

КАК ВОЗНИКАЮТ НОВЫЕ НАУЧНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ

Аксёнов А.В.

Северо-Кавказский федеральный университет

DOI 10.55959/MSU012444-6-2026-22-77-85

Что такое «научное направление»? На этот вопрос достаточно трудно ответить. Этот термин, как и «ароматичность», все чувствуют, но не могут дать точного определения, которое можно было бы «пощупать». Тем не менее в сети интернет удалось найти такое определение: **Научное направление в контексте научных исследований – это определённая область научного знания или проблема, на которую сосредоточено внимание исследователя.** Это сфера исследований коллектива, посвящённых решению крупных фундаментальных теоретически-экспериментальных задач в определённой отрасли науки. Согласно другому определению: это совокупность научных работ, объединённых общностью объекта исследования, методами исследования, общностью тем и их взаимосвязанностью, принадлежностью к одной научной школе.

Научное направление, как правило, имеет определённые научные приоритеты и чётко определённую перспективу. Тем не менее независимо от того, какое из этих определений мы возьмём за основу, это область знаний или проблема. Она может очень большой или менее масштабной. Что заставляет исследователей заниматься такой проблемой? Тут, вероятно, уместно вспомнить одного из заведующих в прошлом кафедрой органической химии МХТИ (ныне РХТУ) им. Д.И. Менделеева А.Д. Петрова: «Возьмите любую область и займитесь в ней достаточно долго, и вы найдете много интересного, во всяком случае для себя». В этом смысле, как уже было сказано, все

чувствуют, но сказать точно не могут. Я придерживаюсь мнения, что второе определение более верно. В любом случае, это какая-то идея-фикс исследования. Попытаюсь продемонстрировать на примере докторских: своей и своих учеников.

Как говорил Роберт Бёрнс Вудворд: «Реакции открываются из правильных посылок, неправильных и случайно». В нашем случае мы сталкивались со всеми вариантами. Но не каждое открытие можно развить до научного направления. Здесь, вероятно, очень важно, насколько та или иная методология применима к различным объектам исследования. Существенной составляющей является то, насколько тот или иной исследователь способен найти возможность применения той или иной методологии к различным объектам.

Такие способности, как создать новые методологии, развивать их достаточно хорошо проявляются в ходе выполнения докторской диссертации.

Согласно последним документам ВАК: «Диссертация на соискание ученой степени доктора наук должна быть научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований разработаны теоретические положения, совокупность которых можно квалифицировать как научное достижение, либо решена научная проблема, имеющая важное политическое, социально-экономическое, культурное или хозяйственное значение, либо изложены новые научно обоснованные технические, технологические или иные решения, внедрение которых вносит значительный вклад в развитие страны».

Как мы видим, в последние годы требования к докторским диссертациям несколько снизились. В предыдущих редакциях содержалось требование создания нового научного направления и, вероятно, это было правильно. Возникает или не возникает научное направление в ходе выполнения докторской диссертации, достаточно спорный вопрос. Как мне кажется, исходя из логики, докторская – это совокупность около шести кандидатских, выполненных в рамках одного большого подхода, причём каждая из этих составных частей раскры-

васт различные грани единого подхода, не повторяя конкретную основную идею (особую грань общей идеи). Но здесь стоит обратить внимание ещё и на то, что научное направление может быть очень обширным, а докторская диссертация ограничена в объёме. В этом случае первая из нескольких работ будет инициировать развитие нового научного направления, тогда как остальные дадут новые ответвления, менее масштабные направления внутри. Например, металло-комплексный катализ – огромное направление, которое можно разделить на более мелкие, но всё равно слишком масштабные для одной докторской диссертации. Таким образом, как мне кажется, если докторская настоящая, то новое направление все-таки возникает.

