

Химическая лаборатория. Гравюра из «Энциклопедии» Д.Дидро. 1751– 1780

УДК 167.7:61+54.06



Гаджиева Ч.С.

Взаимодействие химии и биологии в изучении клетки как эволюционирующее междисциплинарное пространство

Гаджиева Чешма Сабировна, доктор биологических наук, старший научный сотрудник кафедры гистологии, цитологии и эмбриологии Первого МГМУ им. И.М.Сеченова

E-mail: gadzhieva08@mail.ru

Статья посвящена вопросам становления и эволюции физико-химической биологии как результата междисциплинарного взаимодействия и изменения структуры научного знания. Показано значение внедрения в цитологию физико-химических методов исследования для выявления как морфологии и функций клетки, так и общей картины обмена веществ в природе, в том числе биохимического универсализма.

Ключевые слова: междисциплинарное пространство, когнитивная структура, эволюция научного знания, физико-химическая биология, цитология, цитохимия, химические методы исследования, морфология и функции клеток, генетический материал.

Историческая ретроспектива влияния на эволюцию структуры отдельных биологических наук междисциплинарных взаимодействий, особенно между биологией и физикой, с одной стороны, и химией, с другой, не

единожды оказывалась в центре внимания исследователей¹. Между тем становление физико-химической биологии как сложного проблемного комплекса наук, являющегося важнейшим результатом формирования на протяжении исторического времени междисциплинарного пространства – реализации междисциплинарных взаимодействий в структуре научного знания в целях постижения живой материи – заслуживает отдельного обсуждения.

Интеллектуальная интуиция, в которой в XX веке и физики, и метафизики равно стали усматривать главный метод традиционного постижения мира, всегда требует междисциплинарного пространства. При этом сам термин «междисциплинарное пространство» в известной мере является метафорой, не столько подразумевающей возможность существования пространства, «не охваченного» наукой, сколько свидетельствующей об эволюции научного знания в направлении выделения его сложившейся структуры (далее – когнитивной структуры науки) в самостоятельное поле.

В случае естественных наук с практическими сложностями, связанными с принципиальными проблемами их классификации как следствием вышеназванной эволюции, впервые (и первыми) столкнулись в 50–60-х гг. XX в. специалисты в области организации информационных потоков. Суть таких трудностей заключалась в ломке сложившейся когнитивной структуры естественнонаучного знания в результате появления наряду с классической предметной структурой науки структуры принципиально новой – проблемной. Этот процесс был теснейшим образом, иногда причинно, связан с процессами междисциплинарного взаимодействия, отражавшими важную тенденцию в эволюции когнитивной структуры науки².

Изменение когнитивной структуры науки имело далеко не только теоретическое значение, оно непосредственно отразилось на подходах к решению ряда практических проблем. Трудности в области научно-технической информации впервые потребовали быстрых практических решений, но еще ранее изменения когнитивной структуры почувствовали специалисты по библиотечной классификации, вынужденные преодолеть предметно-проблемные противоречия путем усовершенствования библиотечных классификаций (Г.И.Блисса, Ш.Р.Рантанатана, советский ББК) и издания новых реферативных журналов, например, в области физико-химической биологии.

Между тем по мере построения «клеток каталога» научно-техническая информация выходит за их рамки, находя для себя новые междисциплинарные пространства, практическая же значимость названных проблем оказалась значительно шире, нежели вопросы классификации. Так, анализ эволюции когнитивных структур науки приобретает все большее значение для изучения процессов взаимодействия естественных и технических наук, науки и техники³, изучения процессов организации науки и научной политики в целом⁴, а также для реформы преподавания. Иными словами, вместо узких научных дисциплин как эволюционно, так и организационно приходит наука, являющаяся пространством междисциплинарности⁵, процессы эволюции когнитивной структуры которой не могут быть описаны без применения метода исторического анализа.

