

*М. П. Зарубин, Е. В. Андреев, Е. В. Кравченко,  
У. В. Пинаева, А. Н. Нечаев, П. Ю. Апель*

## Дизайн новых материалов на основе белков экстремофильных организмов

Разработка новых биоматериалов и активных веществ на основе белков экстремофильных организмов является перспективным направлением биотехнологии. Среди белков организмов, приспособленных к экстремальным условиям, возможно обнаружение молекул с широким диапазоном функциональности, устойчивости к различным внешним воздействиям, а также обладающих другими уникальными физико-химическими свойствами. На основе данного подхода ученые ЛЯП и ЛЯР ОИЯИ разработали композитный материал с использованием белка тихоходок, способный к селективному накоплению внеклеточной ДНК из растворов.

Концентрирование и выделение внеклеточной ДНК из биологических жидкостей — актуальная задача для биотехнологической и фармацевтической про-

мышленности, медицины, экологического мониторинга и криминалистики. По этой причине новые фильтрующие материалы со специфическими функциями в отношении биологических объектов очень востребованы. В секторе молекулярной генетики клетки ЛЯП ОИЯИ проводятся систематические исследования уникальных неупорядоченных белков, обнаруженных в тихоходке *Ramazzottius varieornatus*, являющейся одним из самых устойчивых к физико-химическим стрессам организмов на Земле. Особый интерес вызывает уникальный белок тихоходок Dsup (Damage suppressor), напрямую вовлеченный в защиту ДНК при различных стрессах (радиация, окисление и т.д.) за счет формирования комплекса Dsup–ДНК.

Сотрудники Центра прикладной физики ЛЯР ОИЯИ занимаются разработками гибридных матери-

*M. P. Zarubin, E. V. Andreev, E. V. Kravchenko,  
U. V. Pinaeva, A. N. Nechaev, P. Yu. Apel*

## Design of New Materials Inspired by Proteins of Extremophile Organisms

The development of new biomaterials and active substances based on proteins of extremophiles is a perspective area of biotechnology. Among proteins of organisms, adapted to extreme conditions, it is possible to detect molecules with a wide range of functionality, resistance to various external factors, and possessing other unique physicochemical properties. Using such an approach, scientists from DLNP and FLNR JINR have developed the composite material inspired by proteins of tardigrades, capable of selective accumulation of cell-free DNA from solutions.

Concentrating and isolating cell-free DNA from biological fluids is a challenging task for the biotechnological and pharmaceutical industries, medicine, environmental

monitoring, and forensics. For this reason, new filtering materials with specific functions in relation to biological objects are of great interest. In the Sector of Molecular Genetics of Cell of DLNP JINR, systematic studies are focused on unique tardigrade disordered proteins discovered in *Ramazzottius varieornatus*, which is one of the most stress-resistant organisms on Earth. Of particular interest is the unique tardigrade Dsup (Damage suppressor) protein, which protects DNA under various stresses (radiation, oxidation, etc.) through the formation of the Dsup–DNA complex.

Scientists of the Centre of Applied Physics of FLNR JINR are developing hybrid track-membrane-based materials for diverse purposes, including medicine and bio-

алов на основе трековых мембран для применения, в том числе, в медицине и биотехнологии. Была выдвинута гипотеза о том, что белок Dsup может быть использован в дизайне новых фильтрующих материалов для избирательного улавливания молекул ДНК из растворов. В ходе совместной работы двух коллективов был получен новый материал — композит полимер-

ной (полиэтилентерефталатной) трековой мембраны с ковалентно закрепленным белком тихоходок Dsup. Эксперименты показали появление у трековых мембран нового свойства — способности адсорбировать/захватывать и накапливать молекулы внеклеточной ДНК из раствора, которые затем при необходимости могут быть десорбированы для последующих манипу-

Рис. 1. Микрофотография тела тихоходки (фронтальный вид) в активном состоянии, полученная в растровом электронном микроскопе (Sørensen-Hyugum T. et al., 2018)

