

УДК 612.821:612.826.4:616.451

# Оценка индивидуально-типологических особенностей поведения и устойчивости интактных белых крыс-самцов на основе факторной модели нормального этологического спектра показателей в тесте «открытое поле»

О. Ю. Майоров

Харьковская медицинская академия последипломного образования МЗ Украины  
ГП «Институт охраны здоровья детей и подростков НАМН Украины», Харьков  
Институт Медицинской информатики и Телемедицины, Харьков, Украина

## Резюме

Работа посвящена объективной количественной оценке индивидуально-типологических особенностей поведения интактных белых крыс-самцов, прогнозированию их устойчивости к изменению факторов окружающей среды и формированию групп подопытных животных, имеющих сходные индивидуально-типологические характеристики. Разработана факторная модель нейро-этологических (психофизиологических) показателей в тесте «открытое поле» и дана обоснованная физиологическая интерпретация выделенных факторов. Предложены уравнения, позволяющие прогнозировать устойчивость индивидов к изменению факторов окружающей среды. Разработана методика ранжирования животных по индивидуальным значениям факторов. Методика позволяет при воспроизведении условий проведения теста «открытое поле», изложенных в статье, вычислять индивидуальные значения факторов для исследуемых белых крыс.

**Ключевые слова:** тест «открытое поле», факторная модель, методика оценки индивидуально-типологических особенностей крыс, устойчивость к стрессу.

Клин. информат. и Телемед.  
2011. Т.7. Вып.8. с.21–32

## 1. Введение

В настоящее время придается все большее значение индивидуально-типологическим особенностям подопытных животных. Для экспериментальных исследований в различных областях биологии и медицины (физиология, биохимия, фармакология и др.) широко используются мелкие лабораторные животные – грызуны. После проведения сложных и дорогостоящих экспериментов авторы проводят не менее сложный математический анализ полученных результатов. Как показал анализ литературы, как правило, группы животных формируются по возрасту, полу, весу, генетической линии. Затем эти группы анализируют, не учитывая при этом индивидуально-типологические особенности интактных лабораторных животных, из которых эти группы сформированы, их индивидуальную устойчивость поведения к изменению факторов внешней среды.

В то же время из литературы следует, что имеются существенные генетические, возрастные, половые и другие особенности поведения в пределах одной популяции [1–5], а также данные о связи метаболизма нейромедиаторов

с тем или иным поведением в тесте «открытое поле» (ТОП) [3, 6, 7, 8]. Таким образом, исходя из этих данных, объединение экспериментальных животных в одну группу без учета этих особенностей является совершенно неправомерным и существенно искажает данные, влияет на достоверность исследования, а в некоторых случаях приводит и к существенной потере результатов.

Для оценки индивидуальных особенностей интактных животных используется один из наиболее широко применяемых для исследования нейро-этологических (психофизиологических) показателей тест «открытое поле» [9, 10]. Подробная сводка работ приводится в нескольких обзорах [8, 11, 12, 13].

Тест «открытое поле» определяют, как измерение поведения, обусловленного помещением животного в незнакомое открытое (часто хорошо освещенное) пространство, бегство из которого невозможно [12].

В поведенческом эксперименте измеряется ответ на внешние факторы. В «открытом поле» на животное воздействуют удаление из привычной среды и нахождение в незнакомой обстановке теста. При этом считается, что сильное освещение является «стрессорным» фактором у крыс [14, 15]. Иными словами, в тесте «открытое

поле» исследуется реагирование индивида на новую окружающую среду. Любое поведение с точки зрения концепции операционализма представляет собой детерминанту взаимодействия генетического фона, предыдущего опыта, возбуждения при переносе субъекта в «открытое поле», возбуждения от «поля», опыт, полученный в данном тесте к моменту измерения и метод измерения [12]. Таким образом, поведение в тесте «открытое поле» отражает взаимодействие субъекта с экспериментальной ситуацией.

