

## ПАМЯТИ АЛЕКСЕЯ АНДРЕЕВИЧА ВЕРЕНИНОВА (1932–2022)

DOI: 10.31857/S0041377123040089, EDN: ZHIWEW



5 июля 2022 г. на 91-м году жизни после тяжелой продолжительной болезни скончался Алексей Андреевич Веренинов, доктор биологических наук, руководитель Группы физиологии ионного транспорта в Отделе молекулярной физиологии клетки Института цитологии РАН (ИНЦ РАН, Санкт-Петербург), известный ученый в области физиологии клетки.

Алексей Андреевич всю свою трудовую научную жизнь (65 лет, начиная с 1957 г.) провел в Институте цитологии РАН. Он начинал работу в Лаборатории физиологии клетки, основателями которой были Д.Н. Насонов (первый директор и основатель ИНЦ РАН) и А.С. Трошин. Эту лабораторию после смерти А.С. Трошина Алексей Андреевич возглавил и руководил ею 33 года (1986–2019 гг.).

Исследовательская работа Алексея Андреевича была направлена на изучение природы асимметрич-

ного распределения ионов между цитоплазмой и средой и механизма возникновения разности электрических потенциалов на плазматической мембране. Он занимался фундаментальными вопросами ионного гомеостаза животных клеток – изучением транспорта ионов через плазматическую мембрану клетки, регуляция которого лежит в основе функциональной активности клеток, а ее нарушение может служить первопричиной многих патологий в организме. Блестящий и бескомпромиссный экспериментатор, Алексей Андреевич начинал свою научную работу на одном из классических объектов цитологов того времени – скелетных мышечных волокнах лягушки.

Алексей Андреевич вместе с коллегами разработал комплекс методов, основанных на радиоизотопном и пламенно-эмиссионном анализе, позволяющих на одном объекте одновременно измерять внутриклеточное

содержание основных ионов и оценивать потоки однозарядных ионов через клеточную мембрану. Исследования были сосредоточены на фундаментальных вопросах ионного гомеостаза клеток животных. Результаты многолетней работы нашли свое отражение в монографии “Транспорт ионов через клеточную мембрану. Анализ потоков” (Л.: Наука, 1978. 286 стр.). В этой книге, впервые для своего времени, была представлена обширная сводка данных по концентрационным зависимостям потоков однозарядных ионов в системах переноса через плазматическую мембрану и проведен строгий анализ модели “насос–утечка”. Монография была представлена в качестве кандидатской диссертации, но ВАК присудил Веренинову Алексею Андреевичу сразу степень доктора биологических наук.

Второй значительной работой по исследованию транспорта однозарядных ионов у пролиферирующих клеток стала совместная с И.И. Мараховой книга “Транспорт ионов у клеток в культуре” (Л.: Наука, 1986. 291 стр.), не имевшая аналогов в зарубежной литературе. Книга была выбрана Издательством Pergamon Press для издания на английском языке, переведена, но, к сожалению, из-за бюрократических проблем так и не была опубликована за рубежом.

В дальнейшем одним из направлений работы Алексея Андреевича было углубленное исследование транспорта моновалентных ионов при переходе клеток от покоя к пролиферации на модели активируемых лимфоцитов человека, которое включало изучение экспрессии мРНК важнейших ионных транспортеров (ATP1B1, NHE1, NKCC1) параллельно с ключевыми регуляторами клеточной пролиферации (белков Bcl-2, p53 и hSGK). Исследования динамики экспрессии группы мРНК при активации лимфоцитов человека не теряют своей оригинальности как на фоне отечественных работ, так и в сопоставлении с зарубежной литературой. В этих исследованиях предпринята попытка найти узел сигнальной сети, определяющий “групповую” экспрессию мРНК.

Еще одним направлением работы стало изучение сдвигов ионного и водного баланса клеток при апоптозе, проводимое на известной экспериментальной модели апоптоза – лимфоидных клетках человека U937, подвергнутых действию стауроспорина и этопозида. Было выявлено, что апоптоз не всегда сопровождается дегидратацией клеток. Также было установлено, что характерной особенностью “программируемой смерти” клеток следует считать не дегидратационное “сморщивание” клетки (shrinkage), а отсутствие набухания, которое при неспецифическом повреждении клетки приводит к разрывам клеточной мембраны. Количественная оценка изменения содержания внутриклеточных ионов в апоптотических клетках показала, в какой мере изменение

содержания воды в клетке во время апоптоза определяется выходом ионов калия и хлора, поступлением ионов натрия и изменением содержания эндогенных осмолитов.

