

В.А. ШУВАЛОВ – ВЫДАЮЩИЙСЯ БИОФИЗИК СОВРЕМЕННОСТИ: ПЕРСОНАЛЬНЫЙ ВЗГЛЯД

© 2022 А.Ю. Семёнов^{1,2}

¹ НИИ физико-химической биологии имени А.Н. Белозерского,
Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова,
119992 Москва, Россия; электронная почта: semenov@belozersky.msu.ru

² Федеральный исследовательский центр химической физики им. Н.Н. Семенова РАН,
119991 Москва, Россия

Поступила в редакцию 10.08.2022

После доработки 19.08.2022

Принята к публикации 19.08.2022

Настоящая работа посвящена памяти крупнейшего ученого в области биофизики фотосинтеза – Владимира Анатольевича Шувалова. В статье кратко рассматриваются совместные работы автора с В.А. Шуваловым по исследованию бактериальных фотосинтетических реакционных центров, а также фотосистем 1 и 2 из цианобактерий и высших растений.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: В.А. Шувалов, биофизика фотосинтеза, фотосинтетические реакционные центры, перенос электронов, фемтосекундная спектроскопия.

DOI: 10.31857/S0320972522100025, **EDN:** BBSDKQ

Наше сотрудничество с Владимиром Анатольевичем Шуваловым началось в 1985 г в НИИ физико-химической биологии имени А.Н. Белозерского МГУ. Первые работы были посвящены исследованию электрогенных реакций в реакционных центрах (РЦ) серной пурпурной фотосинтезирующей бактерии *Rhodospseudomonas (Blastochloris) viridis*. РЦ из *R. viridis* стал первым мембранным белком, для которого была получена трёхмерная структура с атомным разрешением [1, 2]. За эту работу в 1988 г. Р. Хуберу, И. Дейзенхоферу и Х. Михелю была присуждена Нобелевская премия по химии. Сопоставление относительных вкладов отдельных стадий переноса зарядов в суммарный электрогенез с проекциями расстояний между редокс-кофакторами на нормаль к плоскости мембраны позволило сделать важный вывод о неоднородном характере распределения диэлектрической проницаемости внутри белка РЦ. По этой теме в 1986–1988 гг. нами было опубликовано несколько статей, которые получили большое цитирование, а само направление стало весьма успешно развиваться [3, 4].

В 2005 г. в Институте химической физики им. Н.Н. Семёнова РАН у нас с В.А. Шуваловым началась совместная работа по фемтосекунд-

ной спектроскопии фотосистем (ФС) 1 и 2. Вместе с В.А. Надточенко, О.М. Саркисовым, И.В. Шелаевым, М.Д. Мамедовым, Ф.Е. Гостевым А.Я. Шкуропатовым, А.А. Забелиным и Д.А. Черепановым нам удалось исследовать кинетику первичных реакций переноса электрона в РЦ пигмент-белковых комплексов ФС 1 и 2, определить природу первичных доноров и акцепторов электрона, а также приблизиться к пониманию молекулярного механизма сверхбыстрого первичного разделения зарядов в этих комплексах [5–9]. Эти работы продолжаются и сейчас, и в их успехе нельзя переоценить роль Владимира Шувалова, который являлся мировым экспертом в изучении механизмов первичных реакций в фотосинтетических РЦ.

Владимир Шувалов был не только выдающимся учёным, но и обаятельным человеком, щедро делившимся своими идеями с сотрудниками и учениками. У него был несомненный дар научной интуиции, опережавшей время, и многие его фундаментальные гипотезы, вначале не принимавшиеся научным сообществом, позднее получали экспериментальное подтверждение.

Отвлекаясь от науки, я хочу коротко сказать о человеческих качествах Владимира. Он был очень необычным человеком, спокойным, до-

брожелательным, нестандартно мыслящим, интересующимся искусством, в особенности музыкой. Он мог внимательно выслушать собеседника, убедить в своей правоте, а иногда даже изменить свою точку зрения.

Владимир Шувалов, несомненно, займет достойное и законное место в когор-

те выдающихся отечественных биофизиков вслед за Г.М. Франком, А.А. Красновским, М.В. Волькенштейном, Л.А. Блюменфельдом и другими.