Исследования в тесте «открытое поле» представляют также интерес в аспекте изучения индивидуально-типологических особенностей поведения в связи с проблемой индивидуальной устойчивости к эмоциональным стрессам [2, 16, 17, 18, 97]. Делаются попытки прогнозировать на основе поведения в тесте «открытое поле» устойчивость регуляции артериального давления [20], состояние сердечно-сосудистой системы [18, 19, 20, 21], интегративной деятельности [18, 22], системы крови [23], исследовать нейрохимические механизмы эмоциональной реактивности [3, 8, 18, 24] в условиях эмоционального стресса.

Исходя из вышеизложенного, необходимо иметь собственные нейро-этологические характеристики исследуемой популяции. Большой набор переменных, получаемых в тесте «открытое поле» делает необходимым применение математических методов для более объективной оценки и физиологической интерпретации результатов. Для этих целей использовались корреляционный (ковариационный), многомерный и факторный анализы. Ряд авторов применяли ковариационный анализ для повышения надежности результатов. Однако, как следует из этих работ, имеющиеся данные довольно противоречивы [25, 26]. Если R. Walsh, R. Cummins [12] считают, что корреляционный анализ повышает чувствительность и надежность метода, то Toshiaki Tachibana [27, 28] связывает многие противоречия с неправильной интерпретацией статистических результатов и предлагает использовать многомерный анализ (регрессионную модель). На основании корреляционного анализа, в некоторых случаях при сильной корреляции переменных авторы удаляют отдельные показатели [29]. С таким подходом, как следует из дальнейшего изложения, нельзя согласиться.

Поведение представляет собой комплексный паттерн, который образуется сочетанием большой группы переменных, характеризующих раз-

личные его стороны. В то же время, разные переменные могут отражать одни и те же психофизиологические состояния (характеристики).

Ввиду большого числа используемых переменных, одни из которых связаны с несколькими особенностями поведения, другие имеют сомнительное значение, без небольшого числа интегральных показателей, исследователю трудно, а иногда невозможно, объективно количественно выделить для дальнейших экспериментов однородную по своим свойствам группу лабораторных животных.

**Цель работы:** разработать факторную модель психофизиологических параметров интактных лабораторных животных (грызунов), дать физиологическую интерпретацию выделенным факторам, разработать методику ранжирования животных по индивидуальным значениям факторов для формирования исследуемых групп животных со схожими индивидуально-типологическими особенностями поведения.

## 2. Материалы и методы

### 2.1. Определение индивидуально-типологических особенностей поведения в тесте «открытое поле»

Проведено тестирование 475 интактных беспородных белых крыс-самцов двух возрастных групп. 1-я группа – половозрелые (4-месячного возраста). 2 группа – 50–55 дней постнатальной жизни (соответствует пубертатному возрасту). Выбор в качестве объекта исследования беспородных крыс обусловлен работами, в которых показана неодинаковая устойчивость сердечно-сосудистых функций различных генетических линий крыс (Вистар, Август и некоторых других) к эмоциональным стрессам [20, 30]. Для достижения цели настоящего исследования необходимы животные без генетически детерминированной устойчивости той или иной системы (сердечно-сосудистой, пищеварительной или другой). Этим требованиям наиболее полно отвечают беспородные белые крысы. Последние, кроме того, более вы-

носливы и лучше переносят операции вживления электродов [18].

Тестирование животных позволяет получить ряд показателей, отражающих особенности поведения, эмоциональности, вегетативного баланса и др. Необходимо регистрировать число элементов и время протекания этих реакции. Важным является учет динамики показателей в течение времени исследования, что позволяет оценивать скорость адаптации к необычным условиям. Нами разработана полуавтоматическая установка для исследования индивидуальных особенностей поведения мелких лабораторных животных в тесте «открытое поле» (рис. 1), представляющая модификацию аппарата, предложенного А. Л. Маркель [31]. Установка состоит из прямоугольного поля размером 140x70 см, разделенного на квадраты 10x10 см и огороженного непрозрачными стенками высотой 50 см (кроме передней прозрачной стенки, через которую ведется наблюдение). В центре поля – площадка размером 40x30 см, установленная на трех микропереключателях, срабатывающих при прикосновении. Переключатели выведены на модифицированный чернильно-пишущий регистратор УСЧ-8. В состав установки входят также 11-клавишный счетчик, скоммутированный с УСЧ-8, видеоманитофон и видеокамера.

