

Биолог. журн. Армении, 1-2 (55), 2003

УДК 001.891.57

## НОВЫЙ ПОДХОД К ПОНИМАНИЮ ПРОЦЕССОВ МОДЕЛИРОВАНИЯ

А.Г. ВАГРАДЯН, В.Г. ВАГРАДЯН

*Ереванский государственный медицинский университет им. М. Гераци,  
кафедра биохимии, 375025*

В связи с дискуссией о том, насколько правомерно искусственно вызываемый у животных алюминиевый нейротоксикоз рассматривать как модель болезни Альцгеймера, вводится логически строгое определение понятия «модели». Рассматриваются следствия, вытекающие из него. Приводится классификация типов и уровней моделей. Доказывается качественная адекватность модели – алюминиевого нейротоксикоза изучаемой системе – болезни Альцгеймера. Отмечается необходимость доказательства количественной адекватности.

Այն բանալեզի կապակցությամբ, թե որքանով է իրավասու դիտարկել կենդանիների օրգանիզմում արհեստականորեն առաջացվող ալյումինային նեյրոտոքսիկոզը որպես Ալցհեյմերի հիվանդության մոդել, առաջարկվում է «մոդել» հասկացության տրամաբանորեն խիստ սահմանում: Պիտարկվում են դրանից բխող հետևությունները: Բերվում են մոդելների տիպերի և մակարդակների դասակարգումները: Ապացուցվում է մոդելի ալյումինային նեյրոտոքսիկոզի որակական աղեկվատությունը հետազոտվող համակարգին Ալցհեյմերի հիվանդությանը: Եզվում է նաև քանակական աղեկվատության ապացուցման անհրաժեշտությունը:

It was offered a logically strict determination of the concept of "model" to understand may we consider an artificially evoked aluminum neurotoxicosis in animals to be a model of Alzheimer's disease. All the following consequences are being detected. The classifications of the model types and levels are being presented. The qualitative adequacy of the model - aluminum neurotoxicosis to the researched system - Alzheimer's disease was proved. It was mentioned also the necessity of approval of quantitative adequacy.

### *Понятие модели - типы моделей - болезнь Альцгеймера*

Работа была инициирована одной застарелой научной дискуссией в области теоретической медицины – является ли алюминиевый нейротоксикоз моделью болезни Альцгеймера (БА)? Дело в том, что во второй половине шестидесятых годов сформировалось мнение, что повышенное содержание алюминия в организме может быть одной из причин развития БА. Однако попытка трактовать патогенез БА как прямое следствие интоксикации алюминием вызвала критические замечания, суть которых сводится к тому, что экстраполяция данных эксперимента на патогенез БА у человека является слишком прямолинейной [9]. Отсюда и определенный скептицизм некоторых исследователей относительно того утверждения, что искусственно вызываемый у животных алюминиевый нейротоксикоз можно рассматривать как модель БА у человека.

Рассмотрев позиции сторон дискуссии, мы пришли к выводу, что глубинной причиной спора является интуитивная нестрогость в понимании термина «модель». Поэтому в данной работе мы предприняли попытку дать логически строго однозначное определение понятия модели, а также провести классификацию типов и уровней моделей и тем самым, по возможности, внести ясность в этом споре.

**Определение модели.** Несмотря на кажущуюся интуитивную ясность, понятие «модель» остается неоднозначно определяемой. Авторы, рассматривающие этот вопрос, справедливо указывают на разное понимание слова «модель» в различных науках, в искусстве, в быту [6, 10, 11] и вводят частные определения модели. Перейдем к нашему определению понятия модель.

Итак, пусть имеем систему  $S$  объектов любой природы. Считается, что любую систему теоретически можно идентифицировать, описав все ее свойства. Обозначим множество всех свойств системы  $S$  через  $P^S$ .

$$P^S = \{p_i | p_i - \text{свойства системы } S, i = 1, 2, \dots\}$$

Пусть необходимо изучить (исследовать, отразить, описать, выделить) некоторые свойства системы  $S$ . Обозначим множество этих свойств через  $P^{SK}$ .

$$P^{SK} = \{p_k^S | p_k^S \in P^S, 1 \leq k < \infty\}$$

При этом пусть исследование этих свойств прямо на системе  $S$  по каким-либо причинам нежелательно или невозможно.

Тогда под **моделью системы  $S$  относительно свойств  $P^{SK}$**  понимается любая система любой природы  $M$ , если имеет место следующее соотношение:

$$P^S \wedge P^M \supseteq P^{SK} = P^{MK}$$

где  $P^M$  – множество всех свойств системы  $M$ ,  $P^{MK}$  – множество всех исследуемых свойств системы  $M$ .

**Типы моделей, применяемых в биологических исследованиях.** Принято обычно говорить о следующих типах моделей, разделенных по природе системы-модели.

