Применение желатиновых гель-лифтеров для сбора и последующей экстракции нуклеиновых кислот с пористых поверхностей

© Н.Н. Гермаш, М.В. Зайцева, Д.Г. Петров, Е.Д. Макарова, И.Е. Антифеев

Институт аналитического приборостроения РАН, Санкт-Петербург, Россия
E-mail: Yilatan_nata@mail.ru

Поступило в Редакцию 5 мая 2026 г.
В окончательной редакции 21 июня 2026 г.
Принято к публикации 23 октября 2026 г.

Исследовалась возможность использования желатиновых гель-лифтеров для сбора нуклеиновых кислот с пористых поверхностей (обои, дерево) с последующей экстракцией и ПЦР-анализом. Эксперименты проводились на модельных образцах коронавируса SARS-CoV-2. Сбор исследуемого материала осуществлялся диском из желатинового гель-лифтера, который затем подвергался лизису и стандартной пробоподготовке. Установлено, что эффективность сбора зависит от типа поверхности: для обоев выход нуклеиновых кислот оказался выше, чем для дерева.

Ключевые слова: гель-лифтеры, желатин, экстракция ДНК, сбор и пробоподготовка нуклеиновых кислот.

DOI: 10.61011/PJTF.2026.23.64012.9727k

Сбор и последующая экстракция нуклеиновых кислот (НК) из следовых количеств биологического материала представляют собой важный этап в судебно-медицинской экспертизе, в работе с историческими образцами и биомедицинских исследованиях [1]. Традиционные методы сбора, такие как сбор хлопковыми тампонами, липкими лентами, имеют ряд недостатков: трудности работы с пористыми и неровными поверхностями, а также необходимость этапа элюции ДНК с носителя перед экстракцией [2]. В настоящей работе исследована возможность сбора генетического материала с использованием желатиновых гель-лифтеров с пористых поверхностей (обои и дерево).

Гель-лифтер представляет собой эластичную пластину из желатина, которая при контакте с поверхностью адсорбирует исследуемый материал: частицы волос, остатки биологических жидкостей или другие источники НК. Благодаря доступной стоимости и нетоксичности желатин находит широкое применение в медицине и фармацевтике. Добавление пластификатора (например, глицерина) улучшает эластичность желатиновых пленок, а лимонная кислота стабилизирует их структуру [3]. Для высвобождения ДНК гель-лифтер растворяют в лизирующем растворе. Полное растворение пластины в лизирующем растворе обеспечивает максимальный перенос всего собранного материала. Это исключает потери на этапе смыва, неизбежные при использовании тампонов или липких лент.

Целью настоящей работы является экспериментальная оценка возможности использования желатиновых гель-лифтеров для сбора и последующей экстракции нуклеиновых кислот с таких поверхностей, как обои и дерево.

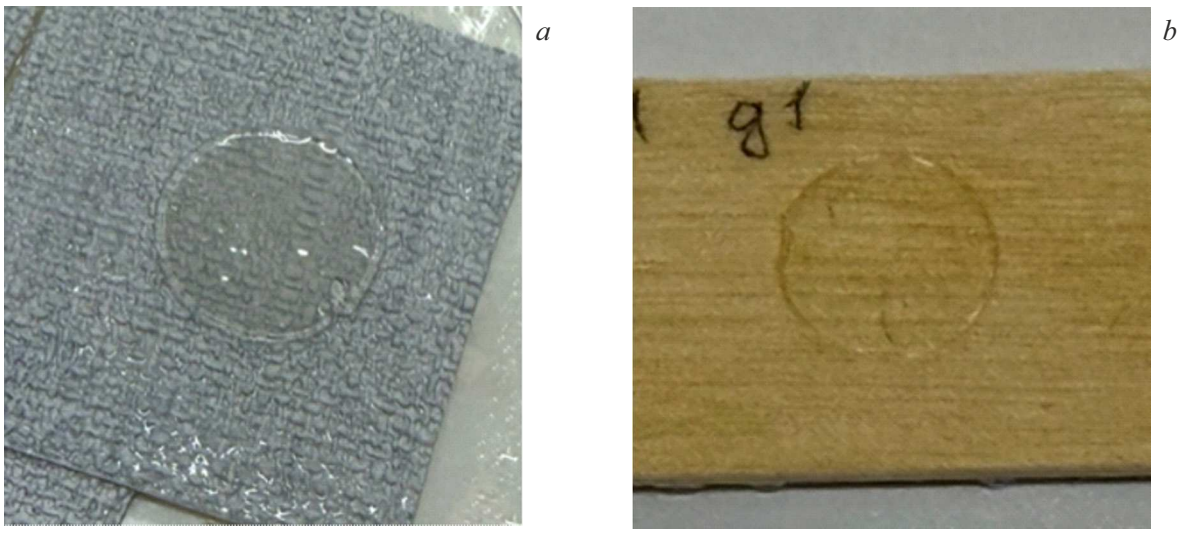


Рис. 1. Желатиновые гель-лифтеры на исследованных поверхностях. *a* — обои, *b* — медицинский деревянный шпатель.