Говоря о физико-химической биологии, следует отметить, что хотя структура фронта развития данной междисциплинарной отрасли знания со всей определенностью относится к матричному типу, в процессе формирования этого направления имеется одна особенность, требующая специального изучения. Центральным элементом структуры физико-химической биологии является комплекс направлений, «ориентированный на изучение клетки и одноклеточного организма как клеточной системы с лидирующим направлением – биологией клетки»⁶. Это направление пришло на смену широкопредметному классическому направлению цитологии, причем в эволюции последней важную роль играли направления, связанные с применением физико-химических методов для изучения структуры клетки, а затем и функций ее структурных элементов (что в итоге привело к формированию таких отраслей научного знания, как цитохимия и гистохимия). В этой связи уместно вспомнить «Письмо из Гейдельберга» Н.И.Пирогова, где выдающийся русский ученый пишет: «...Метод и направление – вот главное. А этому из одних лекций не научишься, из книг также. Не отыскав верного метода, не найдя направления, растеряешь множество времени и сам растеряешься. Найти то и другое без руководителя может только талант. ... Будь профессор хотя бы немой, да научи примером, на деле, настоящей методе занятия предмета, – он для науки и для того, кто хочет заниматься наукой, дороже самого красноречивого оратора. ... Покажите образованному, в самом органическом масштабе, какие-нибудь частички науки, только на самом деле метод и механизм, которыми современная наука доходит до ее результатов, и остальное он добудет, если он действительно ищет знания. ... Теперь нельзя и думать о

¹ Benedtti-Pichier A. Die Fortschritte der Mikrochemie in den Jahren 1915 bis 1926/ In: Fortschritte der Mikrochemie. Hrsg G. Kelin und R. Strebinger. Leipzig, Deuticke. 1928. S. 131–436; Музрукова Е.Б. Роль цитологии в формировании и развитии общебиологических проблем. М.: Наука, 1988. 175 с.; Гаджиева Ч.С. Гисто- и цитохимия в России на рубеже 19–20 веков: проблема формирования исследовательской области. Дисс. ... к.биол.н. М. 1990. 175 с.

² Кедров Б.М. Предмет и взаимосвязь естественных наук. М., Изд-ва АН СССР, 1962, 411с.; Он же. О современной классификации наук // Материалы III Всесоюзн. совещания по вопросам философии современного естествознания. М.: Наука, 1981, Вып. 1. С. 155–184.

³ Урсул А.Д. Взаимодействия естественных, общественных и технических наук // Материалы III Всесоюзн. совещания по вопросам философии современного естествознания. М.: Наука, 1981. Вып.1. С. 185–218.

⁴ Кара-Мурза С.Г. Проблемы организации научных исследований. М., Наука, 1981, 205 с.; Шамин. А.Н., Дубкин В., Смиртюков В. Структурный анализ сети научных организаций // Плановое хозяйство. 1973. № 5. С. 134–140.

⁵ Гаджиева Ч.С. История становления гистологии как науки и предмета преподавания на медицинском факультете Императорского Московского университета – Московского университета. Дисс. ... д.биол.н. М., 2006. 337с.

⁶ Музрукова Е.Б. Указ. соч. С. 9.

знании науки, не разработав самому хотя самую малую ее частичку»¹.

Итак, цитохимия сформировалась в результате прямого использования методов химии для изучения клетки, что является классическим примером формирования «переходной науки» (по Б.М.Кедрову²). Причем характерно, что использование химических методов для анализа тканевых препаратов началось еще до создания клеточной теории. В 1829–1833 гг. Ф.Распайль микроскопически с помощью химических проб изучал изменение содержания крахмала в тканях семян при прорастании, а также содержание белка в клетках растений с помощью серной кислоты (эта неспецифическая проба долгое время использовалась под названием пробы Вуазене – Фюрта), систематизировал микрохимические методики для изучения растительных и животных объектов³.