Что играет более важную роль в зарождении новых направлений: интуиция исследователя, запросы практики, директивные документы или фактор случайности? Как было уже было упомянуто, реакции открываются из правильных посылок, неправильных и случайно. Всё это в полной мере относится и к зарождению научных направлений. Например, Шрёдингер написал своё знаменитое уравнение, работая над лекцией, в которой пытался опровергнуть волновую механику. Цепь последовательных правильных рассуждений, основанных на интуиции автора, привела к правильному результату и созданию нового научного направления в развитие имеющегося. Поэтому очевидно, что решающим фактором, безусловно, является интуиция исследователя, так как без неё не будет работать ни один из приведённых выше факторов.

Самую незначительную роль в зарождении научного направления играют директивные документы. Невозможно заставить человека творить какими-либо распоряжениями. Приведу пример из личного опыта, покажу, как рождалась моя докторская диссертация. Будучи учеником проф. Ю.И. Смушкевича, а значит и проф. Н.Н. Суворова, я никак не мог в своей работе обойти тему индоллов. Для того, чтобы «внести свои 5 копеек» в это направление, решил создать свой метод синтеза. Было это на 3 курсе после службы в армии. Попробовал разные растворители, но температуры для перегруппировки азирина

в индол не хватало. Нужен был инертный по отношению к гидриду натрия высокотемпературный растворитель. Кто-то из присутствующих в лаборатории сказал: «хинолин». Индол не получился, потому посуду вечером мыть не стал. Утром всё в колбе закристаллизовалось. При этом масса осадка оказалась больше массы всех исходных соединений, а значит, что-то катализовало олигомеризацию хинолина, очевидно гидрид натрия. Нарисовал механизм, понял – 2,3'-бихинолин. Оказалось, что удалось сделать лучший метод получения этого бигетероцикла. Однако очевидно, что это ещё совсем не научное направление. Куда двигаться дальше? Фантазия студента подсказывает, что надо искать методы с нуклеофильным катализом гидрида натрия, но гидрид натрия так себе нуклеофил, да и не очень основание в отсутствие следов NH- или OH- кислот. Что является близким аналогом хинолину? Пиридин. Низко кипит. Бензонитрилы. Работает. Что еще? Изучить механизм, сместить равновесие, получить другой продукт. Так создается кандидатская, но не научное направление.

Как повысить значимость открытой реакции? Очевидно, повысить значимость её продуктов, найти новые области их применения. 2,3'-Бихинолин – не очень хороший комплексообразователь (лиганд). Можно ввести новые функциональные группы и решить эту проблему. Вещество легко восстанавливается до анион-радикала и дианиона, которые устойчивы при комнатной температуре, что очень важно для периферии России в 90-е годы. Когда ближайшее место, где можно приобрести сухой лёд или жидкий азот находится в 180 км, это также вносит свой вклад в развитие научного направления. Такая доступность продуктов одноэлектронного восстановления, электрохимических методов для его изучения даёт возможность изучать SET-процессы, используя этот гетероцикл как модель. В этом смысле нам очень повезло. Мы нашли совершенно новый механизм элементарной стадии. Но это открытие, а в большей степени время его публикации, показывает, как важно представление результатов для развития нового научного направления. В данном случае – это была статья в журна-

ле «Химия гетероциклических соединений» (ХГС), которая мало замечена научной общественностью. Как говорит проф. В. Геворгян, она была «похоронена» в ХГС.

Что ещё? Ведь если идти исключительно в сторону одноэлектронного переноса, то это уже будет совершенно другое направление. В чем ещё уникальность 2,3'-бихинолина? Это два хинолина, замещённых разными положениями в рамках одной молекулы. Исследуя региоселективность электрофильного или нуклеофильного замещения, можно сравнить реакционную способность двух по-разному замещённых хинолинов.

Ещё следует отметить, что благодаря двум основным центрам можно развести протонирование и электрофильное замещение. Реакции с нуклеофилами не менее интересны как с самим гетероциклом, так и его дигидропроизводными. Тут и нуклеофильное замещение с аллильной перегруппировкой, игра в «жесткость»–«мягкость» и многое другое. Добавив реакции с серой, мы получили новое научное направление.

