

ВУЧОНЫЯ БЕЛАРУСІ
SCIENTISTS OF BELARUS**Памяти члена-корреспондента АН СССР Александра Аркадьевича Шлыка
(К 90-летию со дня рождения)**

1 ноября 2018 г. исполнилось 90 лет со дня рождения Александра Аркадьевича Шлыка – члена-корреспондента АН СССР, доктора биологических наук, профессора, организатора и первого директора Института фотобиологии АН БССР (с 2004 г. Институт биофизики и клеточной инженерии НАН Беларуси), ученого с мировым именем в области изучения биосинтеза хлорофилла и биогенеза фотосинтетического аппарата.

А. А. Шлык родился в Минске в семье служащих. В 1950 г. он с отличием окончил химический факультет Белорусского государственного университета имени В. И. Ленина. Свой трудовой путь А. А. Шлык начал в Институте биологии АН БССР в лаборатории академика АН БССР Т. Н. Годнева. В 1951 г. он поступил в аспирантуру Института биологии АН БССР. Его первая работа о роли фосфора в структуре хлоропласта в соавторстве с Т. Н. Годневым была опубликована в журнале «Доклады АН СССР» в 1952 г. В последующие годы научные интересы А. А. Шлыка были направлены на изучение процессов биосинтеза хлорофилла в зеленом растении. Разрабатывая методы хроматографического разделения и очистки хлорофиллов, А. А. Шлык впервые применил радиоактивные индикаторы для изучения метаболизма пигментов и в 1954 г. защитил кандидатскую диссертацию на тему: «Применение метода меченых атомов в исследовании химизма синтеза хлорофилла в природе». За сравнительно короткий период времени А. А. Шлык стал ведущим ученым в области фотосинтеза и фотобиологии, и уже в 1954 г. он был назначен заместителем директора Института биологии АН БССР, а в 1957 г. – руководителем созданной им Лаборатории биофизики и изотопов АН БССР. В 1963 г. А. А. Шлык защитил докторскую диссертацию на тему: «Исследование метаболизма хлорофилла в зеленом растении радиоизотопным методом». В 1965 г. ему было присуждено звание профессора, а в 1966 г. он был избран членом-корреспондентом АН СССР. В 1973 г. Лаборатория биофизики и изотопов АН БССР была реорганизована в Институт фотобиологии АН БССР. А. А. Шлык стал его директором и занимал эту должность вплоть до 1984 г.

Научная деятельность А. А. Шлыка по времени совпала со стремительным внедрением во все области биологии метода меченых атомов. Глубокое знание химии и тонкостей изотопного метода, умелое использование математического аппарата для всестороннего теоретического анализа экспериментального материала позволили ему за сравнительно небольшой срок получить результаты, ставшие фундаментальными в науке о биосинтезе хлорофилла в растении и его состоянии в фотосинтетической мембране. Сосредоточив внимание на изучении начальных этапов биосинтеза хлорофилла и его обновления, он доказал постоянство протекания этого процесса в течение всей жизни растения и раскрыл его физиологическое значение, установив прямое участие хлорофилла в обмене вещества зеленого растения, где он не только осуществляет акт фотосинтеза, но и сам является одним из продуктов метаболизма. Так возник термин «метаболизм хлорофилла» для обозначения ветви обмена веществ, обеспечивающей биосинтез и обновление пигментного фонда в зеленом растении.



Наличие метаболизма хлорофилла в растении поставило вопрос о взаимодействии в этом процессе двух главных пигментов – хлорофиллов *a* и *b*. В результате многолетних исследований биосинтетических взаимоотношений этих двух пигментов А. А. Шлык и его ученики пришли к выводу, что избирательно из особого подфонда молекул хлорофилла *a*, содержащего свежесформированные «молодые» молекулы пигмента, последовательно образуются *in vivo* молекулы хлорофилла *b*. Следует, однако, отметить, что применение современных молекулярно-генетических подходов, позволивших выявить гены, кодирующие ферменты синтеза хлорофилла *b*, изучить их свойства и клонировать продукты этих генов, дало представление о том, что преобразование метильной группы хлорофилла *a* в формильную группу хлорофилла *b* происходит на уровне хлорофиллидов *a* и *b* с помощью фермента хлорофиллид *a*-оксигеназы. Последующая эстерификация хлорофиллида *b* до хлорофилла *b* осуществляется хлорофилл-синтетазой. Возможно, история этого вопроса еще не закрыта и ждет своего продолжения и разумного объяснения. Тем не менее, идея А. А. Шлыка о рассмотрении фонда хлорофилла *a* как гетерогенной «по возрасту» системы послужила основой для доказательства метаболической гетерогенности хлорофилла в растении.