Подлинное же формирование цитохимии началось в результате соединения микроаналитических методик с задачами цитологии. Первоначально эти задачи были ограничены. Они сводились к попыткам определить состав клеток, наличие в них тех или иных химических соединений, что определило стратегию совершенствования методов (точнее, их потоков и приложений к цитохимическим задачам), которая заключалась в создании специфических химических реакций, повышении их чувствительности. Однако практика цитохимии видоизменила целевые установки использования химических методов стали считать, что эти реакции могут дать сведения не только о наличии тех или иных веществ в клетке, но и об их локализации.

Здесь впервые само поле междисциплинарности, т.е. прямой механизм взаимодействия наук – использование метода одной науки для изучения объекта другой, – потребовало корректировок, связанных со спецификой объекта.

Дело в том, что само развитие химии, прежде всего коллоидной, влияло на развитие представлений о клетке, о строении протоплазмы.

В середине XIX в., после работ Г.Моля и др.⁴, господствовало представление о коллоидном строении протоплазмы – все ее структуры рассматривались как капельки в коллоидном растворе. Поэтому вопрос об использовании химических методов для определения локализации веществ в клетке, который методологически вел к возможности изучения химическими методами внутреннего строения клетки, привел к появлению «проблемы артефактов».

Начиная с 50-х годов XIX в. микроскопические препараты все чаще фиксируют теми или иными химическими соединениями. Все фиксирующие вещества, используемые в то время – спирт, уксусная кислота, щелочи, йод, – позволяли получать нестойкие препараты, которые менялись достаточно быстро, причем структура клетки быстро разрушалась. В 1859 г. И.Мюллер предложил так называемую «мюллеровскую жидкость» – смесь двуххромового калия и сернохромового натрия в дистиллированной воде – одну из первых фиксирующих жидкостей, позволяющую консервировать микроскопические препараты⁵.

Эти первые шаги в развитии цитохимических методик подготовили важный методологический поворот, который, собственно, и привел к формированию цитохимии как самостоятельного направления с четко определенным кругом проблем. С 60-х гг. XIX в. использование цитохимических методик стали целенаправленно применять для изучения морфологии клетки. Этот «морфологический период» в цитохимии создал решающие предпосылки для познания функции клеток.

Развитие методов фиксации началось с работ Л.Ранвье, который в 60-х гг. XIX в. стал использовать пикриновую кислоту. В 1865 г. М.Шульце создал один из важнейших фиксирующих реактивов – осмиевую кислоту, в 1878 г. А.Ланг и в 1888 г. Р.Генденгайн начали применять для обработки тонких гистологических срезов сулему, в 1879 г. М.Флеш начал фиксировать препараты смесью осмиевой и хромовой кислот. Эта смесь послужила основой для создания В.Флемингом в конце 70-х гг. XIX в. «флеминговской жидкости», одного из распространенных фиксаторов. Последним в XIX в. фиксирующим веществом, введенным в широкую гистохимическую практику, был формалин, который впервые использовал в 1893 г. Ф.Блум (1865–1959), бывший, кстати, не гистологом, а опытным химиком и фармацевтом⁶.

Одновременно для гистологического анализа стали все чаще использовать синтетические органические красители. Для прокраски тканей использовали базофильные и ацидофильные красители, особенно последние – эозин, кислый фуксин, пикриновую кислоту. Использование кармина и гематоксилина позволило в ряде случаев успешно идентифицировать ядра клеток⁷.

Введение методов фиксации и анилиновых красителей в 30–60-х годах XIX в. привело к развитию морфологического направления в цитохимии и цитологии в целом.

Однако использование красителей лишь усугубило споры об артефактах. Цитологи, сторонники прижизненных наблюдений клетки, видели лишь один путь дальнейшего прогресса в изучении клетки – совершенствование микроскопической техники. Все то, что образовалось и наблюдалось в клетке после фиксации сильными реагентами или обработки красителями (кроме обратимо адсорбируемых), они относили к артефактам, – образованиям, не

¹ Пирогов Н.И. Письмо из Гейдельберга // Голос. 1863. № 281.

