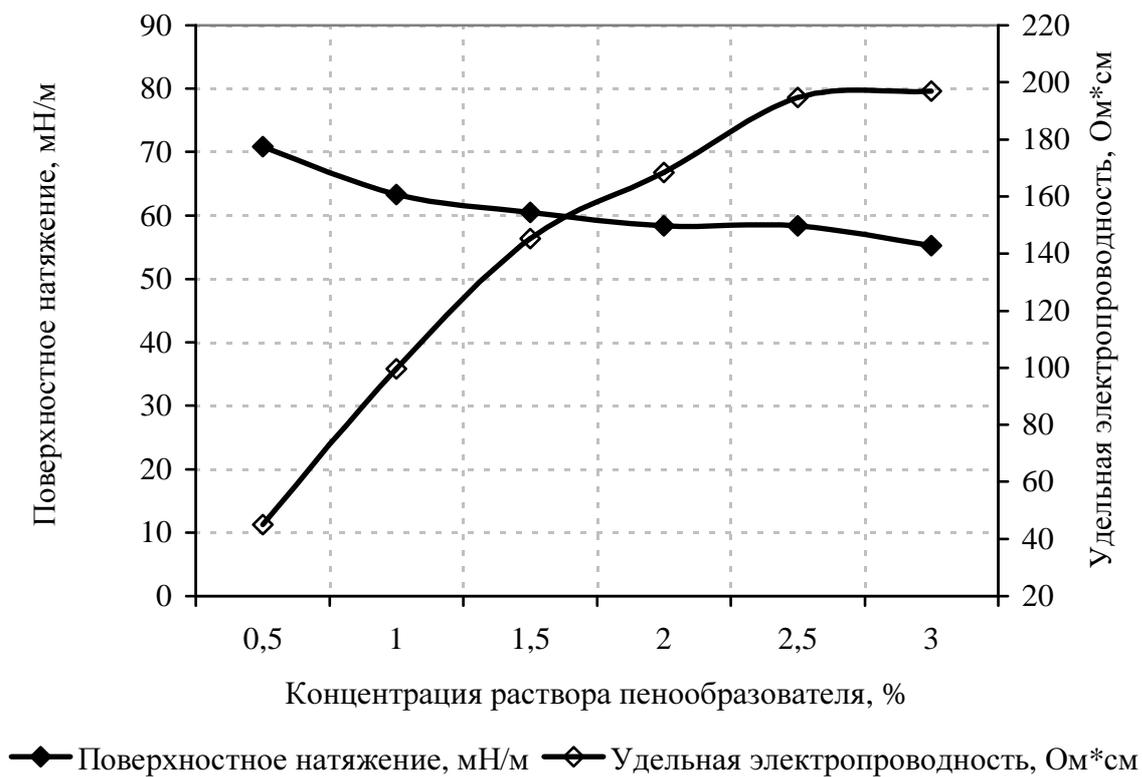


Рис. 3. Влияние концентрации раствора белкового пенообразователя на поверхностное натяжение (1) и удельную электропроводность (2).

