

нетики на рубеже двух столетий покажет, что в сущности биогенетический закон — это всего лишь иллюзия» [7, с. 29—30]. И далее мы читаем: «Последний удар биогенетическому закону был нанесен тогда, когда стало ясно, что морфологические и морфогенетические адаптации имеют важное значение не только для взрослого организма, но и для всех стадий его онтогенеза» [там же, с. 31].

Вот почему Бэр не мог всерьез отнестись к предположениям Дарвина и его сторонников особенно в части, касающейся роли естественного отбора в эволюции, т.е. какой-то внешней силы, действующей на организм и производящей изменения. Он был убежден в существовании имманентного, внутренне присущего организму начала, определяющего уровень его совершенства. Бэр считал, что нужно не только познать веющий в природе дух, но и научиться видеть в нем, а не в обмене веществ, управителя и кормчего жизненного процесса, и что процесс развития органического мира означает торжество духа над материей.

Таким образом, в палитре красок, которыми отечественные историки естествознания писали портрет Бэра, все еще содержится диалектико-материалистический «разбавитель». Поэтому одной из задач исследователей в области истории науки как раз и является сохранение чистоты первозданного образа одного из величайших ученых. И это будет наилучшей защитой от идеологического яда.

Список литературы

1. Чернышевский Н. Г. Избранные философские сочинения: В 3-т. Т. 3. М., 1951.
2. Воронцов Н. Н. Теория эволюции: истоки, постулаты и проблемы. М., 1984.
3. Майоров Г. Г. Формирование средневековой философии. М., 1979.
4. Бэр К. Избранные сочинения. Л., 1924.
5. Райков Б. Е. Русские биологи-эволюционисты до Дарвина: В 2 т. Т. II. М.; Л., 1951.
6. Крыжановский С. Г. Принцип рекапитуляции и условия исторического понимания развития // Памяти академика А. Н. Северцова: В 2 т. Т. 1. М.; Л., 1939.
7. Рэфф Т., Кофмен Т. Эмбрионы, гены и эволюция. М., 1986.

К. Б. СОКОЛОВА

К ИСТОРИИ СОЗДАНИЯ ТЕОРИИ КРИТИЧЕСКИХ ПЕРИОДОВ РАЗВИТИЯ: К. БЭР И П. Г. СВЕТЛОВ

Теория критических периодов развития, получившая признание специалистов как одно из крупнейших обобщений в области эмбриологической мысли XX в., до сих пор почти не отражена в литературе по истории науки. Создатель теории, Павел Григорьевич Светлов (1892—1974), был наделен талантом натуралиста, экспериментатора, теоретика биологии — истинно бэровским талантом. Это уникальное сочетание способностей позволило ему внести заметный вклад в развитие систематики, зоогеографии, сравнительной морфологии. Но главным полем научной деятельности Светлова была эмбриология, а в последние годы жизни пограничная с генетикой ветвь — феногенетика.

В год юбилея Светлова и Бэра посвятим небольшой очерк сущности теории (точнее, концепции) Светлова, ее истокам, а также попытаемся проследить некоторые параллели в творчестве двух ученых. Но прежде всего остановимся на общности взглядов и подходов к анализу явлений природы у Бэра и Светлова. Речь идет не столько о «развитии научного наследия Бэра в творчестве Светлова» — достаточно захоженной тропе в любом очерке по истории науки, —

сколько о духовной связи двух ученых, настолько органичной, что даже совпадение их юбилейных лет не кажется случайностью. Достаточно сопоставить два высказывания, чтобы увидеть контуры этого сходства. Бэр (1834): «Задачей натуралиста является найти путем наблюдений те средства, при помощи которых творение осуществилось и осуществляется и теперь, ибо оно, конечно, еще продолжается и в настоящее время» [1, с. 102]. Светлов (1960): «...как меня научил К. Бэр, считаю, что история есть продолжение сотворения мира и тем самым истина нам еще далеко не полностью открыта» [2, с. 95].

