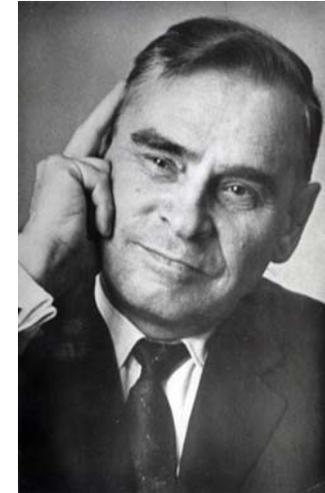


## К 100-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ АКАДЕМИКА А. Н. БЕЛОЗЕРСКОГО



В 2005 году исполняется 100 лет со дня рождения одного из основоположников молекулярной биологии, выдающегося ученого академика Андрея Николаевича Белозерского. Имя А.Н.Белозерского широко известно как в нашей стране, так и за рубежом благодаря ряду важнейших открытий, сделанных им в области исследования нуклеиновых кислот.

Андрей Николаевич Белозерский родился 16 (29) августа 1905 г. в Ташкенте. Его отец, Николай Андреевич Белозерский, был из семьи первых русских переселенцев в Среднюю Азию, служил юристом судебной палаты, мать преподавала музыку в прогимназии. В 1913 г. А.Н.Белозерский остался сиротой и, после скитаний по родственникам, попал в Гатчинский сиротский приют. Весной 1917 г. приют закрыли, и мальчик воспитывался в семье сестры матери в г. Верном (ныне г. Алма-Аты, Казахстан).

В 1921 г. А.Н.Белозерский, до получения школьного аттестата, был зачислен студентом на физико-математический факультет Среднеазиатского государственного университета (САГУ) в Ташкенте. В то время среди преподавателей САГУ было много замечательных русских ученых, приехавших из Москвы и Ленинграда. Его учителями были Н.А.Димо, А.Л.Бродский, П.А.Баранов, И.А.Райков, А.И.Введенский, А.В.Благовещенский. Еще будучи студентом, А.Н.Бело-

зерский работал лаборантом, а с 1925 г. начал преподавать на рабфаке САГУ. В САГУ он выполнил под руководством А. В. Благовещенского свою первую научную работу — «О концентрации водородных ионов в водных вытяжках из листьев некоторых горных растений» [1].

В 1927 г. А.Н.Белозерский окончил физико-математический факультет САГУ по специальности «физиология растений» и был оставлен в аспирантуре. В том же году на одной из конференций в Ташкенте он познакомился с А.Р.Кизелем\*. Это событие повлекло за собой кардинальное изменение всей жизни А.Н.Белозерского. А.Р.Кизель привлек его к работе с растительными белками. Под его руководством А.Н.Белозерский приобщился к исследованиям биополимеров, и это стало главным делом его жизни. За годы работы в Ташкенте и в маленькой лаборатории Политехнического музея в Москве, где помещался отдел А.Р.Кизеля, А.Н.Белозерский освоил все тонкости препаративных биохимических методик. Первые его труды, посвященные характеристике белков растений чистых линий, были образцовыми по тщательности проведения анализов. В этой серии работ им была отработана та ювелирная техника проведения эксперимента, которая позволила ему перейти к исследованию нуклеиновых кислот, в те годы мало изученных и, казалось, не очень-то перспективных соединений.

В 1930 г. А.Р.Кизель организует в Московском университете кафедру биохимии растений. В качестве помощника для этого сложного дела он приглашает в Москву А.Н.Белозерского. С этого момента этих людей связывала большая творческая и человеческая дружба.

Работу по организации Кафедры нужно было начинать с нуля, и вот два–три человека наряду с административно-хозяйственной деятельностью организовали педагогический процесс и с помощью студентов проводили научно-исследовательскую работу. (Категории научных работников тогда не существовало и студенты на практике приобщались к науке, заражаясь энтузиазмом своих учителей, не покидавших Кафедру до позднего вечера).