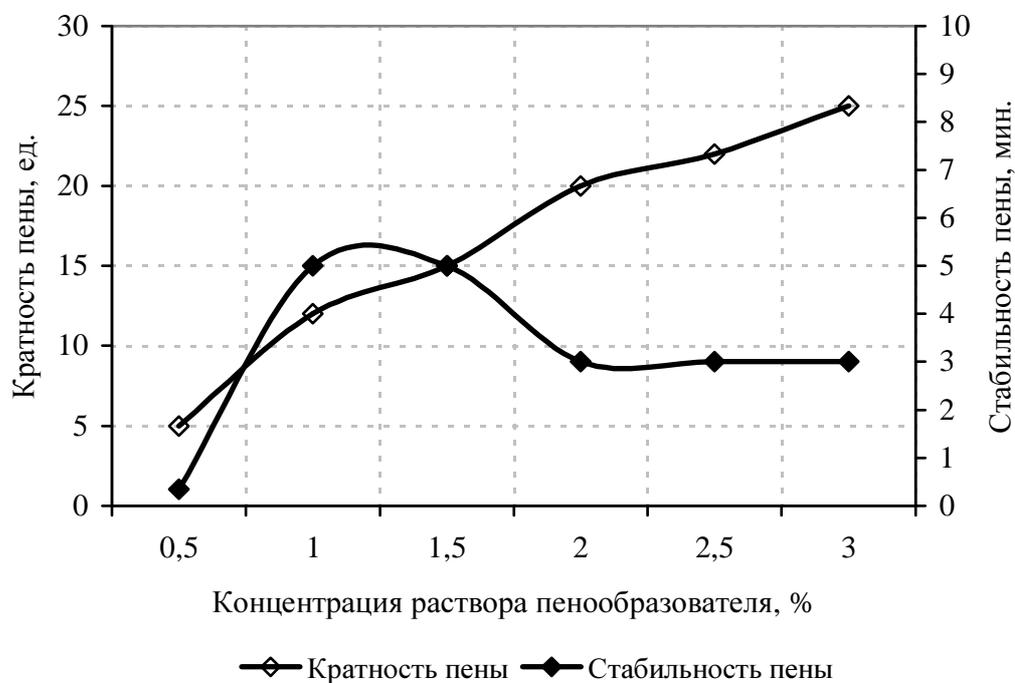


Рис.4. Зависимости кратности и стабильности пены от концентрации полученного пенообразователя.

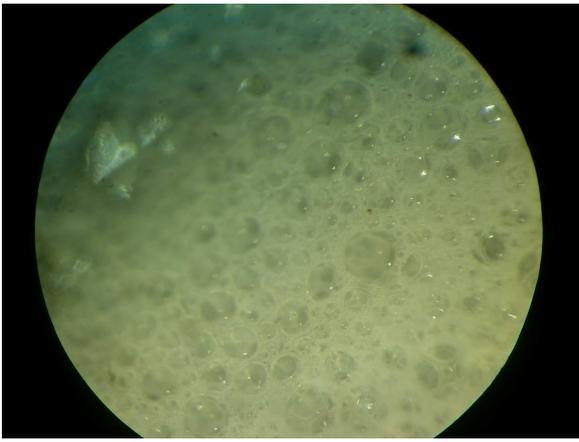


Рис. 5. Фрагмент пены белкового пенообразователя с концентрацией сухих веществ 1,5 мас.%, увеличение в 56 раз.

При этом значении ККМ пена характеризуется как очень жесткая, сухая с кратностью – 15 и устойчивостью – 5 мин, полидисперсная с преобладанием крупных пузырьков диаметром 0,25-0,45 мм, также фиксируются мелкие сферы с размером 0,05-0,15 мм (рис. 5).

Заключение

Проведенные исследования показали возможность получения белковых пенообразующих препаратов путем щелочного гидролиза шламовых отходов микробиологического производства лимонной кислоты в условиях электромагнитного поля высокой частоты (СВЧ).

Использование СВЧ – обработки позволяет сократить длительность гидролиза с 2 часов (при обычных условиях) до 20 минут (при оптимальных условиях).

Показано, что более жесткие параметры СВЧ-обработки – при повышенных значениях мощности (900 Вт и более) приводят к разрушению избыточного количества молекул белка, что отрицательно отражается на качестве получаемого пенообразователя. В качестве оптимальных приняты параметры: мощность 700 Вт и длительность 20 минут.

Определены основные свойства полученного белкового пенообразователя: критическая концентрация мицеллообразования – 1 – 1,5 %; кратность – 15, стабильность – 5 минут.

Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки РФ в рамках Программы стратегического развития БГТУ им. В.Г.Шухова на 2012-2016 г.г. (№ 2011-ПР-146).

Список литературы

1. Василенко М.И., Старостина И.В. Отходы микробиологических производств – потенциальное сырье для получения пенообразователей, использующихся в строительной индустрии //Фундаментальные исследования: мат-лы научных конференций (Хорватия, 3-10 июля 2004 г.). — М.: Изд-во: «Академия Естествознания», 2004. — №3. — С. 99-101.
2. Кучкин Е.Г. Особенности производства пенобетона и современное оборудование //

Вестник БГТУ им. В.Г.Шухова. — 2003. — № 4. — С.115.

3. Сахаров Г.П., Курнышев Р.А. Потенциальные возможности неавтоклавных поробетонов в повышении эффективности энергосберегающих конструкций //Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. — 2005. — № 4. — С.22-24.

4. Строкова В.В., Череватова А.В., Павленко Н.В., Мирошников Е.В., Шаповалов Н.А. Оценка эффективности применения наноструктурированного вяжущего при получении легковесных ячеистых композитов//Вестник БГТУ им. В.Г.Шухова. — 2011. — №4. — С. 48-51.

5. Практикум по коллоидной химии / под ред. И.С. Лаврова. – М.: Высш.школа. — 1983. — 24 с.

Рецензенты:

Павленко Вячеслав Иванович, доктор технических наук, профессор, академик РАН, директор института строительного материаловедения и техносферной безопасности Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Белгородский государственный технологический университет им. В.Г.Шухова», г.Белгород.

Везенцев Александр Иванович, доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой общей химии Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Белгородский государственный национальный исследовательский университет», г.Белгород.