Как же пытается решить Светлов «задачу натуралиста» в бэровском смысле? Прежде всего он ищет те связи и механизмы в явлениях онтогенеза, которые обеспечивают существование зародыша как целого на каждом этапе формирования, в результате чего приходит к мысли о существовании трех принципов, лежащих в основе индивидуального развития: принципа фаз, принципа комплексной целостности и принципа реактивного характера онтогенеза [3, с. 279]. Изучение Светловым закономерностей онтогенеза, а также привлечение обширного материала, полученного другими исследователями, привели его к выводу, что онтогенез эукариот состоит из некоторого числа морфофизиологических этапов. Каждый этап начинается периодом повышенной чувствительности к действию неблагоприятных факторов внешней среды. Первые научные обобщения в этой области были сделаны основателем сельскохозяйственной метеорологии Н. И. Броуновым в 1897 г. [3, с. 268]. Он показал, что сеянцы злаков, всходы картофеля и других растений страдают от неблагоприятных температурных и климатических условий лишь в особые периоды своего развития, названные им критическими. Работы Броунова остались неизвестными зоологам, и поэтому происхождение термина «критические периоды» связывают со Стокардом [4, с. 115], экспериментально обосновавшим на зародышах рыб существование периодов повышенной чувствительности к действию внешних агентов. Для обозначения периодов повышенной чувствительности в научной литературе употреблялись и другие названия — фенокритический период [5, с. 293], эпигенетический кризис [6, с. 293]. По мнению Светлова, термин «критический период» наиболее точно отражает суть происходящих процессов. Повышение чувствительности к действию внешних агентов в конце определенного этапа онтогенеза является, как считал Светлов, предпосылкой для перехода к следующему этапу. Универсальный характер распространения критических периодов в живой природе (они обнаружены в онтогенезе кишечнорастных, планарий, рыб, птиц, млекопитающих, человека) приводит его к мысли, что расчленение онтогенеза на этапы, каждый из которых начинается коротким критическим периодом, представляет собой естественное расчленение онтогенеза, а не искусственное его деление для удобства описания. Естественное разделение онтогенеза на этапы Светлов и называет принципом фаз.

Наблюдая за развитием отдельных частей зародыша, Светлов обнаруживает, что каждый зачаток развивающегося организма проходит через один или несколько критических периодов. Взаимодействие единиц созревающего организма, проходящих этапы развития, аналогичные этапам целого организма, с неизменным переходом через критические периоды, обеспечивает комплексную целостность организма. Светлов предполагает, что именно комплексная целостность, которую он выделяет в качестве второго принципа своей концепции, обуславливает наличие в организме систем, до известной степени автономных. Автономизация может состоять в относительной независимости процессов, происходящих в одном и том же зачатке. «Несмотря на это, развивающийся организм, равно как и его автономизированные части, никогда не теряет свойств органической целостности» [7, с. 251].

В главном труде Бэра по эмбриологии «Об истории развития животных» мы находим некоторые мысли и положения, сущность которых в его время не могла быть полностью раскрыта. Но как подлинный Мастер, он не сомневался в том, что их пониманию «настанет свой черед». Действительно, уже первые принципы светловской концепции критических периодов раскрывают существенные положения, на-

меченные Бэр. «Каждый новый шаг в развитии, - писал Бэр, — может быть сделан лишь благодаря предыдущему состоянию, но все развитие в целом направляется и управляется сущностью животного, которое должно при этом получиться» [8, с. 18]. Принцип фаз, вскрывающий как переход от одной стадии онтогенеза к другой через механизм критических периодов, так и установку на закономерное образование целого организма, конкретизирует положение Бэра.

Что же касается «направления развития сущности», то Светлов, работавший в годы, когда материализм был единственным признанным философским направлением, не мог отдать дань развитию этой темы, но, несомненно, она звучала для него всегда и нашла определенное воплощение в исключительно вдумчивом отношении к смыслу понятий и терминов, которые он использовал в своих трудах, что было довольно редко для биологов-экспериментаторов его времени. Светлов как бы переводил язык природы на язык слов, памятуя о высказывании Бэра, что «существует, очевидно, одна основная мысль, которая проходит через все формы и ступени животного развития... Мысль эта есть ничто иное, как сама жизнь, и все слова и отдельные слоги, в которых она находит свое выражение, являются различными формами живого» [8, с. 89]. Еще одно положение Бэра о том, что «наиболее существенным результатом развития, взятого в целом, следует признать увеличение самостоятельности образующегося зародыша» [там же, с. 19], Светлов раскрывает в своем принципе комплексной целостности, обуславливающим автономизацию развития.