Как видите, динамика развития этой новой тематики была весьма существенной. Вылилась она в докторскую диссертацию, даже в две докторских диссертации. Правда, во второй оно было расширено сопоставлением поликарбонильных соединений с открытой цепью и азинов. Было введено понятие гетеродиенов для объяснений имеющих аналогий.

Но всё имеет свое начало и свой конец. Научное направление начинает угасать по двум причинам. Первая – отсутствие дальнейших векторов развития. Вторая – руководитель начинает терять интерес. Нужно что-то новенькое. Сроки совершенно разные. Например, школа академика О.Н. Чупахина занимается на протяжении ряда поколений S_NH . Каковы признаки старения? Самый главный – следующее расширение направления не создаёт новой методологии. Уменьшается число участников направления.

Другой пример возникшего научного направления в нашей научной школе основывался на идее: «мы научились что-то хорошо

получать или у меня на полке стоит интересный реагент, придумай химию». Так, научившись получать в больших количествах 1,3,5-триазины, мы дали старт новому научному направлению: синтез полиядерных гетероциклических соединений, на основе рециклизации 1,3,5-триазинов в полифосфорной кислоте. Было показано, как это соединение может быть источником одного атома углерода, углерода и азота и т. д. Как уже отмечалось, в данном случае присутствуют две составляющие: рециклизация 1,3,5-триазинов и синтез, а значит и свойства полиядерных ароматических соединений, в основном полиазапиренов.

В этом случае научное направление развивалось по следующей траектории: развитие синтетических областей применения 1,3,5-триазинов за счёт использования ПФК, далее создание новых методологий аннелирования циклов, развитие подходов для получения неизвестных ранее пиренов, периленов, феналенов и их азааналогов. И в развитии этого направления появляется новый стимул – внедрение мультикомпонентных методологий, использующих 1,3,5-триазины в сочетании с другими реагентами, которые позволяли изменить в той или иной степени продукты реакций. Это были и карбонильные соединения, нитрилы. Замена 1,3,5-триазинов пиримидинами позволило значительно расширить область применения подхода.

Именно это научное направление в ходе своего развития позволило сформировать две, как сейчас говорят, фишки: каскадные превращения, в том числе *one pot*, и «умные» реакционные среды – контроль селективности каскадных превращений за счёт изменения условий и свойств среды. Изучая строение и свойства полиядерных соединений, мы обнаружили неизвестное ранее явление нефтологии. Простые азины и азолы сохраняют свойства в соединениях, полученных мысленным внедрением молекулы нафталина по двум любым связям исходных гетероциклов, например 1,3,5-триазин – 1,3,7-триазапирен. 1,3,5-Триазины позволяли ввести в *peri*-положение заместитель, который был связан с таким положением атомом углерода. А если нужен азот? Необходимо реализовать перегруппировку Шмидта в тан-

деме с триазидами или другими реагентами, которые можно использовать в условиях реакции.

Другой подход – создать методы электрофильного аминирования аренов. С чем мы удачно справились, используя азид в ПФК (модификация реакции Шмидта) или нитросоединения в ПФК использование реакции ацетиламидирования аренов по Аксёнову в разных вариантах. Эти исследования реакций нитросоединений в ПФК дали старт новому очень большому научному направлению – электрофильная активация нитроалканов и нитроалкенов. Таким образом, ещё одной причиной ослабления интереса исследователей к научному направлению, которые в нём работают – появление в ходе исследований новых, более интересных направлений.

Ещё одним вариантом создания и новых реакций, и целых научных направлений являются упорные попытки получить какое-то вещество – идея-фикс. В нашей научной школе таким веществом являются производные алкалоида паулона. На бумаге всё выглядело, и не раз, очень легко, но реально всё шло не так. В итоге было открыто несколько реакций и создано новое перспективное научное направление, в основе которого лежит использование реакционной способности функционализированных циклических и ациклических β-цианокетонов как новая синтетическая платформа для получения карбо- и гетероциклов посредством различных каскадных превращений.

