

Концепция, методическое обеспечение и опыт подготовки студентов по специальности «Биология» и специализации «Биохимия» (научно-педагогическая деятельность)

*А. А. Чиркин, профессор, доктор биологических наук;
Е. Я. Аршанский, профессор, доктор педагогических наук;
Е. О. Данченко, профессор, доктор медицинских наук, доцент,
Витебский государственный университет имени П. М. Машерова*

Биохимия является классической фундаментальной наукой, возникшей на стыке биологии, химии и физиологии живых объектов. Поэтому подготовку биохимиков целесообразно осуществлять преимущественно в рамках университетов, где представлены дисциплины, раскрывающие основы этих наук.

Концепция. Подготовка специалистов-биохимиков должна включать как минимум две основные ступени высшего образования: базовое образование (5 лет) и магистратуру (1 год). Это двухступенчатое обучение должно иметь возможность для трансформации в сокращённую форму подготовки бакалавра (3—4 года) и подготовку специалиста высшей квалификации — кандидата наук по специальности 03.01.04 «Биохимия» (3 года — очная форма обучения и 4 года — заочная форма обучения в аспирантуре). Специалиста-биохимика готовят как в рамках специальности «Биохимия» (БГУ, 2011 год, а также ряд университетов России), так и специализации «Биохимия» при обучении студентов по специальности «Биология» (БГУ, направление «Биотехнология»; ВГУ, направление «Научно-педагогическая деятельность»). При подготовке специалистов по направлению «Научно-педагогическая деятельность» необходимо достигнуть разумного баланса между научными и педагогическими дисциплинами (соотношение дисциплин научной специализации

и методики преподавания химии и биохимии, с одной стороны, и соотношение учебных, производственных, преддипломной практик, с другой). В процессе обучения следует:

- широко применять методы компьютерного моделирования и тестирования с обучающей и контролирующей целями (с помощью компьютерных технологий необходимо приблизиться к принципам работы преподавателя в «малых группах»);
- прививать обучающие практические навыки биохимических исследований и контроля с их дальнейшей реализацией в виде дипломного проекта, желательно по заказу учреждения или предприятия, для которого готовится специалист-биохимик;
- использовать эффективный текущий, промежуточный и итоговый контроль знаний по специальности «Биология» с обязательным включением узловых вопросов специализации «Биохимия».

Подготовка к научной деятельности (руководители — д.б.н., проф. А. А. Чиркин и д.м.н., доц. Е. О. Данченко). В Государственной программе «Инновационные биотехнологии» записано: «Одним из основных факторов экономического развития Республики Беларусь на ближайшую перспективу является внедрение в практику наукоёмких эффективных производств и технологий. Биотехнологии — это интенсивно развивающийся сектор экономики

большинства развитых стран, созданию благоприятных условий и стимулированию развития которого способствовало принятие во многих государствах (США, Германия, Канада, Великобритания и др.) специальных долгосрочных программ. В последние годы реализуются новые направления биотехнологий, связанные с изучением функционирования генетического аппарата клетки (геномика), внутриклеточных белков (протеомика), надмолекулярных структур, отдельных клеток, механизмов внутриклеточных процессов (клеточная инженерия), а также проблем нанобиологии (новых наноматериалов), включая создание биосенсоров и информационных систем. Биотехнологический сектор экономики в развитых странах является высокоприбыльным, о чём свидетельствуют возрастающие объёмы инвестиций в биотехнологическое производство. Однако по уровню биотехнологических исследований и разработок, их внедрения в промышленное производство наша страна всё ещё отстаёт от развитых зарубежных государств. Недостаточны объёмы производства биотехнологической продукции, биологических средств защиты растений, биоудобрений, консервантов кормов, которые закупаются за рубежом. Отечественные биопрепараты значительно дешевле иностранных, однако более 70 процентов потребностей республики в них удовлетворяются за счёт дорогостоящего импорта» [1]. Для преодоления этого недостатка необходимо синхронизировать или опережать создание новых биотехнологических производств за счёт подготовки современных конкурентоспособных кадров.

Витебский государственный университет им. П. М. Машерова участвует в выполнении подпрограммы «Подготовка кадров в области биотехнологии» Государственной программы «Инновационные биотехнологии» на 2010—2012 годы и на период до 2015 года.