Основное внимание Алексея Андреевича было направлено на системный анализ баланса потоков моновалентных ионов через плазматическую мембрану в животных клетках. Особое значение в понимании механизмов регуляции объема клетки он придавал математическому моделированию и считал, что в сложной системе взаимозависимостей ионных потоков через клеточную мембрану невозможно получить ответы на многие вопросы без адекватной математической модели. Именно разработку алгоритма расчета баланса потоков основных моновалентных ионов через мембрану животных клеток, учитывающего все основные тракты переноса (Na/K-насос, электродиффузионные каналы и катион-хлоридные котранспортеры) он считал наиболее существенным достижением своей научной деятельности. Предложенный им алгоритм успешно апробирован в экспериментах на лимфоидных клетках и на эритроцитах человека для предсказания динамики изменения баланса потоков однозарядных ионов после выключения Na/K-насоса. Разработанный Алексеем Андреевичем математический аппарат позволяет выявлять роль отдельных трактов в изменении ионного и водного баланса клетки в том или ином процессе, например, при апоптозе или переходе клеток к пролиферации, а также рассчитывать динамику перераспределения однозарядных ионов после изменения параметров систем переноса. Программа расчета потоков моновалентных ионов через плазматическую мембрану с отображением результатов в графическом формате представлена в открытом доступе (<https://vereninov.com/cellionfluxes>) и может быть использована как учебная для демонстрации роли отдельных каналов и транспортеров в регуляции мембранного потенциала и содержания ионов и воды в клетке.

Алексей Андреевич Веренинов был ведущим специалистом в области физиологии клетки и ионного транспорта, автором многих научных трудов, заслуживших мировое признание. Он поддерживал научные контакты со многими зарубежными учеными, принимал участие в международных конференциях, посвященных вопросам регуляции клеточного объема и ионного гомеостаза клеток. 20 января 2022 г. Алексею Андреевичу исполнилось 90 лет. Его зарубежные коллеги посвятили ему небольшую юбилейную online-конференцию. К сожалению, здоровье не позволило Алексею Андреевичу принять участие в этой конференции, но он подготовил материал об итогах своей работы, на публикацию которого он очень надеялся. В настоящее время этот материал принят к публикации в новом журнале “Paracelsus

Proceedings of Experimental Medicine (PPEXMed)” (издается с 2022 г. под редакцией М. Ritter, Германия), в специальном выпуске, посвященном памяти А.А. Веренинова. Этот выпуск журнала включает работы по исследованию роли транспорта ионов в регуляции функциональной активности клеток, включая апоптоз, пролиферацию и дифференцировку клеток.

Алексей Андреевич был ученым-естествоиспытателем, он активно любил природу и в совместных с зоологами экспедициях много путешествовал по стране: он побывал на Дальнем Востоке, Камчатке, Кольском полуострове, в Средней Азии и Приволжье. Бескомпромиссным отношением к главному делу своей жизни – науке – и глубокой любовью к природе Алексей Андреевич всегда стремился поделиться с окружающими, в особенности с молодым

поколением своей большой семьи Верениновых – сыном, племянниками, внуками и правнучками, к которым всегда очень чутко относился.

Алексей Андреевич Веренинов был искренне преданным науке ученым, его работы внесли существенный вклад в исследование фундаментальных вопросов физиологии клетки и надолго останутся востребованными специалистами в этой области. В июне 2021 года, приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, Алексей Андреевич был награжден медалью “За безупречный труд и отличие”, что в полной мере соответствует его жизненной позиции.

*В.Е. Юринская, И.И. Марахова, И.А. Гамалей,  
А.А. Рубашкин, А.В. Мошков, А.Н. Томилин*

### **In memory of Alexey Andreevich Vereninov (1932–2022)**

**V. E. Yurinskaya, I. I. Marakhova, I. A. Gamaley, A. A. Rubashkin, A. V. Moshkov, A. N. Tomilin**