В начале 30-х годов А.Н.Белозерский первым в Советском Союзе начал систематические исследования нуклеиновых кислот (НК). К этому времени были открыты два типа НК — тимонуклеиновая (т.е. дезоксирибонуклеиновая кислота, ДНК), выделенная из тимуса те-

\* Александр Робертович Кизель — ученик К.А.Тимирязева, после окончания физико-математического факультета Московского университета был послан ознакомиться с работой лучших зарубежных лабораторий (тогда это было в порядке вещей): по биохимии углеводов — в лаборатории Б.Толленса в Геттингене, у Г.Бертрана в Пастеровском институте в Париже изучал влияние кислот на плесневые грибы, в Гейдельбергском университете, в лаборатории А.Косселя, провел ряд исследований по биохимии аргинина. Вскоре А.Р.Кизель был признан крупнейшим специалистом в области аналитической химии.

ленка, и «дрожжевая» (рибонуклеиновая кислота, РНК), обнаруженная в дрожжах и проростках пшеницы. Первая считалась «животной», вторая — «растительной» НК. Первый цикл работ принципиального значения, выполненный А.Н.Белозерским, касался как раз вопроса о «животных» и «растительных» нуклеиновых кислотах. В 1934 г. в журнале «Hoppe-Seyler's Zeitschrift für physiologische Chemie» [2] и вслед за этим в 1935 г. в «Ученых записках МГУ» [3] появились публикации А.Н.Белозерского и А.Н. Кизеля, в которых впервые приводились доказательства присутствия тимонуклеиновой кислоты в растительных клетках. В этих работах из проростков семян гороха был выделен и идентифицирован тимин — пиримидиновое основание, специфическое именно для ДНК. Вскоре тимин был обнаружен в препаратах нуклеопротеидов, извлеченных из семян других бобовых — сои и фасоли [4, 5]. Затем из растительного объекта — проростков семян конского каштана была выделена сама тимонуклеиновая кислота (ДНК) [6]. Вслед за этим, в работах 1937–1942 г.г., было показано, что ДНК (наряду с нуклеиновой кислотой дрожжевого типа, т.е. РНК), содержится также в почках липы, луковицах лука, зародышах кедрового ореха и, что особенно важно, в классическом объекте получения «растительной» нуклеиновой кислоты — зародышах пшеницы [7–11]. Этими работами А.Н.Белозерского, еще в 30-х годах, было отвергнуто разделение нуклеиновых кислот на особые «растительную» и «животную» группы и окончательно утвердилось представление об универсальном присутствии ДНК как в животных, так и в растительных клетках.

С рассмотренными выше исследованиями тесно переплетается следующая важная серия работ А.Н.Белозерского. Было необходимо проверить наличие и тип нуклеиновых кислот у представителей третьего — «низшего» царства живых существ — микроорганизмов, и в частности, у бактерий. Первые же анализы [12–15], показали, что в бактериях всегда присутствуют оба типа нуклеиновых кислот — ДНК и РНК. Вместе с ранее полученными данными по высшим растениям эти исследования подтвердили универсальное присутствие обоих типов нуклеиновых кислот в клетках представителей различных филогенетических царств. Изучение бактерий показало, что эта группа организмов заслуживает особого внимания из-за необычайно высокого содержания в клетках нуклеиновых кислот (до 30% от сухого вещества). Этот факт А.Н.Белозерский связал с биологической активностью бактерий — высокими темпами роста и размножения. Он показал, что содержание нуклеиновых кислот, прежде всего РНК, непостоянно для данного вида клеток и сильно изменяется в зависимости от возраста культуры. Анализируя эти результаты, А.Н.Белозерский (параллельно с Т.Касперсоном и Ж.Браше) обратил внимание на кажущуюся сегодня тривиальной, но тогда принципиально новую закономер-

ность — корреляцию количества нуклеиновых кислот в клетке с интенсивностью биосинтеза белка. Следует помнить, что все эти исследования были начаты А.Н.Белозерским задолго до официального рождения молекулярной биологии — публикации в журнале «Nature» статей Дж.Уотсона и Ф.Крика, обосновавших принципы пространственной структуры ДНК, обеспечивающие хранение и воспроизведение наследственной информации [16, 17].