Подготовка выпускников включает набор дисциплин, востребованных биотехнологическим производством: биохимия — 226 ч, микробиология — 192 ч,

генетика — 192 ч, вирусология — 76 ч, основы иммунологии — 86 ч, основы биотехнологии — 80 ч, молекулярная биология — 152 ч, препаративная химия — 56 ч, физико-химические методы анализа — 136 ч, основы биоэнергетики и катализа — 176 ч, растворы высокомолекулярных соединений — 56 ч, химия природных соединений — 78 ч, основы бионеорганической и биоорганической химии — 340 ч, биохимия филогенеза и онтогенеза — 94 ч, экологическая биохимия — 136 ч, организация генома и геновая инженерия — 68 ч, методы планирования и обработки биохимического эксперимента — 60 ч, современные проблемы биохимии — 112 ч.

Для обучения студентов-биохимиков используется современное методическое обеспечение. Опубликованы учебное руководство А. А. Чиркина и Е. О. Данченко «Биохимия» (М. : Медицинская литература, 2010. — 608 с. (гриф Министерства образования)); учебные пособия с грифом Министерства образования: Чиркин А. А. «Биохимия с основами геной инженерии» (Витебск: ВГУ, 2010. — 181 с.); «Современные проблемы биохимии» под ред. А. П. Солодкова и А. А. Чиркина (Витебск : ВГУ, 2010. — 383 с.). Получен гриф Министерства образования на учебное пособие А. А. Чиркина, Е. О. Данченко и С. Б. Бокутя «Биохимия филогенеза и онтогенеза». Опубликованы учебно-методические комплексы А. А. Чиркина «Основы биотехнологии» (Витебск : ВГУ, 2010. — 150 с.); А. А. Чиркина, О. В. Пышненко «Основы биоэнергетики и катализа» (Витебск : ВГУ, 2009. — 227 с.); Г. П. Кудрявцева, О. В. Мусатовой «Химия природных соединений» (Витебск : ВГУ, 2009. — 200 с.); Н. А. Степановой «Препаративная химия» (Витебск : ВГУ, 2009. — 180 с.); С. Г. Стёпина «Растворы ВМС» (Витебск : ВГУ, 2009. — 70 с.); В. П. Быстрякова и др. «Экологические основы бионеорганической и биоорганической химии» (Витебск: ВГУ, 2008. — 312 с.). В качестве руководства для подготовки дип-

ломных работ опубликовано учебное пособие «Дипломное проектирование на кафедре химии» под ред. А. А. Чиркина и Н. А. Степановой (Витебск : ВГУ, 2008. — 219 с.).

Изучение дисциплин специализации «Биохимия» начинается с предмета «Основы биоэнергетики и катализа». Его содержание предусматривает перенос фундаментальных положений термодинамики, энергетики химических процессов и катализа, изучаемых в общей химии, на химические реакции в биологических объектах. Подобный этап интеграции знаний необходим для формирования у специалиста-биохимика умений и навыков в области количественных характеристик химических процессов, протекающих в живых организмах, позволяющих судить о направлении и преимущественной селективности процессов. Изучаемая дисциплина позволяет понять, каким образом в метаболических процессах взаимодействуют экзергонические и эндергонические процессы, а также сущность и особенности ферментативных превращений веществ, процессы аккумуляции и использования энергии в клетках живых организмов, молекулярные процессы адаптации организма к изменяющимся условиям внутренней и внешней среды. Полученные знания и умения могут быть использованы при изучении биохимии фило- и онтогенеза, экологической биохимии, в процессе выполнения лабораторных, курсовых и дипломных работ.

Одной из центральных дисциплин специализации является «Биохимия филогенеза и онтогенеза», в которой рассматриваются клеточная теория, законы наследственности, а также достижения в области биохимии, биофизики и молекулярной биологии. То, что всё живое на планете представляет собой единое целое в историческом плане, обосновывается теорией эволюции, которая объясняет единство мира живых существ общностью их происхождения: живые формы связаны друг с другом генетическим родством, степень которого для предста-

вителей разных групп различна. Свое конкретное выражение это родство находит в преемственности в ряду поколений фундаментальных молекулярных, клеточных и системных механизмов развития и жизнеобеспечения, которая сочетается с изменчивостью, позволяющей на основе этих механизмов достичь более высокого уровня биологической организации. Для биологии фундаментальное значение имеют два процесса — филогенез и онтогенез. Онтогенезом называется индивидуальное развитие организма, а филогенезом — историческое развитие группы организмов. Понятия онтогенеза и филогенеза неразрывно связаны между собой: с точки зрения эволюционной теории, историческое развитие живой природы представляет собой череду онтогенезов. Изучение биохимии филогенеза и онтогенеза является ключевым этапом подготовки биолога-биохимика, который должен обладать системными знаниями в области биохимической эволюции и биохимической изменчивости живых организмов.

