

ВУЧОНЫЯ БЕЛАРУСІ**АЛЕКСАНДР АРКАДЬЕВИЧ ШЛЫК****(К 85-летию со дня рождения)**

Александр Аркадьевич Шлык родился 1 ноября 1928 г. в Минске в семье служащих. В 1950 г. он с отличием окончил химический факультет Белорусского государственного университета имени В. И. Ленина. Свой трудовой путь он начал в Институте биологии АН БССР в лаборатории академика АН БССР Т. Н. Годнева. В 1951 г. А. А. Шлык 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. В 1954 г. он успешно защитил кандидатскую диссертацию на тему: «Применение метода меченых атомов в исследовании химизма синтеза хлорофилла в природе». За сравнительно короткий период вре-

мени А. А. Шлык становится ведущим ученым в области фотосинтеза и фотобиологии. Это привело к тому, что уже в 1954 г. Александр Аркадьевич назначается 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 защищает докторскую диссертацию на тему «Исследование метаболизма хлорофилла в зеленом растении радиоизотопным методом» и через 2 года ему присуждается звание профессора, а в 1966 г. его избирают членом-корреспондентом АН СССР. В 1973 г. Лаборатория биофизики и изотопов АН БССР реорганизуется в Институт фотобиологии АН БССР и А. А. Шлык становится его директором вплоть до 1984 г.

Александр Аркадьевич Шлык начал свою научную деятельность во время стремительного внедрения 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 состоянии хлорофилла в фотосинтетической мембране. Сосредоточив внимание на изучении начальных этапов биосинтеза хлорофилла и его обновления, А. А. Шлык доказал постоянство протекания этого процесса в течение всей жизни растения и раскрыл его физиологическое значение – прямое участие хлорофилла в обмене вещества зеленого растения, где он не только осуществляет акт фотосинтеза, но и сам является одним из продуктов метаболизма. После работ А. А. Шлыка термин «метаболизм хлорофилла» вошел в научную литературу для обозначения ветви обмена веществ, обеспечивающей биосинтез и обновление пигментного фонда в зеленом растении.

Существование метаболизма хлорофилла в растении поставило вопрос о связи в этом процессе двух главных фотосинтетических пигментов – хлорофиллов *a* и *b*. Результатом многолетних исследований их биосинтетических взаимоотношений, проведенных А. А. Шлыком и его

учениками, стал вывод о последовательном избирательном образовании *in vivo* молекул хлорофилла *b* из особого подфонда молекул хлорофилла *a*, содержащего свежееобразованные («молодые») молекулы пигмента. Последующие исследования с использованием современных молекулярно-генетических подходов позволили выявить гены, кодирующие ферменты синтеза хлорофилла *b*, изучить их свойства и клонировать продукты этих генов, и показали, что преобразование метильной группы хлорофилла *a* в формильную группу хлорофилла *b* происходит на уровне хлорофиллидов *a* и *b* с помощью фермента хлорофиллид *a*-оксигеназы. Финальная этерификация хлорофиллида *b* до хлорофилла *b* осуществляется хлорофилл-синтетазой. Следует отметить, что идея А. А. Шлыка о фонде хлорофилла *a* как гетерогенной «по возрасту» системе послужила основой доказательства метаболической гетерогенности хлорофилла в растении.

Открытие метаболической гетерогенности хлорофилла – одно из важнейших научных достижений А. А. Шлыка – основывается на экспериментальном доказательстве особого состояния свежееобразованных «молодых» молекул пигмента в фотосинтетической мембране. Свежееобразованные молекулы хлорофилла имеют особые свойства – преимущественно экстрагируются малополярными растворителями, легче подвергаются фотовыцветанию, гидролизу эндогенной и экзогенной хлорофиллазой и прижизненной феофитинизации, разрушению под действием ультрафиолета и длительном затемнении, т. е. находятся в состоянии повышенной лабильности. Затем от метаболической неоднородности пигментного фонда был переброшен мостик к метаболической гетерогенности фотосинтетических мембран. В частности, была показана более высокая концентрация свежееобразованных молекул хлорофилла в легких фрагментах фотосинтетических мембран, полученных при дифференциальном центрифугировании, что привело к представлению об особых участках мембран, названных А. А. Шлыком «центрами биосинтеза хлорофилла – ЦБХ», из которых молекулы пигмента могут транспортироваться в сложноорганизованные фотосистемы, где они участвуют в фотосинтетическом процессе. А. А. Шлык предположил также, что ЦБХ представляют собой высокоорганизованный полиферментный комплекс, осуществляющий как минимум заключительные стадии биосинтеза хлорофилла и его метаболизм. При этом не исключалась возможность существования единого полиферментного комплекса, в котором реализуются 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 надмолекулярных комплексов, участвующих в синтезе ключевого предшественника хлорофилла – молекул 5-аминолевулиновой кислоты (АЛК), имеется ряд доказательств наличия комплексов между порфобилиногендеаминазой 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 протохлорофиллидоксидоредуктазы и одной 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 (центрах биосинтеза) мембран тилакоида, обмениваются поглощенной энергией, т. е. характеризуются пространственной близостью. Это является еще одним доводом в пользу существования мультиферментного комплекса.