² Кедров Б.М. Предмет и взаимосвязь естественных наук...

³ Janko J. Vznik a rozklad mechanisticke ve fhsiologii // Prace z dejin prirodnich ved 5. Praga: CSAV, 1975. S. 392I.

⁴ См.: Музрукова Е.Б. Указ. соч.

⁵ См.: Гаджиева Ч.С. Указ. соч.

⁶ См.: Мишер Ф. Труды по биохимии / Под ред. и с комм. А.Н.Щамина. М.: Наука, 1985. 318с.; Музрукова Е.Б. Указ. соч.; Гаджиева Ч.С. Гисто- и цитохимия в России на рубеже 19-20 веков: проблема формирования исследовательской области...

⁷ См.: Гаджиева Ч.С. Гисто- и цитохимия в России ...

существующим в живой протоплазме¹. Таким образом, отвергалась вся «химическая методология» в цитохимии – ни локализация веществ, ни обнаруживаемые структуры не признавались достоверными фактами, принимались лишь данные о наличии тех или иных веществ в клетке; методологическая перспектива ограничивалась только развитием микроскопически контролируемых методов количественного микроанализа.

Споры между цитохимиками и цитологами были, однако, решены в пользу цитохимиков. Получаемые ими данные позволили значительно продвинуть вперед знания о внутренней структуре клеток, о субклеточной организации²), что хорошо проиллюстрировала А.Бенедетти-Пихлер в хронологической таблице достижении микрохимии с 1845 по 1926 гг.³

Для понимания всей сложности взаимодействия химии и биологии в процессе изучения клетки в период формирования цитохимии приведем один пример, никогда не попадавший в поле зрения историков науки и особенно цитологов. Речь идет о некоторых подробностях выдающегося открытия – впервые произведенного выделения нуклеиновых кислот Ф.Мишером в 1869 г. Дело в том, что разработанная им химическая методика была ориентирована не на выделение вещества ядер клеток, а на микроскопически контролируемое выделение самих ядер⁴. Он впервые подошел к субклеточным структурам как к достаточно определенным химическим образованиям, морфологически обособленным, извлекая их из клетки как химическое вещество – экстрагированием, осаждением, переосаждением и т.п. При этом он контролировал под микроскопом каждую операцию и знал, что ядра в ходе таких процедур не разрушаются, они лишь иногда немного набухают, иногда сморщиваются. Другими словами, первый в мире препарат нуклеиновых кислот был, по существу, препаратом ядер, выделенных из клеток химическим методом.

Это явилось принципиальным достижением: химия, ее методы, открыли путь внутрь клетки, возможности изучения изолированных субклеточных образований.

Сопоставим теперь эту классическую цитохимию с современной, с той, которая входит в состав физико-химической биологии, образуя междисциплинарное пространство с молекулярной биологией и иными отраслями биологической науки. Для классической цитохимии объектность была главным определителем – она была именно «*цито*-химией». И хотя объект сохранился, и этот объект – по-прежнему клетка, морфологические задачи отступили на второй план. Химия нужна уже не для изучения морфологии клетки, а для того, чтобы понять, *как* она функционирует, причем не просто в качестве сложнейшей «физико-химической машины», а как биологическая система, в которой сосредоточены не только процессы поддержания собственной жизнедеятельности, но и воспроизведения (и соответственно хранения и передачи) наследственной информации.

Что изменилось в химических знаниях о клетке? Прежде всего, стала ясна общая картина обмена веществ. Оказалось, что в природе существует биохимический универсализм, что он обеспечивается наличием веществ, обладающих как химической (они относятся к определенным химическим типам и имеют четкую химическую формулу), так и биологической индивидуальностью (они столь разнообразны, что определяют биологическую специфичность отдельных организмов).