Теоретические аспекты фундаментальной подготовки биолога-биохимика формируются после изучения дисциплины «Молекулярная биология». У студентов последовательно формируются системные знания о химических основах жизни, структуре и функциях плазматических мембран, аэробном дыхании и других функциях митохондрий, о взаимодействии между клетками и их окружением, системе цитоплазматических мембран (структуре, функции и способах движения, цитоскелете и молекулярных основах клеточной подвижности), природе гена и генома, экспрессии генетического материала (от транскрипции до трансляции), клеточном ядре и контроле экспрессии генов, репликации ДНК и репаративном синтезе ДНК, молекулярных основах деления клеток, коммуникациях между клетками (клеточный сигналинг и трансдукция сигнала), методах клеточной и молекулярной биологии.

Практические аспекты подготовки биолога-биохимика выкристаллизовыва-

ются при изучении дисциплины «Основы биотехнологии». Учебно-методический комплекс составлен так, чтобы сформировать у студентов биологического факультета знания о современных биотехнологических процессах, основанных на методах рекомбинантных ДНК, а также на использовании иммобилизованных ферментов, клеток или клеточных органелл. В основе дисциплины лежат представления о молекулярной биотехнологии, которая служит для создания нового продукта или получения уже известного продукта в промышленных масштабах с помощью биологических систем *in vitro* и *in vivo*. Рассматриваются вопросы практического применения молекулярной биотехнологии на примерах производства продуктов питания (выращивание водорослей, дрожжей и бактерий для получения веществ, повышающих биологическую и энергетическую ценность пищи), повышения продуктивности сельскохозяйственных растений и животных, производства фармацевтических субстанций, биологической очистки объектов окружающей среды, совершенствования лабораторных методов обследования биологических объектов экосистем. Весь материал разбит на 4 раздела. В первом разделе излагаются основы молекулярной биологии, во втором — основной упор сделан на молекулярную биотехнологию микроорганизмов, в третьем — рассмотрены вопросы биотехнологии эукариотических систем, в том числе и человека, в четвертом — приведена законодательная база использования генноинженерных продуктов в пищевой и фармацевтической промышленности, применения рекомбинантных организмов в сельском хозяйстве, понятия о правилах GMP и GLP (требования производства генноинженерных продуктов и их добротного испытания).

Особое значение для выпускника имеет учебное пособие «Современные проблемы биохимии». Этот предмет завершает подготовку специалистов в 10-м семестре обучения студентов на первой ступе-

ни высшего образования и предназначен для ознакомления обучаемых с характером биохимических исследований, проводимых в ряде вузов Министерства образования и научно-исследовательских институтах Национальной академии наук Республики Беларусь. Учебное пособие не претендует на роль источника исчерпывающей информации о многогранных биохимических исследованиях белорусских учёных. Цель данного издания — продемонстрировать процесс активного внедрения биохимических методов исследования в фундаментальные и прикладные научные работы не только в общепризнанных и авторитетных научных и педагогических центрах Минска, но и в университетах и НИИ Витебска, Гродно и Гомеля. Учитывая многолетние учебно-методические и научные связи биохимиков Республики Беларусь с учёными Института биологической и медицинской химии им. В. Н. Ореховича и Государственного медицинского университета им. И. М. Сеченова (Москва), в учебное пособие включены также четыре статьи российских учёных.

Изучение современных проблем биохимии служит достижению основной цели — подготовить выпускника-биохимика к профессиональной деятельности и сократить время его адаптации к решению научных, производственных и биохимических задач. С учётом этого пособие включает материалы по флуоресцентной спектроскопии как методе изучения взаимосвязи структуры и функции белков; окислительной трансформации тиамина и его производных гемопротеинами по пероксидазному механизму; хемилюминесцентном методе оценки антиоксидантной активности биосубстратов; биохимических аспектах метаболизма иода в организме; о свободнорадикальных процессах в митохондриях; по расшифровке характера повреждающих хронических воздействий «относительно малых» (0,01—1,0 Грей) доз ионизирующих излучений; о радиационно-индуцированных нарушениях работы стероид-транспортных и рецеп-

торных систем; репликативном старении клеток; об активности и роли шаперонов; эндотелиальных вазоактивных факторах и калиевых каналах; о биохимических механизмах апоптоза; молекулярной биотехнологии (*L*-аспарагиназы как уникальные по механизму действия противоопухолевые препараты); по физиолого-биохимическим исследованиям иммобилизованных растительных клеток; об остеоиндуктивных свойствах перламутра и его компонентов. В данном пособии, подготовленном известными белорусскими и российскими специалистами (15 авторских коллективов создали 15 глав пособия), прослежены возможные области применения знаний и пути реализации умений специалистами-биохимиками после окончания университета. Каждая глава на 75 % состоит из теоретических данных и на 25 % — из лабораторных работ, иллюстрирующих характер биохимических исследований, применяемых для формулирования теоретических основ каждой из рассматриваемых проблем.