В центре внимания Светлова при разработке им своей концепции находится критический период развития, его природа и значение для организма. Прежде всего Светлов выясняет принцип, на котором основано выделение того или иного критического периода. Таким принципом является совпадение во времени резкого повышения чувствительности организма к действию факторов самого различного происхождения (изменения температуры, давления, содержания кислорода, ультрафиолетовое и рентгеновское облучение), причем в зависимости от дозы и продолжительности воздействия могут наблюдаться три типа реакции организма. В высоких дозах эти факторы вызывают либо гибель зародыша, либо уродства развития и возникновение наследственных изменений. Реакция организма при этом неспецифична, т. е. не зависит от конкретного фактора. В меньших дозах ответом организма являются ненаследственные изменения: морфозы и модификации. Специфичность реакции при воздействии в малых дозах, близких к пределу физиологической нормы, существенно возрастает. В частности, у бабочек путем подбора разных интервалов термической обработки куколок можно получить определенный рисунок жилкования крыла. Наконец (и это самое важное, по мнению Светлова, считающего конечной задачей работы эмбриолога познание механизмов онтогенеза в норме), ответом организма на импульсы, находящиеся в пределах физиологической нормы, являются акты нормального развития. Так Светлов приходит к третьему принципу своей теории (или концепции) — реактивному характеру онтогенеза. Интересно, что Бэр сформулировал некоторые выводы, перекликающиеся с выводами Светлова в его принципе реактивности, к которому Светлов пришел на основании тщательных экспериментов, неосуществимых во времена Бэра. «Те изменения, — писал Бэр, — которые вызваны случаем или каким-нибудь внезапным внешним воздействием, ни в малейшей мере не изменяют общего типа потомства (у Светлова — это реакции на импульсы, находящиеся в физиологических пределах. — К. С.). Каждое возникающее при образовании самой особи отклонение от нормы передается дальше при размножении» [1, с. 105]. Таким образом, Бэр предвидел возникновение феномена длительных модификаций задолго до изучения этого явления на генетическом уровне.

Стремясь проникнуть в сущность понятия «чувствительность к повреждающим воздействиям», Светлов тщательно анализирует его. Он приходит к выводу, что чувствительность — есть результат взаимодействия по крайней мере двух компонентов: первичной повреждаемости субстрата клеток и способности к репара-

циям (восстановлению после повреждений). Светлов устанавливает, что повреждаемость клеток зародыша равномерно снижается в процессе эмбриогенеза, и, следовательно, не может иметь прямого отношения к механизму критических периодов (скачкообразных нарастаний и спадов реакций на внешние воздействия). Напротив, репарированность во время критических периодов резко понижается, а по окончании их возрастает. Этот вывод был подтвержден опытами Светлова по регенерации у рыб и амфибий [3, с. 273]. Соответствие во времени пониженной способности к регенерации (а в некоторых случаях ее полное подавление) и критических периодов наталкивает Светлова на мысль, что в определенные моменты онтогенеза именно низкая репарационная способность обуславливает высокую чувствительность организма к воздействиям внешней среды.

Но и такого понимания природы критического периода оказывается недостаточно ученому, стремящемуся во всей глубине постичь изучаемое явление. Светлов задается вопросами: «В чем же заключается эмбриологический смысл критических периодов? Для чего нужна организму обостренная чувствительность в некоторые периоды своего развития? Какова более общая природа этого феномена?» Для ответа на эти вопросы Светлов сопоставляет критические периоды с узловыми событиями онтогенеза — актами детерминации, причем находит соответствие во времени между актами гастрюляции, нейруляции, формированием осевых органов и последовательными критическими периодами. Известный эмбриолог и генетик Э. Хадорн определяет детерминацию как процесс, в ходе которого зачатки органов будущего организма «осуществляет выбор пути из целого ряда возможностей» [9, с. 181]. Экспериментальная проверка показала, что периоды детерминации всегда являются критическими для организма (но не всегда периоды повышенной чувствительности являются в то же время периодами детерминации). Теперь становится понятно, что высокая чувствительность организма в узловые моменты развития необходима для того, чтобы с предельной «чуткостью» отвечать на раздражения извне со стороны гормонов индукторов, нервных импульсов в периоды детерминации, т. е. в те периоды, когда решается судьба зародыша. «Внешние агенты, — пишет Светлов, — являются пусковыми приспособлениями, включающими в нужное время и в нужном месте акты детерминации, за которыми следуют направленные и “неудержные”, по выражению Гурвича, процессы морфогенеза» [3, с. 276]. *κρίσις, κρίσις* — по-гречески означает «суждение», «судящий». Определение «критический», отнесенное к периодам, когда решается судьба зачатка, придает этому понятию смысл, точно выражающий его главную эмбриологическую особенность. Здесь уместно вспомнить, что Светлов решает вопрос о сущности, направляющей развитие, через сущность понятия.