Для этих исследований также важно, *как* изменилась методология химических исследований клетки. Прежде всего, она стала проблемно ориентированной. Задача формулируется как функциональная и решается на глубоком уровне редукции объекта. Физико-химическими методами можно не только выделить отдельные элементы внутриклеточных систем молекулярного уровня, но и «собрать» из них (или заставить «самособратся») надмолекулярные, субклеточные функционирующие жизнедеятельные системы. Физико-химическими методами можно модифицировать самые сложные – наследственные – механизмы клетки. Теоретически сейчас можно «разобрать» клетку на отдельные молекулы, а затем «собрать» ее вновь, и хотя такая задача не ставится как абсолютная, ее теоретическая возможность свидетельствует о приближении или даже преодолении принципиального рубежа и познании жизни.

Сама же методология приобрела новые черты. От наблюдения, пришедшего из химии во второй половине XIX в., цитология приобщилась к эксперименту. Позднее сформировались и другие пути развития экспериментальной цитологии – теперь уже благодаря медико-биологическим наукам: микробиологии, затем гистологии и эмбриологии и, позднее, генетике⁵.

Таким образом, ответ на вопрос: что произошло при формировании физико-химической биологии и возникновении «новой общей биологии» и «новой биологии клетки», состоит и в том, что химическое мышление и химическая методология позволили манипулировать с генетическим клеточным материалом на молекулярном уровне, и «инструментами» этих манипуляций стали такие же молекулы – ферменты, различные физиологически активные соединения и т.д. Принципиальной была и сущность многих важнейших и сложнейших биологических и химических механизмов межмолекулярных взаимодействий со сложными рецепторными процессами, универсальными химически, не обеспечивающими бесконечно многообразные биологические проявления.

¹ Кизель А.Р. Химия протоплазмы. М.-Л.: Изд.- во Ан СССР, 1940. 624 с.

² Шамин А.Н. Интегративные функции физикохимической биологии // Природа. 1986. № 12. С. 3–10.

³ Benedetti-Pichler A. Die Fortschritte der Mikrochemie in den Jahren 1915 bis 1926/ In: Fortschritte der Mikrochemie. Hrsg G. kelin und R. Strebingen. Leipzig, Deuticke. 1928. S. 131–436.

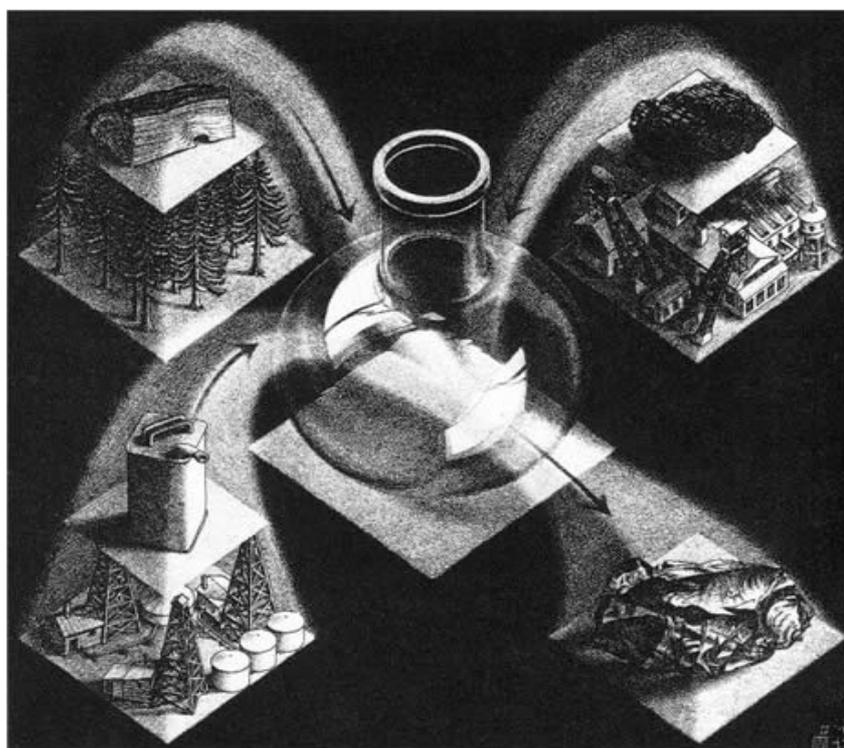
⁴ Мишер Ф. Указ. соч.