Следующим этапом стало начатое в середине 50-х годов масштабное исследование А.Н.Белозерским и его учениками нуклеотидного состава нуклеиновых кислот разных таксономических групп. Специфичность химического строения ДНК, т.е. различие состава оснований в ее молекулах, выделенных из различных организмов, при неизменном равенстве содержания в них аденина и тимина, а также гуанина и цитозина, было незадолго до этого открыто Э.Чаргаффом [18, 19] и послужило важной предпосылкой для разработки Уотсоном и Криком двуспиральной модели структуры ДНК. Однако вопрос о том, насколько широко проявляется специфичность состава ДНК в организмах разных филогенетических групп, оставался совершенно неясным. При этом, если в отношении ДНК уже имелись данные, указывавшие на ее видовую специфичность, в отношении РНК такие исследования вообще не проводились. Предпринятое А.Н.Белозерским и А.С.Спиринным исследование состава ДНК и РНК обширного набора видов бактерий позволило установить, что при широком спектре вариаций в составе ДНК состав РНК мало менялся от вида к виду [20, 21]. Эти результаты свидетельствовали о том, что основная часть клеточной РНК достаточно близка у разных видов организмов, т.е. эволюционно консервативна. Вместе с тем, расчеты привели авторов к заключению о присутствии в клетке помимо большой массы некодирующей (прежде всего, как мы теперь знаем, рибосомальной) РНК также и небольшой фракции видоспецифической ДНК подобной РНК. Таким образом, были получены первые указания на существование матричной или информационной РНК.

Важным следствием исследований А.Н.Белозерского, установившего связь первичной структуры ДНК с эволюционным развитием и таксономическим положением организмов, стало подключение анализов нуклеотидного состава ДНК (а, в наши дни, и первичной структуры) к решению вопросов систематики. Это имело кардинальное общеприкладное значение и привело к формированию новых отраслей исследования на стыке молекулярной и общей биологии. Среди этих отраслей важное место занимает геносистематика, т.е. разработка принципов систематики и таксономии организмов на основе исследования химической структуры их генома. Сегодня этот направ-

ление плодотворно развивается А.С.Антоновым [22] и другими учениками А.Н.Белозерского.

Анализ нуклеотидного состава ДНК организмов положил начало еще одному направлению — исследованию метилированных пуриновых и пиримидиновых оснований в составе ДНК. Эти исследования были начаты в лаборатории А.Н.Белозерского его учеником Б.Ф.Ванюшиным и успешно им развиваются [23, 24]. Впоследствии была выявлена роль метилированных оснований в регуляции экспрессии генома при дифференцировке клеток. С каждым годом открываются все новые, подчас совершенно неожиданные, функции метилированных оснований в ДНК. По существу, эти исследования послужили одной из основ нового направления генетики — эпигенетики.

А.Н.Белозерский внес большой вклад в изучение белков, входящих в состав нуклеопротеиновых комплексов. Еще в своих ранних работах, используя разработанные им методики фракционирования, он пришел к выводу о том, что нуклеиновые кислоты существуют в клетке не в свободном виде, а связаны с белками, образуя комплексы нуклеопротеидов, отличающиеся типом связи белка с НК — легко диссоциирующие и прочносвязанные.

Со времени основополагающих работ Ф.Мишера и А.Косселя было принято считать, что белковым компонентом нуклеопротеидов служат исключительно гистоны — основные по своему характеру белки, лишенные триптофана. Исследования А.Н.Белозерского 1936—1942 г.г. впервые установили наличие триптофансодержащих белков в нуклеопротеидах растений и животных [3, 6, 8, 10, 11, 13, 25—27]. Однако до 1950 г. отсутствовали данные о содержании гистонов в нуклеопротеидах ядер клеток растений. Ответ на этот вопрос был получен А.Н.Белозерским совместно с Г.И.Абелевым — ими были выделены гистоны из «структурного» дезоксирибонуклеопротеида зародышей пшеницы [28]. Это открытие существенно укрепило систему доказательств единства принципов организации ядерного аппарата у растений и животных.

Имя А.Н. Белозерского связано, в первую очередь, с исследованиями и принципиальными открытиями в области нуклеиновых кислот. При этом нельзя забывать большой вклад Андрея Николаевича в исследование других фосфорсодержащих биополимеров — неорганических полифосфатов и тейхоевых кислот. Оба начатых по инициативе Андрея Николаевича направления продолжают и сегодня успешно развиваться и занимают достойное место в науке. Первые кандидатские диссертации по полифосфатам были выполнены на кафедре биохимии растений В.Б.Корчагиным (1954 г.) и И.С.Кулаевым (1957 г.). С тех пор, благодаря работам И.С.Кулаева и его учеников, исследование структуры и метаболизма этих биополимеров превратилось в ориги-

нальное направление отечественной биохимии. Анализу структуры и функций тейхоевых кислот посвятила свою жизнь И.Б.Наумова (1931—2003 г.г.) — тоже выпускница кафедры биохимии растений, работавшая в стенах Университета вместе с А.Н.Белозерским с 1954 г.