«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 на число единиц, производящих хлорофилл, и на производительность каждого отдельного центра, т. е. сложные изменения функционирования биосинтетического аппарата были обусловлены изменениями активности каждой его биосинтетической единицы и общего числа 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. Было показано, что одни ЦБХ синтезируют только хлорофилл *a*, который формирует реакционные центры двух фотосистем фотосинтетического аппарата, и могут функционировать и на свету, и в темноте. Другие – активны только на свету и синтезируют хлорофиллы *a* и *b* для светособирающей антенны. 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 имеет глубокий биологический смысл и объясняет способность фотосинтетического аппарата адаптироваться к меняющимся внешним условиям через изменение соотношения между реакционными центрами фотосистем и их светособирающими комплексами.

В последние годы жизни А. А. Шлык уделял особое внимание изучению процесса формирования пигментного аппарата в ходе биогенеза фотосинтетических мембран. 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 биосинтетической машины, конечным продуктом которой является протохлорофиллид, с помощью инфильтрации в этиолированный лист различных экзогенных субстратов были получены убедительные доказательства того, что в них имеются и ферментные системы, способные осуществлять превращение хлорофиллида *a* в хлорофилл *a* и хлорофиллида *b* в хлорофилл *b*, а также прямое и обратное превращение хлорофиллов *a* и *b*. Проведенные А. А. Шлыком иммунохимические исследования позволили идентифицировать в этиопластах апобелки реакционных центров фотосистем и светособирающих комплексов, что в целом указывало на использование биоматериала этиопластов при биогенезе фотосинтетических мембран.

Особое место в работах А. А. Шлыка занимали исследования, позволившие выявить новый класс субмембранных частиц хлоропластов, сохраняющих нативную молекулярную организацию и осуществляющих первичные фотофизические и фотохимические реакции фотосинтеза. Было 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 монографий «Метод меченых атомов в изучении биосинтеза хлорофилла (1956)» и «Метаболизм хлорофилла в зеленом растении» (1965). Обе монографии переизданы за рубежом на английском языке. Ряд обзоров и статей написан им по специальным заказам отечественных и иностранных издательств.

В качестве доцента (1957–1959), а потом профессора (1965–1970, 1981–1982) он вел плодотворную педагогическую работу на химическом и биологическом факультетах БГУ им. В. И. Ленина, читая курсы по изотопным методам исследования и фотосинтезу. 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 сельскохозяйственной продукции» и председателя Белорусской секции этого совета, члена бюро Отделения биологических наук АН БССР, члена совета Всесоюзного биохимического общества была направлена на развитие в СССР фундаментальных и прикладных научных исследований в области биологии.

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

Большую продуктивную работу проводил Александр Аркадьевич в области международного научного сотрудничества. 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 шести лет он возглавлял Белорусский республи-

канский комитет по Международной биологической программе, который координировал исследования научно-исследовательских институтов и высших учебных учреждений республики по самым разным направлениям биологии и медицины. Он был организатором и участником 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 А. А. Шлык был избран в состав Международного комитета по фотосинтезу.

Заслуги А. А. Шлыка в развитии биологической науки отмечены высокими государственными 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.

Важнейшими особенностями научного портрета Александра Аркадьевича Шлыка являлись глубокая преданность науке, ясное видение и понимание ее узловых проблем. Высокая требовательность к себе сочеталась в нем с высокой работоспособностью. Научное наследие А. А. Шлыка, в котором отразились его широкая эрудиция и оригинальные идеи, долго будет служить примером тем, кто избрал целью своей жизни одну из самых важных областей знаний – науку о фотосинтезе. Имя члена-корреспондента АН СССР Александра Аркадьевича 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.

*И. Д. ВОЛОТОВСКИЙ, Л. В. ДУБОВСКАЯ, Н. Г. АВЕРИНА,
Н. В. ШАЛЫГО, Е. И. СЛОБОЖАНИНА*