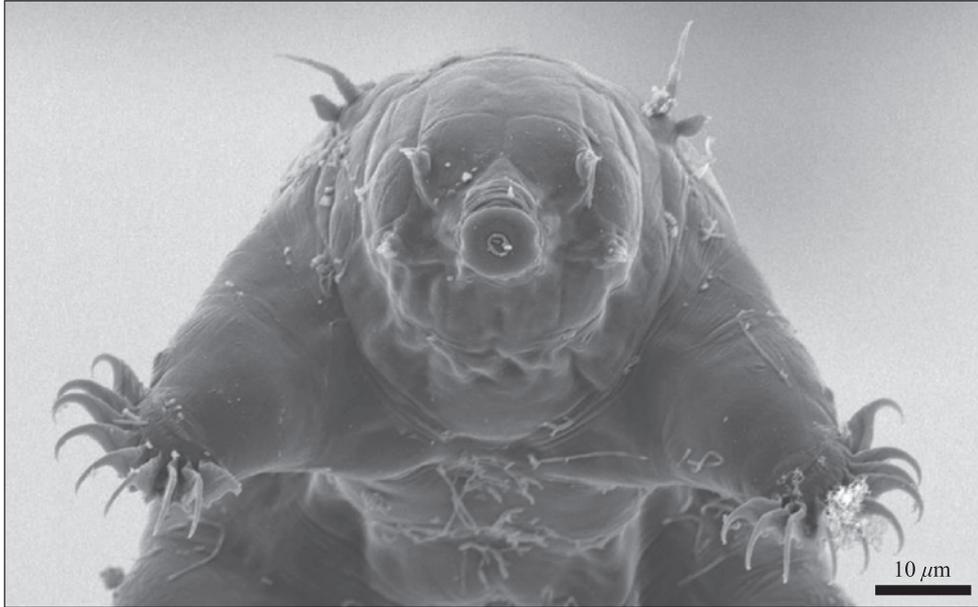


Fig. 1. Scanning electron micrograph of frontal view of tardigrade in active hydrated state (Sørensen-Hyugum T. et al., 2018)

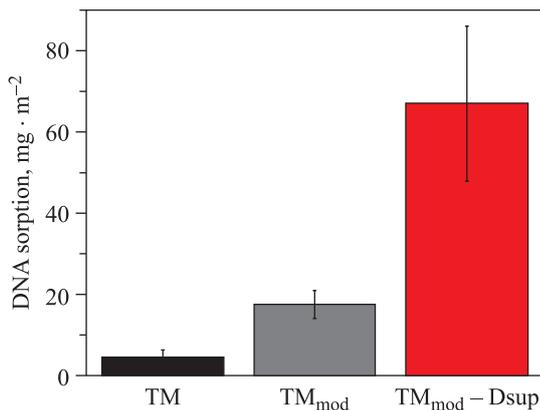


Рис. 2. Адсорбции модельной плазмидной ДНК на композитном материале. На гистограмме: немодифицированная трековая мембрана (TM), модифицированная трековая мембрана без белка (TM<sub>mod</sub>) и готовый вариант композита (TM<sub>mod</sub>-Dsup). Данные представлены как среднее ± стандартное отклонение

Fig. 2. Adsorption of model plasmid DNA on the composite material. The histogram shows unmodified track membranes (TM), modified track membranes without Dsup protein (TM<sub>mod</sub>) and final composite material (TM<sub>mod</sub>-Dsup). Data are presented as mean ± standard deviation

technology. It was hypothesized that the Dsup protein is suitable for the design of new filtering materials for selective DNA accumulation from solutions. During the collective work of two teams, a new material — a composite of a polymer (polyethylene terephthalate) track membrane with a covalently linked Dsup protein — was developed. Experiments have approved the emergence of a new prop-

erty in track membranes — the ability to adsorb/capture and accumulate cell-free DNA molecules from solution, which can further be desorbed for subsequent manipulations and analysis. The procedure for filtering and isolation of DNA is quite simple, and does not require a large number of additional reagents; the resulting material is non-toxic and compatible with various filtering devices.

ляций и анализа. Процедура фильтрования и выделения ДНК достаточно проста, не требует большого количества дополнительных реагентов, а полученный материал не токсичен и совместим с различными фильтрующими устройствами.

Выбранный подход для создания нового гибридного материала подтверждает перспективность использования белков экстремофильных организмов и синтетических белков на их основе. С полученными результатами можно ознакомиться в статье: M.Zarubin, E.Andreev, E.Kravchenko, U.Pinaeva, A.Nechaev, P.Apel «Developing Tardigrade-Inspired Material: Track Membranes Functionalized with Dsup Protein for Cell-Free DNA Isolation» (Biotechnol. Prog. 2024. V.40(3), e3478 (1–10); <https://doi.org/10.1002/btpr.3478>).

---

The selected approach confirms the perceptiveness of extremophile's proteins and their synthetic derivatives for creation of hybrid materials. The results obtained can be found in the paper "Developing Tardigrade-Inspired Material: Track Membranes Functionalized with Dsup Protein for Cell-Free DNA Isolation" by M.Zarubin, E.Andreev, E.Kravchenko, U.Pinaeva, A.Nechaev, P.Apel (Biotechnol. Prog. 2024. V.40(3), e3478 (1–10); <https://doi.org/10.1002/btpr.3478>).