Открытие метаболической гетерогенности хлорофилла – одно из важнейших научных достижений А. А. Шлыка. Оно основывалось на экспериментальном доказательстве особого состояния свежесформированных «молодых» молекул пигмента в фотосинтетической мембране, объяснившим преимущественную экстракцию таких молекул малополярными растворителями. Свежесформированные молекулы хлорофилла характеризовались также особыми свойствами – они легче подвергались фотовыцветанию, гидролизу эндогенной и экзогенной хлорофиллазой, прижизненной феофитинизации, разрушению при действии ультразвука и длительном затемнении, т. е. находились в состоянии повышенной лабильности. От установления метаболической неоднородности пигментного фонда был переброшен мост к концепции метаболической гетерогенности фотосинтетических мембран. В частности, было показано концентрирование свежесформированных молекул хлорофилла в легких фрагментах фотосинтетических мембран, что предполагало наличие особых участков мембран, названных центрами биосинтеза хлорофилла (ЦБХ), из которых возникшие молекулы пигмента могут транспортироваться в сложноорганизованные фотосистемы для участия в фотосинтетическом акте. Предполагалось также, что функционирование ЦБХ обеспечивается высокоорганизованными полиферментными комплексами, осуществляющими как минимум заключительные стадии биосинтеза хлорофилла и его метаболизм. При этом не исключалось, что существует единый полиферментный комплекс, осуществляющий как начальные, так и конечные стадии процесса.

Гипотеза о существовании *in vivo* мультиферментного комплекса, осуществляющего биосинтез хлорофилла, в настоящее время подтверждается целой серией генетических и биохимических исследований. Так, показано существование двух типов надмолекулярных комплексов, участвующих в синтезе ключевого предшественника хлорофилла – 5-аминолевулиновой кислоты, разная структурная организация которых предопределяет их участие в синтезе хлорофильных или геминовых тетрапирролов. Имеется ряд доказательств наличия комплексов между порфириногендеаминазой и уропорфириноген III-синтетазой, протопорфириноген IX-оксидазой и феррохелатазой, магний-хелатазой и метилтрансферазой. Широко обсуждается модель надмолекулярного комплекса, участвующего в формировании «фотоактивной» и «фотонеактивной» форм протохлорофиллида. На основании экспериментальных данных предлагается модель надмолекулярного комплекса, состоящего из 7–8 мономеров протохлорофиллидоксиоредуктазы и 1 молекулы хлорофилл-синтетазы. Наряду с этим обнаружение переноса энергии между предшественниками хлорофилла, начиная от протопорфирина IX к протохлорофиллиду и далее к хлорофиллиду, означает, что эти интермедиаты синтезируются практически в одних и тех же участках мембран пластиды (центрах биосинтеза), что и позволяет им обмениваться поглощенной энергией. Это также свидетельствует о пространственной близости ферментов, участвующих в их образовании, и является еще одним доводом в пользу существования мультиферментного комплекса. Можно надеяться, что дальнейший прогресс в иммунохимических и визуализационных методах позволит экспериментально доказать существование такой сложноорганизованной надмолекулярной мультиферментной структуры.

«Корпускулярный» подход в представлениях о топографии и структурной организации процесса биосинтеза хлорофилла в мембранах хлоропласта оказался успешным при изучении регуляции образования хлорофилла. А. А. Шлык рассматривал любое воздействие на процесс формирования молекулы пигмента с двух сторон: воздействие как на число единиц, производящих хлорофилл, так и на производительность каждого отдельного центра. Таким образом, он стремился увидеть за сложными изменениями деятельности биосинтетического аппарата показатели, характеризующие активность каждой отдельной его биосинтетической единицы, и особенно оценить влияние на общее число таких единиц в исследуемой системе.

Интригующим оказалось обнаружение существования нескольких типов ЦБХ, в которых функционировали разные механизмы контроля активности ферментной системы, отвечающей за синтез АЛК. Показано, что одни ЦБХ синтезируют только хлорофилл *a*, который формирует реакционные центры двух фотосистем фотосинтетического аппарата, функционирующих как на свету, так и в темноте. Другие ЦБХ активны только на свету и синтезируют хлорофиллы *a* и *b* для светособирающей антенны. Причиной светозависимости синтеза АЛК, по-видимому, является использование данным типом центров исключительно фотосинтетических энергетических и восстановительных субстратов – АТФ и НАДФ-Н. Это означает, что сам фотосинтетический аппарат управляет своим образованием, контролируя синтез входящего в его состав хлорофилла. Открытие гетерогенной системы ЦБХ с разными механизмами регуляции их активности может иметь глубокий биологический смысл и объяснять, в частности, один из важных путей адаптации фотосинтетического аппарата к меняющимся внешним условиям через изменение соотношения между реакционными центрами фотосистем и их светособирающими комплексами.

В последние годы А. А. Шлык особое внимание уделял изучению процесса формирования пигментного аппарата в ходе биогенеза фотосинтетических мембран. При этом с помощью современных методов было более детально выяснено, насколько система биосинтеза хлорофилла может быть сформирована в отсутствие света. В дополнение к хорошо известным данным о существовании в этиолированных листьях биосинтетического механизма, конечным продуктом которого является протохлорофиллид, в результате инфильтрации в этиолированные листья различных экзогенных субстратов были получены убедительные доказательства того, что в них имеются и ферментные системы, способные превращать хлорофиллид *a* в хлорофилл *a* и хлорофиллид *b* в хлорофилл *b*, а также осуществлять прямое и обратное превращение хлорофиллов *a* и *b*. Инициированные Александром Аркадьевичем иммунохимические исследования позволили выявить в этиопластах апобелки реакционных центров фотосистем и светособирающих комплексов, что в целом указывает на принципиальную возможность использования материала этиопластов в процессе биогенеза фотосинтетических мембран.