Обучение студентов-биохимиков сопряжено с выполнением грантов БрФФИ «Биохимическое обоснование и биотехнология антиоксидантных и бактериостатических препаратов из гемолимфы куколок китайского дубового шелкопряда» (2009—2011) и «Научное обоснование биотехнологии препаратов природного происхождения на основе биоресурсов Витебской области» (2011—2012). Все студенты-биологи, имеющие биохимическую специализацию, участвуют в выполнении фундаментально-ориентированных исследований в действующей системе: научный студенческий кружок, курсовая работа, дипломное проектирование. Наиболее успешные студенты продолжают обучение в магистратуре и аспирантуре при кафедре химии университета.

Для выполнения научных исследований создана база в виде межкафедральной научно-исследовательской лаборатории биологического факультета (МНИЛ). Биохимическая часть этой лаборатории размещается на кафедре

химии и имеет современное аналитическое и препаративное оборудование: прибор для высокоэффективной жидкостной хроматографии «Agilent-1200», аппарат для капиллярного электрофореза «Капель-105», спектрофлуориметр «Увирон», флуориметр СМ 2203 и систему электрофореза с денситометрией ДМ 2120 отечественного производства «СОЛАР», набор центрифуг, аналитические весы, рН-метры и другое оборудование, широко используемое в биохимических исследованиях и востребованное предприятиями и лабораториями биотехнологической отрасли народного хозяйства.

Подготовка к педагогической деятельности (руководитель д.п.н., проф. Е. Я. Аршанский). В основе подготовки лежит развитие химико-методического направления научных исследований, в результате которых реализуется целостная методическая подготовка будущих преподавателей (учителей) химии. Она осуществляется непрерывно, начиная химико-методической пропедевтикой при изучении базовых фундаментальных химических дисциплин на младших курсах и завершая вузовским курсом методики преподавания химии и химико-методическими спецкурсами.

Курс «Методика преподавания химии» является центральным звеном в системе профессиональной подготовки будущего преподавателя (учителя) химии. Он призван обеспечить будущего учителя химико-методическими знаниями и умениями, необходимыми для работы в учреждениях общего среднего образования (средних школах). Его цель заключается в формировании у студентов целостных представлений об общих вопросах методики обучения химии и умений поэтапно использовать их в своей профессиональной деятельности.

Методический спецкурс «Частные вопросы методики преподавания химии» развивает и дополняет знания и умения студентов, полученные при изучении общего курса «Методика преподавания химии». Его цель — формирование представлений о частных вопро-

Арганізацыя і змест адукацыі

сах методики через обобщённое рассмотрение особенностей изучения отдельных тем и разделов школьного курса химии, а также дальнейшее развитие профессионально-методической компетентности будущего учителя (преподавателя) химии в области биохимии.

Кроме того, студентам читается отдельный химико-методический спецкурс, раскрывающий методические подходы к обучению химии в лицейских и гимназических классах, а также в высшей школе. Основная цель данного спецкурса заключается в реализации целенаправленной химико-методической подготовки студентов к работе в классах разного направления в условиях дифференциации химического образования в лицеях и гимназиях на старшей ступени обучения, а также к преподаванию химических дисциплин, включая биохимию, в средних специальных образовательных учреждениях и вузах.

В связи с бурным развитием информатизации образования и необходимостью подготовки будущего учителя (преподавателя) химии к использованию ИТ в своей работе был создан методический спецкурс «Электронные средства обучения химии: разработка и методика использования» (преп. А. А. Белохвостов, проф. Е. Я. Аршанский). Этот спецкурс направлен на овладение студентами современными информационно-коммуникационными технологиями и методикой их использования в обучении химии.