**Физические модели.** Их особенностью является подобие формы и пропорциональность значений соответствующих переменных модели и исходной системы в соответствующие моменты времени.

**Математические модели.** С их помощью в физике уже делают теоретические предсказания экспериментальных открытий новых свойств неживой материи, в то время как в гуманитарных дисциплинах еще не установлены основные математические соотношения. Биология в этом смысле занимает некое промежуточное положение между точными и описательными науками.

**Мысленные модели.** Их следует понимать как некоторую систему, выделенную из совокупности представлений субъекта исследования об объекте исследования. Интересно, что в этом случае моделируемая система может и не быть объективной реальностью (модели рая, всепроникающего эфира и т.д.). Роль мысленных моделей чрезвычайно велика, ибо любой другой вид ее создается на основе той мысленной модели, которую исследователь заранее построил для себя.

**Компьютерные модели.** Это модели, построенные в виде программ для вычислительных машин (ВМ). Их можно отнести как к физическим моделям, поскольку ВМ – технические устройства, так и к математическим, ибо программа – это последовательность математических и логических действий. Имеет место сходство и с мысленными моделями, ибо мозг – биосистема, способная воспринимать, обрабатывать, хранить и передавать информацию по определенным программам [4, 8].

**Биологические модели.** Широко применяемым методом здесь является искусственное нарушение морфофизиологии биосистемы-модели. К особенностям их применения относятся: высокая сложность модели, учет существенных оговорок при экстраполяции модельных закономерностей на систему-оригинал, учет определенных морально-этических и правовых ограничений при выборе системы-модели.

**Уровни моделей.** Любую модель можно условно отнести к одному из четырех укрупненных классов, качественно отражающих уровни сложности моделей и/или полноту учитываемых свойств исследуемой системы: структурные, функциональные, структурно-функциональные модели и теория изучаемой системы.

Так, к **структурным моделям** относятся модели, воспроизводящие только структурные особенности изучаемой системы (форма, составные части и т.д.). Это наиболее простые модели. Примером может служить манекен как модель человека.

К **функциональным моделям** относятся модели, учитывающие только лишь функцию системы-оригинала, а следовательно, и модельной системы. Это тоже довольно простые модели. В кибернетике такое моделирование называется «метод черного ящика».

**Структурно-функциональные модели** рассматривают уже совместно как структуру, так и функцию моделируемой системы. При этом учитываются также пространственные и временные характеристики взаимодействия и взаимозависимости отдельных структурных единиц целостной системы и то, как они, взаимодействуя, формируют функцию целостной системы.

Под **теорией изучаемой системы** понимается модель по возможности полно учитывающие физико-химические и структурно-информационные особенности и, конечно же, количественные характеристики системы-оригинала.

**Результаты и обсуждение.** Приведенное определение строго формализовано и

описано в терминах математической логики. Данное обстоятельство делает его однозначно понимаемым, что очень важно с точки зрения критерия научной приемлемости любого определения.

Сутью и новой отличительной чертой нашего подхода является то обстоятельство, что определение модели мы связываем с исследуемыми свойствами моделируемого объекта. Таким образом, уже в определение вносится понятие качественной адекватности. И это естественно. «Модель только тогда имеет смысл, когда между ней и моделируемой системой сохраняется та или иная аналогия» [2], то есть, если модель отражает свойства моделируемой системы. Добавим, что модель для того и создается, чтобы исследуемые свойства в сходных условиях проявляли себя одинаково или подобным образом как в системе-оригинале, так и в системе-модели. Целью такого подобия является по возможности более точный перенос закономерностей, выявленных с помощью модельных экспериментов, на систему-оригинал. Тут центральной является проблема количественного соответствия. Этот вопрос, то есть вопрос количественной адекватности и выбора ее критериев, решается в каждом конкретном случае специальными методами.

Заметим, что понятие модели по нашему определению является обратимым. То есть систему-оригинал  $S$  с тем же успехом можно рассматривать как модель относительно исследуемых свойств системы-модели  $M$ , которая в этом случае рассматривается как система-оригинал. Иными словами, две системы  $S$  и  $M$  являются моделями друг друга относительно множества рассматриваемых свойств. Это можно продемонстрировать на следующем примере. Генотипы иногда интерпретируют как модели организмов в том смысле, что генотип определяет реакции организма, то есть выступает как модель его поведения. В то же время моделями называют и образцы, которые являются объектами подражания в явлениях мимикрии, и отдельных представителей группы организмов, не обладающих функциональными способностями (например, раненые животные). Таким образом, в одном случае моделью называют имитируемый образец, в другом – сам подражающий объект. Другой пример такого рода обратимости понятия модель можно найти в искусстве, а именно в живописи и ваянии. Здесь реальный объект (или система-оригинал), с которого художник пишет картину или создает скульптуру, называют моделью.