Мой учитель Ю.И. Смушкевич рассказывал мне, что у кого-то из великих физиков была следующая последовательная реакция на новую идею. Первая реакция – полная ерунда. Первая реакция научного сообщества на новое направление тоже часто представляет собой неприязнь. Вторая – в этом что-то есть. К новому направлению отмечается первый интерес. Финал восприятия – так это ты у меня украл. Направление признано, появляется куча указаний, что было много сделано и до тебя.

О перспективах развития и проблеме финансирования нового направления. Два вопроса тесно связаны. Без финансирования непо-

нятно, как развивать научное направление (реактивы, посуда и т. д.). На периферии существовала и существует проблема приборной базы, что также может существенно ограничить развитие того или иного научного направления. Но если идея стоящая, то способ её проверить всегда найдется. Теряется только время, может теряться качество представления в журналах. Мало примеров, послали в ХГС. Тут есть тоже весьма интересный момент.

Вспоминаю, как в 1990-е и 2000-е годы мы нанимали человека в Москве, который встречал поезд с посылкой образцов на спектры. Это сильно снижало скорость и качество публикаций. Но как у слепого увеличивается чувствительность пальцев, так и мы научились достаточно хорошо предсказывать структуру по тонкослойной хроматографии. С покупкой приборов эта способность исчезла. Но скорость исследований возросла, уровень журналов тоже резко возрос.

Есть обратная сторона в большом количестве грантов, особенно для небольших коллективов. Это постоянная работа над отчётами и следующими заявками. При этом ты не можешь резко поменять тему, так как старое направление не позволяет написать заявку. Тогда именно благодаря случайно сделанному открытию берёшься за что-то новое. Перспективы развития сильно зависят от масштаба научного направления и воображения учёного.

Использования искусственного интеллекта для генерации новых направлений в науке. Что можно сказать по этому вопросу? Я думаю, что нового направления в науке ИИ создать не может потому, что работает в рамках известных алгоритмов, новое направление в науке требует нового алгоритма. В противном случае – это развитие уже известного. Развить, показать векторы развития – это то место творчества, где ИИ может легко конкурировать с учёным.

Отражение нового направления науки в базовых и специальных курсах, учебных планах и программах является скорее редким явлением, чем частым. Это связано не с низкой ценностью большинства новых научных направлений, а с тем обстоятельством, что курс лекций демонстрирует устоявшиеся базовые понятия. Для того, чтобы их

продемонстрировать, подбираются соответствующие, по мнению лектора, наиболее показательные примеры. Если новое направление науки не меняет этих базовых понятий, то нет смысла менять что-то.

Говоря о направлении в химии *бис*-гетероциклических соединений, о котором упоминалось выше, отмечу, что в студенческие курсы мы добавили новый на тот момент механизм элементарной стадии S_NET как пример необычной активации нуклеофильного замещения путём накачивания субстрата электронами. Казалось бы странно, но нет, логично. Неизвестное ранее нуклеофильное замещение водорода с аллильной перегруппировкой и реальное соотношение 5- и 8-нитрохинолинов при нитровании непротонированного хинолина. Этот пример не очень характерен. Найдено несколько интересных общепринятых веществ. Другой пример чисто синтетический – реакция ацетиламидирования аренов по Аксёнову в разных вариантах. Это прекрасный пример обращения реакционной способности нитросоединений в сильноокислых средах.

Лабораторный практикум по новому научному направлению также малосущественен. Практикум наполняется известными подборками реакций различных типов, потому далеко не всегда можно ожидать широкого использования в практикумах новых результатов.

Привлечение студентов к работе по новому направлению весьма важно, оно даёт возможность вырастить смену. Студенты должны разбираться в том, о чём говорят в лабораториях факультета. Особенности аттестации студентов, осваивающих новое направление отсутствуют.

Необходимость повышения квалификации научных сотрудников и преподавателей отсутствует, они читали и читают литературу.

Взаимодействие с другими научными учреждениями, включая зарубежные. Это очень важный аспект. Часто практическая значимость основывается на междисциплинарности, потому взаимодействие крайне важно. Например, синтетическое новое направление и необходимость биологических испытаний, квантовохимических расчётов.