Таким образом, следует отметить, что в рамках специализации «Биохимия» биохимическая и химико-методическая подготовка студентов существуют не изолированно, а в тесной взаимосвязи, которая обусловлена как философски, так методологически. Биохимия и методика преподавания химии — интегративные науки. Общенаучное обоснование применения интегративного подхода обосновывается глобальным синтезом научных знаний. Уже сегодня процесс интеграции знаний приводит к тому, что границы между науками становят-

ся всё менее чёткими. Таким образом, содержание биохимической и химико-методической подготовки студентов должно отражать ведущую тенденцию современной науки — её интегративный характер. ▀

В процессе преподавания фундаментальных химических и химико-методических дисциплин сотрудники кафедр применяют разнообразные и наиболее передовые методы и методические приёмы обучения химии в высшей школе. В частности, в лекционных курсах используются проблемные лекции, лекции вдвоём, лекции-визуализации, лекции с заранее запланированными ошибками, лекции—пресс-конференции и др. При проведении лабораторных занятий применяются обучающе-исследовательский химический и биохимический эксперименты, количественные расчёты, технологии проблемного обучения, коллективный способ обучения, технологии кейс-стади, метод прокторов. Большое внимание на кафедре уделяется созданию информационно-компьютерных средств обучения химическим дисциплинам и разработке методики их использования. В частности, на кафедре создана лаборатория, совмещённая с компьютерным классом, в которой допускаются химические и биохимические исследования, не способные нанести вред компьютерам. Создана электронная библиотека, включающая более 200 учебников, словарей и методических материалов по различным разделам химии. Выполняя лабораторную работу, студент может использовать компьютер как средство обработки полученных результатов, а также их презентации. Параллельно он может ознакомиться с реализацией выполняемой лабораторной работы в науке и промышленности. Преподаватели кафедры считают возможным представлять выпускникам специализации «Биохимия» возможность выполнять дипломные работы, используя методологию и понятийный аппарат методики преподавания химии. В 2010/11 учебном году был завершён двухлет-

ний напряжённый труд по созданию электронного учебника «Биохимия», который был представлен государственной комиссии в виде двух дипломных работ по статической и динамической биохимии, оцененных высшим баллом.

Химико-методическая и биохимическая подготовка студентов ВГУ им. П. М. Машерова продолжается и на II ступени высшего образования (магистратура). В рамках магистратуры по специальности «Биология», в которую в последние годы трансформировалась магистратура по специальности «Биохимия», ежегодно выполняются магистерские диссертации биохимического содержания. Кроме того, при кафедре химии активно работает единственная в Беларуси магистратура по специальности «Теория и методика обучения и воспитания (химия)». В рамках обучения в магистратуре студентам читаются спецкурсы по методике обучения химии в средней и высшей школе, дифференциации обучения химии, методике проведения химико-педагогических исследований. Тематика магистерских исследований разнообразна. Среди них работы по реализации культурологического подхода, математизации обучения химии, проектной деятельности школьников на уроках химии, экологизации химического образования школьников (студентка КНР Го Кунь), организации факультативных занятий по химии и др. В настоящее время планируется магистерское исследование на тему «Интегративный подход к методической подготовке будущих учителей химии и биологии». Тесное взаимодействие биохимического и химико-методического направлений осуществляется и на этапе послевузовского образования. На базе кафедры химии функционирует постоянно действующий методологический семинар для учителей химии и биологии г. Витебска и Витебской области, на которых рассматриваются актуальные вопросы школьного химического образования и современной биохимии. Кроме того, кафедра химии подписала догово-

ры о совместной научно-исследовательской и учебно-методической деятельности с четырьмя школами и гимназией.

Профессорско-преподавательский состав кафедры активно занимается проблемами школьного химического образования. Сегодня подготовлены и используются методические комплексы для проведения факультативных занятий по химии для средней общеобразовательной школы (например, *Аршанский Е. Я., Конорович Л. А.* В стране чудесной химии: 7-й кл. : пособие для учащихся общеобразоват. учреждений с белорус. и рус. яз. обучения. — Минск : Адукацыя і выхаванне, 2010. — 212 с. (Химия. Факультативные занятия); *Аршанский Е. Я., Конорович Л. А.* В стране чудесной химии: 7-й кл. : пособие для учителей общеобразоват. учреждений с белорус. и рус. яз. обучения. — Минск : Адукацыя і выхаванне, 2010. — 80 с. (Химия. Факультативные занятия) и биохимии (программы и практикум для школьных факультативных курсов «Биохимия растений», «Биохимия животных», «Динамическая биохимия», подготовленных А. А. Чиркиным и Д. И. Паршонком). Опубликован востребованный учительской общественностью труд Аршанского Е. Я. и др. «Настольная книга учителя химии: учебно-методическое пособие для учителей общеобразоват. учреждений с бел. и рус. яз. обучения» (Минск : Сэр-Вит, 2010. — 352 с. (Мастерская учителя)). Разработаны методические материалы по использованию информационно-коммуникационных технологий в обучении химии (*Белохвостов А. А., Аршанский Е. Я.* Методическое обоснование спецкурса «Электронные средства обучения химии: разработка и методика использования» // *Хімія: праблемы выкладання.* — 2011. — № 1. — С. 22—27) и др.