Таким образом, мы показали, что наше определение достаточно широко и в то же время достаточно точно отражает сущность понятия модель, а также снимает противоречивое понимание слова модель в различных научных дисциплинах.

Вернемся к вопросу, который оказался инициатором данного исследования: «является ли алюминиевый нейротоксикоз моделью БА?»:

Во-первых, необходимо четко установить, какие свойства БА как системы-оригинала в каждом конкретном исследовании подвергаются модельному изучению, и говорить о модели БА относительно именно этих свойств. Под последними, в данном случае, следует понимать, как наблюдаемые структурно-функциональные, так и вещественно-энергетические, а также когнитивные изменения, другие симптомы, возможные факторы генезиса, методы лечения исследуемой болезни. Иными словами, необходимо обеспечить качественную адекватность модели.

В данном случае, действительно, как в наших, так и в экспериментах других исследователей, при введении растворов солей алюминия в организм крыс и других подопытных животных в их мозговых нейронах образуются отечность, клубки нейрофибрилл и скопления алюминия, подобные тем, которые наблюдаются у человека при некоторых тяжелых формах БА [1, 7]. Эти структурно-морфологические и исследованные нами биохимические изменения сопровождаются нарушением двигательной координации, памяти и понижением способности животных к обучению [3, 12], что прямо соответствует пунктам 2-b и 2-d диагностических рекомендаций по прижизненному диагнозу БА, согласно утвержденной ВОЗ Международной классификации болезней [5].

Во-вторых, необходимо ясно понимать, какого уровня модель мы создаем и обязательно указать на это обстоятельство. Ведь совершенно очевидно, что если мы разрабатываем функциональную модель, то можно ограничиться симптоматическим

подобием между моделью и оригиналом. И тогда с полным правом можно говорить о функциональной модели относительно таких-то и таких-то проявлений БА. Однако эту же модельную систему невозможно рассматривать как модель на уровне структурно-функционального моделирования, ибо она уже неспособна адекватно отражать интересующие исследователя более глубинные проявления БА. Например, она не способна объяснить причины всех случаев генезиса БА. Для этого необходимо переходить на более высокий уровень - уровень структурно-функционального моделирования. Необходимо разработать целевое воздействие на отдельные подсистемы модели и исследовать взаимовлияние подсистем. Ясно, что до этого требуется уточненное знание всех структурных составляющих исследуемой системы, т.е. успешного прохождения первых двух этапов моделирования.

Таким образом, мы приходим к выводу, что при рассмотрении вопроса, инициировавшего данную статью, при каждой отдельной попытке применения модельных исследований необходимо оперировать понятиями качественной и количественной адекватности, целевого предназначения и другими подобного рода понятиями. С этой точки зрения понятно, что каждый исследователь, применяющий алюминиевый нейротоксикоз как модель БА в своей работе, тем или иным способом доказывает качественную адекватность своей модели. Однако необходимо, чтобы вектор работ в этой области был бы направлен на получение доказательств количественной адекватности. По мере того как будут накоплены достаточные данные о такой адекватности, можно будет с большей уверенностью приступать к разработке моделей более высокого уровня вплоть до создания теории болезни Альцгеймера.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Агаджанов М.И., Ваградян А.Г., Симонян М.А., Галоян А.А. Нейрохимия, 17, 4, 294-297, 2000.
2. Антомонов Ю.Г. Моделирование биологических систем. - Киев, Наук. Думка, 246 с, 1977.
3. Ваградян А.Г. Ж. Проблемы старения и долголетия., 11, 1, 30-35, 2002.
4. Ваградян В.Г. В кн.. Обучение в интеллектуальных системах - Ереван, 31-33, 1990.
5. Международная классификация болезней, 10-й пересмотр (МКБ-10). Пер. под ред. Пуллера Ю.Л. и Циркина С.Ю. С-Пб. 1994, 303 с.
6. Уемов А.И. Логические основы метода моделирования. М.: Мысль, 311 с, 1971.
7. Шахламов В.А., Галоян А.А., Полякова Г.Н., Ваградян А.Г., Симонян М.А., Агаджанов М.И., и др. Доклады НАН РА, 102, 2, 166-172, 2002.
8. Эшби У.Р. Введение в кибернетику. - М.: ИЛ., 432 с., 1958.
9. Avtzin A.P., Zhavoronkova A.A., Rish M.A., Strockkova L.S. Human microelementosis. Medicina, Moscow, 1991.
10. Понятие модели (определение) <http://www.fio.ifmo.ru/archive/group15/clwu3/definmain.htm>, 2002.
11. Law of similarity and modeling. Terminology. Exec editor V.A. Veniko /ei001090 Electronic Issue, M. - ETS Publishing House, 2001.
12. Savory J., Rao J. Report of the Workshop on the Feasibility of a Chronic Neurotoxicity Study of Aluminum Administered in the Drinking Water of Animals. Ottawa, 20-24, 1997.

Поступила 15.XI.2002