Вспоминая А.Н.Белозерского, нельзя не остановиться на еще одной стороне его личности — он был талантливейший педагогом. С 1930 г. он бессменно работал на Кафедре биохимии растений МГУ, сначала в должности ассистента, затем доцента, профессора, а в 1960 г. — становится заведующим кафедрой. А.Н.Белозерский по праву считается одним из основателей Кафедры, которая воспитала сотни прекрасно подготовленных специалистов в области биохимии и молекулярной биологии. После кончины А.Н.Белозерского Кафедру (сегодня это Кафедра молекулярной биологии) возглавил его ученик — академик А.С.Спирин. При непосредственном участии А.Н. Белозерского на Кафедре происходило постоянное пополнение и обновление оборудования, создавались новые лекционные курсы, практикумы и семинары. Совместно с Н.И.Проскураковым им написано «Практическое руководство по биохимии растений», которое стало настольной книгой для сотен студентов и преподавателей.

Андрей Николаевич очень любил молодежь, внимательно наблюдал за работой студентов, оценивая трудолюбие, увлеченность наукой и творческие способности. «Что останется после меня от моей научной деятельности — я не знаю» — говорил он. — «Но когда я смотрю на своих лекциях в широко раскрытые глаза слушающих и внемлющих мне студентов, я испытываю ни с чем несравнимое удовлетворение. Я чувствую в этот момент, что не даром ем народный хлеб» [29].

А.Н.Белозерский старался приобщать студентов к серьезной научной работе, стимулировал появление молодых руководителей групп и заведующих лабораториями. Он искренне радовался успехам своих учеников, доверял им, верил в них и помогал им. Уже после окончания МГУ к нему в любой момент можно было обратиться, чтобы обсудить направление исследований, результаты или получить поддержку в устройстве на работу, хотя часто это стоило ему больших усилий. Помогал он не только своим ученикам, но и выпускникам других кафедр. Под его руководством защищено большое количество кандидатских и докторских диссертаций, ряд его учеников стали членами Российской академии наук.

А.Н.Белозерский был крупным организатором науки, вел большую научно-организационную работу. Он основал новую лабораторию в Институте биохимии им. А.Н.Баха АН СССР, в МГУ организовал кафедру вирусологии (и был ее первым заведующим). Впервые в стране А.Н.Белозерский создал в МГУ совершенно новый, уникальный тип межфакультетской лаборатории с привлечением специали-

тов из различных областей химии, физики, биологии. (Ныне Лаборатория преобразована в НИИ физико-химической биологии, носящий его имя). Выдвижение молодых и талантливых людей, поддержка и доверие к ним — все это способствовало тому, что в кратчайшие сроки Лаборатория стала одним из мировых центров исследований в разных областях физико-химической биологии, ведущим исследования на переднем крае науки.

А.Н.Белозерский был членом Ученого совета МГУ и ряда ведущих биохимических институтов Москвы, Высшей аттестационной комиссии, Национального комитета советских биохимиков АН СССР, членом Комитета по Ленинским и Государственным премиям, председателем Научно-методического совета по биологии при Всесоюзном обществе «Знание» и членом правления этого общества.

А.Н.Белозерский вел большую научно-редакционную работу. Он подготовил к печати ряд сборников и монографий. В течение ряда лет был главным редактором журнала «Успехи современной биологии», членом редколлегии журналов «Биохимия», «Цитология», «Вестник Академии наук СССР».

Много времени и сил А.Н.Белозерский уделял работе в Академии наук СССР. В 1963 г. он был избран заместителем академика-секретаря Отделения биохимии, биофизики и химии физиологически активных соединений Академии наук СССР, в 1970 г. — академиком-секретарем Отделения, а в 1971 г. вице-президентом АН СССР и председателем Секции химико-технологических и биологических наук Президиума АН СССР. Это было для него важным и трудным решением: всю жизнь он был связан с Университетом, ему нелегко было оставить Кафедру, а работа в Академии наук СССР отнимала массу времени. За годы пребывания на руководящих постах в Президиуме АН СССР А.Н.Белозерский провел огромную работу по мобилизации фундаментальных достижений биологических и химических наук на нужды промышленности, сельского хозяйства и медицины. Он был одним из инициаторов подготовки развернутого плана исследований по молекулярной биологии в нашей стране, который впоследствии был сформулирован в принятом уже после его кончины Постановлении Правительства от 19 апреля 1974 г. «О мерах по ускорению развития молекулярной биологии и молекулярной генетики и использованию их достижений в народном хозяйстве». Реализацию этих задач в значительной степени осуществляли его сотрудники и ученики.

