

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования «Ярославский государственный медицинский  
университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение  
«Научно-исследовательский институт нормальной физиологии им. П.К. Анохина»

Ярославское отделение Физиологического общества им. И.П. Павлова

Ярославское отделение Всероссийского научного общества анатомов, гистологов и  
эмбриологов

# СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ НЕЙРОБИОЛОГИИ

*Материалы V международной научной конференции*



16-18 октября 2025 года  
г. Ярославль

Печатается по решению редакционно-издательского совета федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Ярославский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации

**УДК 612.8, 616.9**

**ББК 28.91**

**ISBN 978-5-9527-0589-0**

Современные проблемы нейробиологии. Материалы V международной научной конференции. – Ярославль: ФГБОУ ВО ЯГМУ Минздрава России, 2025. – 78 с.

**Редакционная коллегия:**

Маслюков П.М. – доктор медицинских наук, профессор

Филиппов И.В. – доктор биологических наук, профессор

Пугачев К.С. – кандидат биологических наук, доцент (отв. редактор)

Моисеев К.Ю. – кандидат медицинских наук, преподаватель (редактор)

Панкратова Л.Г. – преподаватель (редактор)

© федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ярославский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, 2025 г.

ООО «Аверс плюс»  
150000, г. Ярославль, ул. Победы, 34  
Тел.: (4852) 97-69-22, 25-54-85

## **ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКАЯ ФАБРИКАЦИЯ ГИДРОГЕЛЕВЫХ КОНСТРУКТОВ ТРУБЧАТОЙ ФОРМЫ ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ В НЕЙРОРЕГЕНЕРАЦИИ**

Вахрушева Ю.С., Мартынов П.П., Черенков И.А.

*Удмуртский государственный университет, Ижевск, Россия*

Одними из наиболее частых последствий получения травм являются повреждения периферических нервов, в том числе возникновение нейропатического болевого синдрома, что приводит к потере трудоспособности. Такие повреждения нервной ткани требуют создания поддерживающих матриц – скаффолдов, служащих для заполнения разрывов и поддержания условий для восстановления нейронных связей. Гидрогели на основе альгината натрия и поливинилового спирта, благодаря биосовместимости, способности к мягкому гелеобразованию, представляют собой перспективный материал для возможного создания скаффолдов. На данный момент представлено небольшое количество работ по созданию гидрогелевых конструкций, а традиционные методы получения гидрогелей, такие как ионное сшивание альгината натрия методом «экструзии-капания», либо не позволяют контролировать геометрические размеры конструкций и формирование внутренней полости, либо сложны в исполнении.

Целью работы являлась разработка простого метода электрохимической фабрикации конструкций трубчатой формы из гелей на основе альгината натрия.

Для приготовления гидрогелей использовали раствор, содержащий 1% альгината натрия, 2% карбоната кальция и 0,5% поливинилового спирта. Формировали гидрогелевые конструкции электрохимическим осаждением в течение 3-5 минут на аноде, используя графитовые электроды толщиной 0,5-2 мм в качестве рабочего электрода и источник тока с возможностью регулирования напряжения от 1 до 3 В. Анализ диффузионной проницаемости полученных гидрогелей проводили методом циклической вольтамперометрии в диапазоне потенциалов -100...-500 мВ со скоростью развертки 100 мВ/с, используя электроактивный краситель толуидиновый синий в концентрации  $10^{-3}$  М.

Установлено, что данный метод позволяет получать на поверхности инертного рабочего электрода гидрогелевые конструкции, повторяющие его геометрию (внутренний диаметр гидрогелевого конструкта определяется толщиной электрода, а длина – глубиной погружения электрода в раствор), причем наблюдается зависимость массы конструкта от времени экспозиции: сразу после начала процесса масса растет практически линейно, по мере утолщения слоя геля процесс начинает лимитироваться диффузией. Время экспозиции и состав гелеобразователя позволяют регулировать толщину и плотность конструкта. Полученный гидрогелевый скаффолд легко снимается с электрода, сохраняя геометрические размеры и форму. Вместо графитовых электродов возможно использование электродов из платины, что снизит вероятность загрязнения конструкций частицами электродного материала для применения *in vivo*. На циклических вольтамперограммах наблюдается

стабильный отклик толуидинового синего: катодный пик наблюдается в диапазоне потенциалов -300...-400 мВ, анодный – в диапазоне -250...-350 мВ. При диффузии красителя наблюдается линейный рост токов окисления и восстановления, что говорит о хорошей диффузионной проницаемости гидрогеля для небольших органических молекул. При этом гель обладает хорошими адсорбционными свойствами, что позволяет использовать его как потенциальный носитель лекарственных препаратов.

Таким образом, метод электрофабрикации является перспективным инструментом для создания биосовместимых конструкторов на основе альгинатных гидрогелей. С помощью данного метода на этапе электрохимического осаждения представляется возможным изготовление трубчатых скаффолдов с заданной пространственной структурой и хорошими диффузионными свойствами для регенерации нервной ткани.