Я благодарен судьбе за то, что мне довелось близко сотрудничать и неформально общаться с этим замечательным человеком.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Deisenhofer, J., Epp, O., Miki, K., Huber, R., and Michel, H. (1984) X-ray structure analysis of a membrane protein complex: electron density map at 3 Å resolution and a model of the chromophores of the photosynthetic reaction center from *Rhodospseudomonas viridis*, *J. Mol. Biol.*, **180**, 385-398, doi: 10.1016/s0022-2836(84)80011-x.
2. Deisenhofer, J., Epp, O., Miki, K., Huber, R., and Michel, H. (1985) Structure of the protein subunits in the photosynthetic reaction centre of *Rhodospseudomonas viridis* at 3 Å resolution, *Nature*, **318**, 618-624, doi: 10.1038/318618a0.
3. Dracheva, S. M., Drachev, L. A., Zaberezhnaya, S. M., Konstantinov, A. A., Semenov, A. Yu., et al. (1986) Spectral, redox and kinetic characteristics of high-potential cytochrome c hemes in *Rhodospseudomonas viridis* reaction centers, *FEBS Lett.*, **205**, 41-46, doi: 10.1016/0014-5793(86)80862-6.
4. Dracheva, S. M., Drachev, L. A., Konstantinov, A. A., Semenov, A. Yu., Skulachev, V. P., et al. (1988) Electrogenic steps in the redox reactions catalysed by photosynthetic reaction centre complex from *Rhodospseudomonas viridis*, *Eur. J. Biochem.*, **171**, 253-264, doi: 10.1111/j.1432-1033.1988.tb13784.x.
5. Shelaev, I. V., Gostev, F. E., Mamedov, M. D., Sarkisov, O. M., Nadochenko, V. A., et al. (2010) Femtosecond primary charge separation in photosystem I, *Biochim. Biophys. Acta*, **1797**, 1410-1420, doi: 10.1016/j.bbabi.2010.02.026.
6. Shelaev, I. V., Gostev, F. E., Vishnev, M. I., Shkuropatov, A. Ya., Ptushenko, V. V., et al. (2011) P680 (PD1PD2) and ChlD1 as alternative electron donors in photosystem II core complexes and isolated reaction centers, *J. Photochem. Photobiol. B Biol.*, **104**, 44-50, doi: 10.1016/j.jphotobiol.2011.02.003.
7. Nadochenko, V. A., Semenov, A. Yu., and Shuvalov, V. A. (2014) Formation and decay of P₆₈₀(P_{D1}-P_{D2})⁺Phe_{D1}⁻ radical ion pair in photosystem II core complexes, *Biochim. Biophys. Acta*, **1837**, 1384-1388, doi: 10.1016/j.bbabi.2014.01.026.
8. Cherepanov, D. A., Shelaev, I. V., Gostev, F. E., Mamedov, M. D., Petrova, A. A., et al. (2017) Mechanism of adiabatic primary electron transfer in photosystem I: Femtosecond spectroscopy upon excitation of reaction center in the far-red edge of the Q_y band, *Biochim. Biophys. Acta*, **1858**, 895-905, doi: 10.1016/j.bbabi.2017.08.008.
9. Cherepanov, D. A., Shelaev, I. V., Gostev, F. E., Aybush, A. V., Mamedov, M. D., et al. (2020) Generation of ion-radical chlorophyll states in the light-harvesting antenna and the reaction center of cyanobacterial photosystem I, *Photosynth. Res.*, **146**, 55-73, doi: 10.1007/s11120-020-00731-0.

V. A. SHUVALOV AS AN OUTSTANDING BIOPHYSICIST OF OUR TIME: PERSONAL VIEW

A. Yu. Semenov^{1,2}

¹ *Belozersky Institute of Physical-Chemical Biology, Lomonosov Moscow State University, 119992 Moscow, Russia; E-mail: semenov@belozersky.msu.ru*

² *Semenov Federal Research Center for Chemical Physics, Russian Academy of Sciences, 119991 Moscow, Russia*

This work is dedicated to the memory of the largest scientist in the field of biophysics of photosynthesis – Vladimir Anatolyevich Shuvalov. The article briefly discusses the joint work of the author with V. A. Shuvalov on the study of bacterial photosynthetic reaction centers, as well as photosystems I and II from cyanobacteria and higher plants.

Keywords: V. A. Shuvalov, biophysics of photosynthesis, photosynthetic reaction centers, electron transfer, femtosecond spectroscopy