За выдающийся вклад в науку А.Н.Белозерский был в 1958 г. избран членом-корреспондентом, а в 1962 г. — действительным членом АН СССР. За заслуги перед страной А.Н.Белозерский был удостоен высокого звания Героя Социалистического Труда и награжден тремя орденами Ленина.

Главный итог деятельности А.Н.Белозерского состоит в том, что благодаря его трудам наша наука оказалась подготовленной как в экспериментально-теоретическом, так и в кадровом отношении к восприятию и развитию молекулярной биологии, а направления, созданные или намеченные им, заняли прочные позиции в мировой науке. Оригинальные идеи и направления работ А.Н.Белозерского продолжают достойно развиваться его учениками.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Благовещенский А.В., Белозерский А.Н.* (1924) Бюлл. САГУ, вып. 7, 1–4.
2. *Kiesel A., Beloserskii A.* (1934) Hoppe-Seyler's Zeitschrift für physiologische Chemie, **229**, 160–166.
3. *Белозерский А.Н.* (1935) Ученые записки МГУ, вып. 4, 209–215.
4. *Белозерский А.Н., Чигирев С.Д.* (1936) Биохимия, **1**, 136–146.
5. *Белозерский А.Н.* (1936) Биохимия, **1**, 255–268.
6. *Белозерский А.Н., Дубровская И.И.* (1936) Биохимия, **1**, 665–675.
7. *Белозерский А.Н., Чебуркина Н.В.* (1937) Биохимия, **2**, 752–757.
8. *Белозерский А.Н.* (1939) Докл. АН СССР, **25**, 749–750.
9. *Белозерский А.Н., Черномордикова Л.А.* (1940) Биохимия, **5**, 133–139.
10. *Белозерский А.Н.* (1940) Ученые записки МГУ, вып. 36, 5.
11. *Белозерский А.Н., Успенская М.С.* (1942) Биохимия, **7**, 155–162.
12. *Белозерский А.Н.* (1939) Микробиология, **8**, 504–313.
13. *Белозерский А.Н.* (1940) Микробиология, **9**, 107–113.
14. *Белозерский А.Н.* (1941) Микробиология, **10**, 185–199.
15. *Белозерский А.Н., Киреевкова Е.Г.* (1943) Микробиология, **12**, 31–36.
16. *Watson J.D., Crick F.H.C.* (1953) Nature, **171**, 738–740.
17. *Watson J.D., Crick F.H.C.* (1953) Nature, **171**, 964–967
18. *Chargaff E.* (1950) Experientia, **6**, 201–209.
19. *Chargaff E.* (1951) J. Cell. Comp. Physiol., **38**, Suppl. 1.1. S. 41–59.
20. *Спирин А.С., Белозерский А.Н., Шу-гаева Н.В., Ванюшин Б.Ф.* (1957) Биохимия, **22**, 744–754.
21. *Belozersky A.N., Spirin A.S.* (1958) Nature. 1958. V. 182. С. **111–112**.
22. *Антонов А.С., Белозерский А.Н.* (1961) Докл. АН СССР, **138**, 1216–1219.
23. *Ванюшин Б.Ф., Белозерский А.Н., Богданова С.Л.* (1960) Докл. АН СССР, **134**, 1222–1225.
24. *Ванюшин Б.Ф.* (2001) Успехи биол. хим., **41**, 3–38.
25. *Белозерский А.Н.* (1936) Биохимия, **1**, вып. 2, 255–268.
26. *Belozersky A.N.* (1947) Cold Spring Sympos. Quant. Biol., **12**, 1–6.
27. *Белозерский А.Н.* (1949) Вестник МГУ, № 2, 125–134.
28. *Белозерский А.Н., Абелев Г.И.* (1955) Вестн. МГУ, № 9, 103–108.
29. *Кулаев И.С.* В кн. «Андрей Николаевич Белозерский. К столетию со дня рождения. Научная и педагогическая деятельность. Воспоминания. Материалы». Изд-во «Наука» М., 2006.