⁵ Гаджиева Ч.С. Указ. соч.

Взаимосвязи между отдельными элементами в структуре биологии клетки (как в XVIII–XIX вв., так и в XXI в.), образующие собственно поле междисциплинарности, заслуживают специального исследования. Задачей же данной статьи была лишь демонстрация одного из принципиальных путей реализации редуccionистских методологических подходов, связанных с применением химических методов для изучения биологических феноменов и с изменением структуры современной биологии как эволюционирующего междисциплинарного пространства.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гаджиева Ч.С. Гисто- и цитохимия в России на рубеже 19-20 веков: проблема формирования исследовательской области. Дисс. ...к.биол.н. М.: ИИЕТ РАН, 1990. 175 с.
2. Гаджиева Ч.С. История становления гистологии как науки и предмета преподавания на медицинском факультете Императорского Московского университета – Московского университета. Дисс. ... д.биол.н. М.: ММА им. И.М.Сеченова, 2006. 337с.
3. Гейзенберг В. Избранные философские работы / Пер. с нем. А.В.Ахутина, В.В.Бибихина. СПб.: Наука, 2005. 572 с.
4. Генон Р. Кризис современного мира / Пер. с фр. М.: Эксмо, 2008. (Антология мысли). 784 с.
5. Генон Р. Избранные сочинения / Пер. с фр. М.: Беловодье, 2003. 480 с.
6. Кара-Мурза С.Г. Проблемы организации научных исследований. М., Наука, 1981, 205 с.
7. Кедров Б.М. Предмет и взаимосвязь естественных наук. М., Изд-ва АН СССР, 1962, 411с.
8. Кедров Б.М. О современной классификации наук // Материалы III Всесоюзного совещания по вопросам философии современного естествознания. М.: Наука, 1981. Вып. 1. С. 155–184.
9. Кизель А.Р. Химия протоплазмы. М.-Л.: Изд.-во АН СССР, 1940. 624 с.
10. Мишер Ф. Труды по биохимии / Под ред. и с комм. А.Н.Щамина. М.: Наука, 1985. 318с.
11. Музрукова Е.Б. Роль цитологии в формировании и развитии общебиологических проблем. М.: Наука, 1988. 175 с.
12. Пирогов Н.И. Письма из Гейдельберга // Голос. 1863. № 281.
13. Урсул А.Д. Взаимодействия естественных, общественных и технических наук // Материалы III Всесоюзного совещания по вопросам философии современного естествознания. М.: Наука, 1981. Вып.1. С. 185–218.
14. Шамин А.Н. Интегративные функции физикохимической биологии // Природа. 1986. № 12. С. 3–10.
15. Шамин А.Н., Дубкин В., Смиртюков В. Структурный анализ сети научных организаций // Плановое хозяйство. 1973. № 5. С. 134–140.
16. Benedtti-Pichier A. Die Fortschritte der Mikrochemie in den Jahren 1915 bis 1926/ In: Fortshritte der Mikrochemie. Hrsg G. kelin und R. Strebinger. Leipzig, Deuticke. 1928. S. 131–436.
17. Janko J. Vznik a rosklad mechanisticke ve fhsiologii // Prace z dejin prirodnich ved 5. Praga: CSAV, 1975. S. 392I.
18. Paspail F. Essai de chimi microscopique appliqué a la physiologie. P., 1830. 128 p.



Синтез. Литография. Худ. Мориц Эшер. 1947