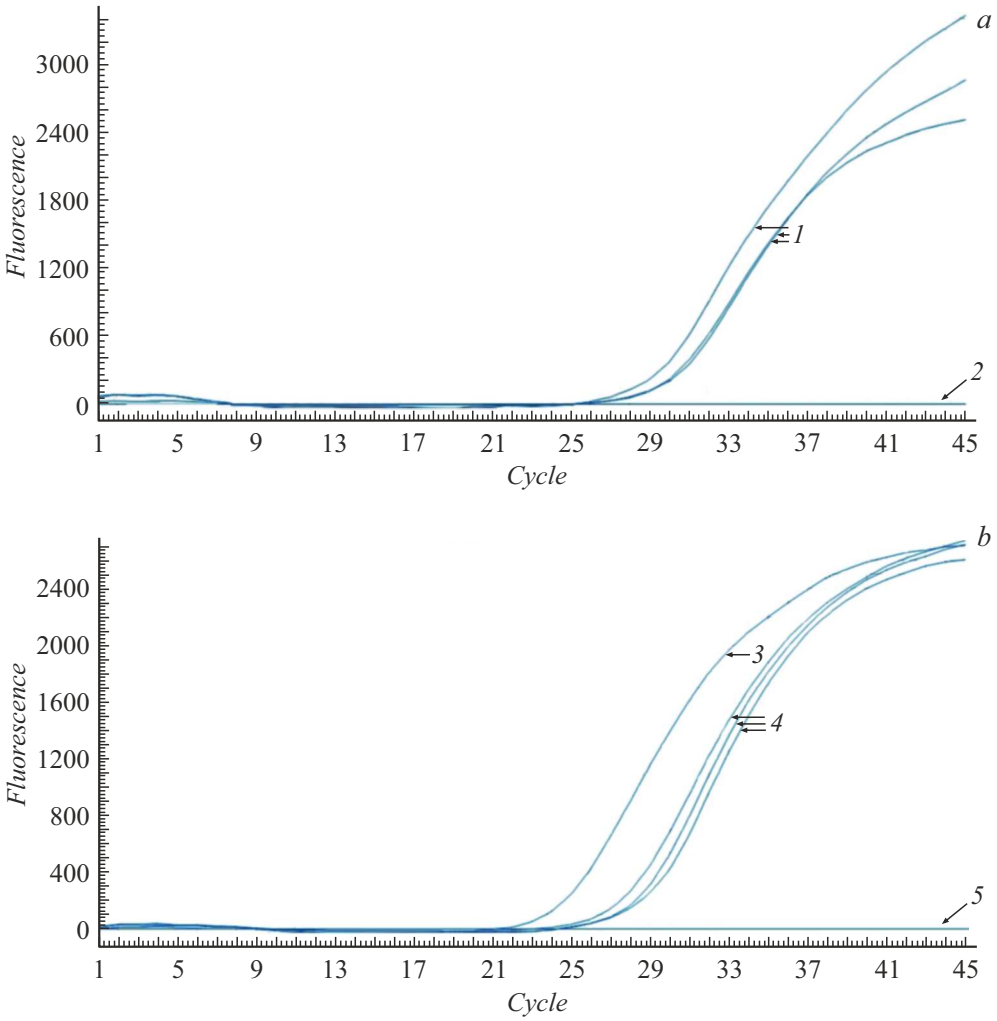


Рис. 2. Графики амплификации измерений методом ПЦР-РВ на анализаторе АНК-48. *a*) *1* — сбор с медицинского деревянного шпателя, *2* — отрицательный контроль выделения (вода) на поверхности деревянного шпателя; *b*) *3* — „ручное“ выделение (стандартная методика, соответствующая набору), *4* — сбор с поверхности обоев, *5* — отрицательный контрольный образец ПЦР-РВ.

Для создания желатиновых гель-лифтеров использовали порошковый желатин (тип А, 220 блум), воду, глицерин и лимонную кислоту в соотношении 1:6:3:0.8. Методика создания гель-лифтера описана в работе [4]. Из полученных гель-лифтеров были вырезаны диски диаметром 10 mm и толщиной 1 mm (для хранения они убирались в холодильник при температуре +4 °C).

Эффективность сбора генетического материала исследуемым методом сравнивали с эффективностью выделения НК из аналогичной пробы объемом 100 μl, добавленной сразу в лизирующий раствор. Экспериментальную оценку эффективности сбора НК проводили для таких пористых поверхностей, как обои и медицинский деревянный шпатель (рис. 1). В качестве исследуемой пробы использовали короновирус SARS-CoV-2.