В наших опытах животные подвергались испытаниям в тесте «открытое поле» в течение 6 мин. Предлагаемая полуавтоматическая установка позволяет с высокой точностью производить измерение и регистрацию на бумаге 7 показателей (рис. 2).

### 2.2. Анализ экспериментальных данных

Вычислялись  $M$ ,  $m$ ,  $\sigma$  методами параметрической статистики [32], проводился корреляционный и факторный анализ (метод главных компонент) [33], использовался пакет прикладных программ Statgraphic Plus Professional.

Факторный анализ является идеальным методом для определения факторной структуры поведения в «открытом поле», имеются единичные сообщения о его применении у крыс [12, 18, 19, 34–38, 64]. В приведенных работах используются разные показатели теста «открытое поле», различные линии крыс или мышей, основное внимание уделяется описанию процедуры вычисления факторов, а не их физиологической интерпретации.

## 3. Результаты собственных исследований

### 3.1 Показатели нормального спектра эмоциональной реактивности беспородных половозрелых белых крыс-самцов в тесте «открытое поле»

Значения нейро-этологических показателей в тесте «открытое поле», характеризующих нормальный спектр эмоциональной реактивности половозрелых беспородных белых крыс-самцов, приводятся в табл. 1.

### 3.2 Корреляционный анализ показателей нормального спектра эмоциональной реактивности беспородных половозрелых белых крыс-самцов в тесте «открытое поле»

Структура зависимости показателей нормального спектра эмоциональной реактивности беспородных половозрелых белых крыс-самцов в тесте «открытое поле», отражающая скрытую связь между изучаемыми переменными, представлена в корреляционной матрице (табл. 2). Наиболее тесная положительная корреляционная связь существует между уровнями горизонтальной (амбуляции) и вертикальной (rearing) активности ( $r = 0,76$ ). Это согласуется с данными Ivinskis A. [25], Ray O., Nockhauser S. [39]. Средний уровень связи имеют показатель латенции (латентный период первого перемещения) и время нахождения после начала теста в центре площадки ( $r = 0,46$ ). Горизонтальная и вертикальная активность с этими показателями связаны довольно слабо отрицательными корреляционными зависимостями ( $r$  от  $-0,23$  до  $-0,29$ ;  $p \leq 0,05$ ).

Такие же закономерности выявлены и в исследованиях Denenberg V., Whimbey A. [41] и Poley W., Royce J. [42]. Установлена слабая отрицательная зависимость показателя, называемого



Рис. 1. Полуавтоматическая установка для исследования индивидуальных особенностей мелких лабораторных животных в тесте «открытое поле».

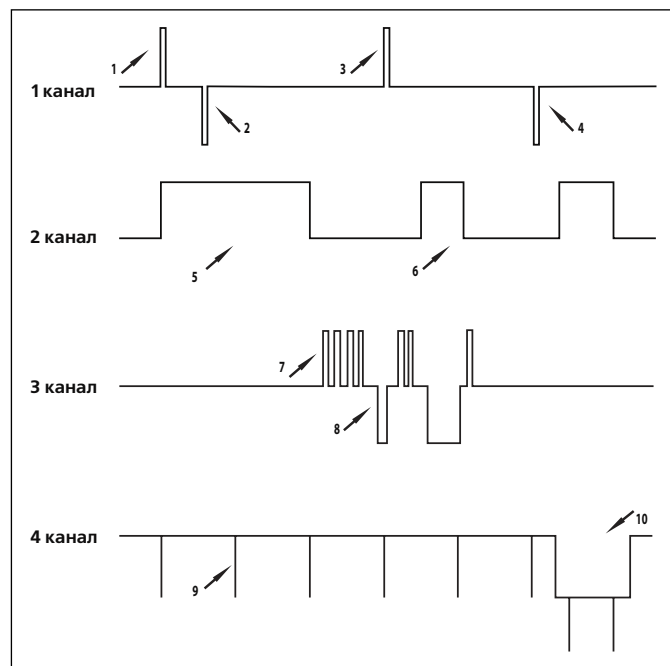


Рис. 2. Схематическое изображение записи нейроэтологических показателей с помощью полуавтоматической установки.