В сочинениях Бэра нет упоминаний о критических периодах. Однако, как обоснованно отмечал Л. Крушинский (1939), закон зародышевого сходства приобретает весимость в свете данных генетики и фенотипетики. В основе фенотипетики лежит геккеровское представление о фенокритическом пункте в развитии организма, по существу являющемся критическим периодом. Крушинский, сопоставляя закон Бэра и данные фенотипетики, писал, что «степень сходства между организмами всецело обусловлена тем, на какой стадии он (фенокритический пункт. — К. С.) осуществляется» [10, с. 188]. При создании своей концепции Светлов не обращается к закону Бэра, однако не вызывает сомнения, что ее положения, о которых Крушинский в 1939 г. еще не мог знать, также относятся к тем достижениям эмбриологии и фенотипетики, которые придают бэрловским выводам не только большую конкретную обоснованность, но и раскрывают достаточно тонкие механизмы, находящиеся за этими выводами.

Обдумывая теорию критических периодов, Светлов не мог не принять во внимание мысль Бэра о победе духа над материей, как основной идее творения, для достижения которой «отдельные особи и целые ряды размножения принуждены к исчезновению», что «возвышает настоящее над подмостками необозримого прошедшего» [1, с. 120]. Что же обозначает понятие «критический период» в свете

такого рассмотрения развития природы, победы духа над материей, платой за которую может явиться сама возможность жизни? Критический период Светлова — это период наивысшей уязвимости организма, когда даже небольшое раздражение может вызвать гибель или необратимую патологию развития зародыша. Вместе с тем это одновременно период наивысшей чувствительности организма, благодаря которой он способен уловить огромное количество сигналов извне, распознать среди них необходимые для дальнейшего развития и сделать соответствующий выбор, т. е., говоря бэрвским языком, это тот самый момент, когда организм совершает своего рода подвиг. Можно предположить, что бэрвские мысли о победе духа над материей сыграли определенную роль в формировании концепции Светлова, для которого характерно было сочетание образного мышления с аналитическим складом ума истинного естествоиспытателя.

Развивая дальше мысль о связи критических периодов с периодами детерминации, Светлов приходит к следующему методологическому выводу: выявление критических периодов может служить методом распознавания и анализа актов детерминации. Автор концепции критических периодов развития владеет теперь ключом к изучению узловых процессов онтогенеза и в 1960—1970 гг. предпринимает серию исследований по вопросам реализации наследственных задатков в процессе индивидуального развития. Следует отметить, что еще в 1935 г. в статье «Теория организаторов и развитие» Светлов писал о необходимости объединения усилий эмбриологов и генетиков для выяснения генетических закономерностей онтогенеза. Крупнейшие генетики того времени — Морган, Кольцов, Гольдшмидт — выступали на страницах журналов и книг с таким же мнением, считая, что наступило время для такого синтеза. Светлов же полагал, что это время еще не пришло, поскольку не было необходимой предпосылки — принципов, отвечающих критериям научной теории и в той и в другой дисциплине [11, с. 57]. Период 1930—1960 гг. обогатил мировую науку соответствующими принципами, особенно в области теории наследственности.

Светлов начинает разрабатывать одну из наиболее сложных проблем не только генетики, но и биологической науки в целом — проблему наследственного осуществления. Новизна заключалась не в постановке вопроса, а в попытке ответить на него, владея оригинальным методологическим оружием — концепцией критических периодов развития. Интересно, что в исследованиях этого цикла концепция Светлова оказалась не просто приложением теории к практике, но и объектом дальнейшего развития. Проведенные Светловым и его сотрудницей Г. Ф. Корсаковой опыты были по существу проверкой гипотезы: действительно ли раздражение играет существенную роль в проявлении действия генов? Проверка гипотезы не только привела к ответу на поставленный вопрос, но и дала возможность получить новые факты. Оказывается, однократное воздействие температурным шоком вызывает у мутантной линии дрозофил изменение действия генов, nasledующееся по типу длительных модификаций (что и предсказывал Бэр более чем за сто лет до проведения конкретных опытов) [12, с. 439]. Параллельно проводилась работа по выяснению молекулярно-генетических механизмов, лежащих в основе критических периодов. Результатом этих исследований явилось открытие периодичности в морфогенетической функции ядер эукариот [13, с. 12; 14, с. 85].