На обои и медицинский деревянный шпатель наносили по 50 μl пробы короновируса SARS-CoV-2. После полного высыхания капли, содержащей пробу, поверхность орошали водой из пульверизатора. Сверху помещали диск из желатиновой подложки диаметром 10 mm и аккуратно прижимали к поверхности, оставляли на 5 min при комнатной температуре. После этого диск из желатинового гель-лифтера перекладывали в пробирку Eppendorf с лизирующим раствором. Лизирование происходило в термостате в течение 7 min при температуре 65 °C. Дальнейшая пробоподготовка и анализ осуществлялись по стандартной методике с использованием набора реагентов для выделения ДНК и РНК из клинических образцов и объектов окружающей среды (на магнитных частицах) „М-сорб-ООМ“ и набора реагентов для выявления РНК короновируса SARS-CoV-2 методом полимеразной цепной реакции в реальном времени (ПЦР-РВ) „ОТ-ПЦР-РВ-SARS-CoV-2“ (ЗАО „Синтол“, Москва). Регистрация результатов измерений осуществлялась методом ПЦР-РВ на анализаторе АНК-48 (ИАП РАН, Санкт-Петербург).

Сравнение результатов, полученных методом ПЦР-РВ, для исследованных образцов

Номер образца	Описание	Средний пороговый цикл (C_t) по R6G	Разница между исследованным образцом и выделением в пробирке (ΔC_t)
1	„Ручное“ выделение	24.26 ± 0.05	–
2	Сбор с поверхности дерева	27.75 ± 0.39	3.49
3	Сбор с поверхности обоев	25.96 ± 0.36	1.7

Для каждого типа поверхности (обои, дерево) было выполнено три независимых отбора проб различных участков каждой поверхности с использованием желатиновых гель-лифтеров. На рис. 2 приведены графики амплификации эксперимента. Для контроля контаминации на поверхность деревянного шпателя нанесли деионизированную воду, дали высохнуть капле. Далее провели все те же процедуры: аппликация гель-лифтером, пробоподготовка и ПЦР-анализ. Во всех образцах отрицательного контроля пороговый цикл (C_t) не был достигнут, что подтверждает отсутствие контаминации (на рис. 2 обозначено цифрой *2*).

В таблице приведены результаты выделения коронавируса SARS-CoV-2 из гель-лифтеров в сравнении с „ручным“ выделением в пробирке.

Пороговый цикл (C_t) для положительного контрольного образца („ручное“ выделение) получился равным 24.26 ± 0.05, для обоев — 25.96 ± 0.36, для дерева — 27.75 ± 0.39. Проведенные эксперименты подтверждают принципиальную возможность использования желатиновых гель-лифтеров для сбора нуклеиновых кислот с пористых поверхностей с последующим ПЦР-анализом. Установлено, что эффективность сбора существенно зависит от типа поверхности-носителя: наилучшие результаты получены для обоев, где относительный выход составил 30.8 % от контроля, тогда как для дерева этот показатель не превысил 8.9 %. Разница значений пороговых циклов (ΔC_t) для обоев и дерева достигла ~ 1.8 цикла, что соответствует более чем трехкратному снижению количества собранного материала. Столь низкий выход с древесины, вероятно, обусловлен глубоким проникновением жидкого образца в толщу материала. Полученные данные демонстрируют необходимость оптимизации протокола для „сложных“ поверхностей, подобных древесине. По итогам работы желатиновые гель-лифтеры могут быть рекомендованы для сбора следовых количеств ДНК/РНК с обоев и аналогичных материалов, однако для дерева требуются дополнительные методические решения.

Конфликт интересов

Авторы заявляют, что у них нет конфликта интересов.

Список литературы

[1] О.С. Антонова, Н.А. Корнева, Ю.В. Белов, В.Е. Курочкин, Научное приборостроение, **20** (1), 3 (2010).
[2] Д.Г. Петров, Е.Д. Макарова, И.Е. Антифеев, М.В. Зайцева, Научное приборостроение, **34** (1), 81 (2024).
[3] D. Hardman, T.G. Thuruthel, F. Iida, NPG Asia Mater., **14**, 11 (2022). DOI: 10.1038/s41427-022-00357-9
[4] Н.Н. Гермаш, М.В. Зайцева, Д.Г. Петров, И.Е. Антифеев, Е.Д. Макарова, Письма в ЖТФ, **51** (18), 24 (2025). DOI: 10.61011/PJTF.2025.18.61084.8102 [N.N. Germash, M.V. Zaitseva, D.G. Petrov, I.E. Antifeev, E.D. Makarova, Tech. Phys. Lett., **51** (9), 67 (2025). DOI: 10.61011/TPL.2025.09.61862.8102].