Заключение. Итак, подготовка выпускников научно-педагогической специальности «Биология» и специализации «Биохимия» преследует двоякую цель: во-первых, повысить уровень подготовки специалистов для работы в

биотехнологическом секторе экономики, во-вторых, обеспечить совершенствование обучения школьников (через факультативный курс «Биохимия») и студентов путём развития абстрактно-предметного мышления при изучении биохимии, что должно сократить период адаптации специалиста к работе и повысить его конкурентоспособность.

В рамках специальности 1-31 01 01 «Биология» (научно-педагогическая деятельность) предусмотрена специализация 1-31 01 01-05 «Биохимия» с выпуском в 2011 году 18 специалистов, в 2012 году — 9, в 2013 году — 8 специалистов. Из 18 выпускников 2011 года три специалиста распределены для работы в УП «Витебская биофабрика», которые в 2010 году на этом предприятии проходили производственную практику, а в 2011 году — преддипломную практику, затем в течение года углублённо специализировались по заказу предприятия (совместное руководство дипломными работами и магистерскими диссертациями). Три выпускника начнут свою трудовую деятельность в РУПП «БелВитУнифарм» и два — в ООО «Рубикон». Один молодой специалист рас-

пределён на работу в РНПЦ «Микробиология» НАН Республики Беларусь. Выпускники получают квалификацию «Биолог. Преподаватель биологии и химии» и могут занимать должности:

- биолог, 20275;
- стажёр—младший научный сотрудник, 24772;
- лаборант с ВО, 23157;
- биохимик, 20278;
- преподаватель, 24419.

Выпускники-биохимики могут занимать четыре вида должностей на предприятиях биотехнологического профиля. Это доказывает жизнеспособность концепции подготовки специалистов-биохимиков, сформированной 5 лет назад в ВГУ им. П. М. Машерова.

Таким образом, кафедра химии ВГУ им. П. М. Машерова в настоящее время выполняет функции центра биохимической и химико-методической подготовки специалистов в регионе.

Авторы благодарят сотрудников кафедр биологического факультета ВГУ за поддержку и помощь при формировании концепции и научно-методического обеспечения подготовки биологов по специализации «Биохимия».

Литература

Государственная программа «Инновационные биотехнологии» на 2010—2012 годы и на период до 2015 года. Постановление Совета Министров Республики Беларусь № 1386 от 23.10.2009 г.

Интересно знать

В начале 1860-х годов А. М. Бутлеров открыл реакцию, в ходе которой простейшее органическое вещество формальдегид (CH_2O) в щелочной среде самопроизвольно превращается в смесь сахаров. Главный субстрат этой реакции — формальдегид — обнаружен на других небесных телах и в межзвёздном пространстве, что делает реакцию Бутлерова очень перспективным кандидатом на роль механизма, обеспечившего зарождающуюся жизнь необходимыми сахарами. Дело, однако, осложняется тем, что реакция Бутлерова производит не какие-то конкретные сахара, необходимые для жизни, а сложнейшую смесь, включающую чуть ли не все мыслимые молекулы сахаров. К тому же все эти продукты нестабильны: они продолжают реагировать с другими компонентами реакционной смеси и превращаться в другие молекулы, и поэтому каждый отдельный сахар существует недолго и не может накапливаться. Чтобы получить какой-то конкретный сахар в сколько-нибудь заметном количестве, реакцию необходимо остановить в строго определённый момент. Химики уже нашли ряд способов сделать реакцию Бутлерова менее хаотичной. В частности, отбору молекул углеводов с определёнными оптическими свойствами могут способствовать алюмосиликаты, входящие в состав глин.

Hazen, R. M. Chiral selection on inorganic crystalline surfaces / R. M. Hazen, D. S. Sholl. // Nature Materials. — 2003. — V. 2. — P. 367—374.

Пармон, В. Н. Новое в теории появления жизни / В. Н. Пармон // Химия и жизнь. — 2005. — № 5. (<http://elementy.ru/>)

Подготовила Н. А. Ильина