Светлов принадлежал к тому редкому типу ученых, которые, создавая научные концепции, подвергали далее их собственному критическому анализу и изменяли на практике вытекающие из теоретических положений выводы. Светлов находит уязвимое место в своей концепции в кажущемся противоречии между представлением об общей чувствительности организма со столь же неоспоримым фактом специфической восприимчивости к какому-то одному определенному или многим агентам внешней среды. Это противоречие служило подчас мотивом для возражения против самой идеи концепции. «На самом деле, — пишет Светлов, — никакого противоречия нет. Заключение об общей чувствительности (резистентности) делается на основании большого числа наблюдений. По существу, это статистический результат. Поэтому, когда на фоне общей (неспецифической) чувствительности наблюдается резко повышенная чувствительность к какому-то оп-

ределенному фактору, то это не изменяет оценки явления в целом (в данном случае, степени чувствительности)» [3, с. 278].

Влияние Бэра на формирование взглядов Светлова не вызывает сомнения. В то же время Светлов внес существенный вклад в развитие научного наследия Бэра.

Список литературы

1. Бэр К. Всеобщий закон природы, проявляющийся во всяком развитии//Избранные работы. Л., 1924.
2. Из переписки А. А. Любищева и П. Г. Светлова. 1936—1969//Природа. 1992. № 2. С. 90—100.
3. Светлов П. Г. Теория критических периодов развития и ее значение для понимания действия среды на онтогенез//Вопр. цитологии и общей физиологии. М.; Л., 1960.
4. Stockard Ch. R. Developmental rate and structural expression an experimental study of twins, double monsters and single deformities during their origin//Amer. J. Anat. 1921. 2В. P. 115—226.
5. Haecker V. Phänogenetic, Jena, 1918.
6. Waddington C. H. Genetic assimilation//Adv. Genet. 1961. V. 10. P. 257—293.
7. Светлов П. Г. Физиология (механика) развития. Л., 1978.
8. Бэр К. Об истории развития животных. Наблюдения и размышления//Избранные работы. Л., 1924.
9. Hadorn E. Developmental genetics and lethal factors. L.; N. Y., 1961.
10. Крушинский Л. В. Зародышевое сходство в свете закономерностей индивидуального развития//Онтогенез. 1992. № 2. С. 188—200.
11. Светлов П. Г. Учение об организаторах и теория развития//Природа. 1935. № 1. С. 46—48.
12. Светлов П. Г., Корсакова Г. Ф. Длительные модификации в опытах с температурными воздействиями на личинок мутантов forked//Докл. АН СССР. 1966. Т. 170. № 2. С. 439—442.
13. Нейфах А. А. Проблема взаимоотношения ядра и цитоплазмы в развитии. М., 1962.
14. Корочкин Л. И., Оленов С. Н. Механизмы и факторы развития нейронов и межнейронных связей в онтогенезе//Успехи совр. биол. 1966. Т. 62. Вып. 1. С. 77—96.

М. А. РОЗОВ

КАРЛ БЭР О ФОРМИРОВАНИИ НАУКИ И «БОЖЕСТВЕННАЯ ЭПИСТЕМОЛОГИЯ»

Иногда мне кажется, что в воздухе носится своего рода идейная пыльца, которая оплодотворяет близкие по складу умы здесь и там без какого-либо прямого контакта между ними.

У. Фолкнер

29 декабря 1835 г. (10 января 1836 г. по новому стилю) на публичном заседании Санкт-Петербургской академии была заслушана речь К. Бэра «Взгляд на развитие наук» [1]. Речь прозвучала по-немецки, но была опубликована также и на русском языке и, как свидетельствуют историки, «привлекла всеобщее внимание» [2, с. 176]. Однако внимание современников отнюдь еще не обеспечивает место в истории. В дальнейшем доклад К. Бэра, насколько нам известно, никогда специально не анализировался ни философами, ни историками науки. В. П. Зубов, например, ограничивается только кратким его упоминанием [3, с. 505], а Б. Е. Райков в своей пространной биографии К. Бэра, отмечая, что в указанной речи «публика услышала смелые для того времени мысли» [2, с. 176], сами эти мысли не анализирует, полагая, вероятно, что смелыми они были только для