Особое место в работах А. А. Шлыка занимали исследования, позволившие выявить новый класс субмембранных частиц хлоропластов, которые сохраняют нативную молекулярную организацию и в которых осуществляются первичные фотофизические и фотохимические реакции фотосинтеза. Показано, что специфические для различных видов растений субмембранные частицы содержат относительно универсальные для фотосинтезирующих организмов блоки – пигмент-белковые комплексы, а также своеобразные по составу непигментированные белки и липиды.

А. А. Шлык – автор более чем 300 научных работ, в том числе двух монографий: «Метод меченых атомов в изучении биосинтеза хлорофилла» (1956) и «Метаболизм хлорофилла в зеленом растении» (1965). Обе монографии переизданы за границей. Ряд обзоров и статей написан по специальным заказам советских и иностранных издательств.

В качестве доцента (1957–1959 гг.), а потом профессора (1965–1970, 1981–1982 гг.) Александр Аркадьевич вел плодотворную педагогическую работу на химическом и биологическом факультетах БГУ им. В. И. Ленина, читая курс по изотопным методам исследования, биохимии и физиологии растений. Среди учеников А. А. Шлыка 8 докторов и 34 кандидата наук.

Александр Аркадьевич Шлык был крупным организатором науки. Его деятельность в качестве председателя Научного совета АН БССР по фотосинтезу и фотобиологии растений, заместителя председателя аналогичного совета АН СССР, заместителя председателя Межреспубликанского научного совета по проблеме «Сохранение, переработка и транспортировка сель-

скохозияственной продукции» и председателя Белорусской секции этого совета, члена бюро Отделения биологических наук АН БССР, члена совета Всесоюзного биохимического общества служила развитию фундаментальных научных и прикладных исследований в СССР.

А. А. Шлык был членом редколлегии журнала «Весті АН БССР. Серыя біялагічных навук», членом редакционных советов журналов «Биохимия», «Биофизика» и «Молекулярная биология», редколлегии международных журналов «Photosynthetica», «Physiologia Vegetable», «Photobiochemistry and Photobiophysics».

Огромное внимание Александр Аркадьевич уделял международному сотрудничеству ученых. С 1966 г. он руководил работами по исследованию биогенеза, структуры и функции фотосинтетического аппарата в связи с превращением солнечной энергии, проводимыми учеными стран – членов СЭВ, около 6 лет он возглавлял Белорусский республиканский комитет по Международной биологической программе, который координировал исследования научно-исследовательских институтов и высших учебных учреждений республики по самым разным направлениям биологии и медицины, был участником и организатором симпозиумов и секций на многих всесоюзных и международных конгрессах, где выступал с докладами на пленарных заседаниях. В 1981 г. на V Международном конгрессе по фотосинтезу он был избран в состав Международного комитета по фотосинтезу.

Заслуги А. А. Шлыка в развитии науки отмечены высокими правительственными наградами – орденом Трудового Красного Знамени, медалью «За доблестный труд в ознаменование 100-летия со дня рождения В. И. Ленина» и Почетной грамотой Верховного Совета БССР.

Основными чертами А. А. Шлыка как ученого являлись глубокая преданность науке, ясное видение и понимание ее узловых проблем. Чрезвычайно высокая требовательность к себе сочеталась в нем с удивительной работоспособностью. Научное наследие А. А. Шлыка, его труды, в которых отразились его широкая эрудиция и бесценный капитал идей, долго будут служить примером его последователям, кто избрал целью своей жизни работу в одной из самых важных областей биологических знаний – науке о фотосинтезе. Имя члена-корреспондента А. А. Шлыка, посвятившего себя изучению фотосинтетического аппарата растений и создавшего белорусскую школу фотосинтетиков, по праву стоит в ряду всемирно известных имен исследователей хлорофилла и фотосинтетического аппарата.

В октябре 2017 г. имя Александра Аркадьевича Шлыка было увековечено: в фойе биологического корпуса НАН Беларуси (ул. Академическая, 27) была открыта мемориальная доска в его честь. В июне 2018 г. состоялось заседание секции «Фотосинтез и фотобиология» в рамках Международной научной конференции «Молекулярные, мембранные и клеточные основы функционирования биосистем» и 13-го съезда Белорусского общественного объединения фотобиологов и биофизиков, посвященное 90-летию со дня рождения А. А. Шлыка.

*И. Д. Волотовский, Н. Г. Аверина, Н. В. Шалыго,
Е. И. Слобожанина, Л. Ф. Кабашикова, А. Е. Гончаров*