1 канал — регистрация латентного периода первого перемещения — первое отклонение пера вверх — начало исследования (1), отклонение пера вниз — момент первого перемещения (2), последующие отклонения пера вверх — дефекации (3), вниз — урикации (4); 2 канал — время нахождения в центре поля — первое отклонение и возврат пера к изолинии (5), последующие отклонения пера — выходы в центр поля (6); 3 канал — регистрация амбуляций — отклонение пера вверх — один пересеченный квадрат (7), регистрация вертикальной активности — отклонение пера вниз (8); 4 канал — регистрация груминга на фоне отметок времени (метка каждые 10 с) (9), смещение пера вниз — один груминг (10). Скорость движения бумаги 11 мм/с.

**Табл. 1. Нормальные показатели эмоциональной реактивности половозрелых крыс-самцов (по данным нейро-этологических исследований в тесте «открытое поле»).**

№	Переменная	М ± m
1	Латентный период первого перемещения (ЛПП)	5,60 ± 0,5 с
2	Время пребывания в центре поля после начала теста (Вц)	47,40 ± 5,69 с
3	Время выходов в центр поля (Ввц)	12,72 ± 1,79 с
4	Горизонтальная активность (амбуляции) (число пересеченных квадратов) (ГА)	144,90 ± 7,10
5	Длительность умываний (grooming) (Дум)	82,72 ± 1,63 с
6	Продолжительность вертикальной активности (rearing) (ПВА)	20,90 ± 1,24 с
7	Показатель вегетативного баланса – дефекации (число болюсов) (ПВБ)	2,64 ± 0,18

**Табл. 2. Корреляционная матрица показателей нормального спектра эмоциональной реактивности беспородных половозрелых белых крыс-самцов в тесте «открытое поле».**

№	Переменная	ЛПП	Вц	Ввц	ГА	Дум	ПВА	ПВБ
1.	Латентный период первого перемещения (ЛПП)	1,00						
2.	Время пребывания в центре поля после начала теста (Вц)	0,46	1,00					
3.	Время выходов в центр поля (Ввц)	0,03	-0,08	1,00				
4.	Горизонтальная активность (амбуляции) (ГА)	-0,25	-0,28	0,27	1,00			
5.	Длительность умываний (grooming) (Дум)	-0,06	-0,18	-0,09	-0,04	1,00		
6.	Продолжительность вертикальной активности (rearing) (ПВА)	-0,23	-0,29	0,21	0,76	-0,07	1,00	
7.	Показатель вегетативного баланса – дефекации (число болюсов) (ПВБ)	0,08	0,05	-0,14	-0,16	0,05	-0,20	1,00

Примечание: коэффициенты корреляции значимы при  $p \leq 0,05$ , начиная с 0,12 (по Л. Закс [40], табл. 113, с. 392).

«уход за собой» или «умывание» (grooming) только с одной из исследуемых переменных – с временем нахождения в центре площадки ( $r = 0,18$ ;  $p \leq 0,05$ ). У животных исследуемой популяции дефекация (показатель вегетативного баланса по Royce J. [43]) слабо отрицательно коррелирует с переменными, отражающими двигательную и исследовательскую активность – числом амбуляций и вертикальной активностью, выходами в центр поля ( $r$  от  $-0,14$  до  $-0,20$ ;  $p \leq 0,05$ ).

Подобная зависимость установлена и в исследованиях Walden A. [44] и Bruehl J.

[45], хотя по данным последнего отрицательная корреляция достоверна только у самок-крыс, положительная – у самцов. Отсутствует ( $p > 0,05$ ) корреляция параметра «латентный период первого перемещения» (ЛПП) с дефекацией, как и в исследованиях Ader R. [46], Porter P., Wehmer P. [47].

Детальное изложение результатов корреляционного анализа и сопоставление с данными литературы преследует цель – показать, что исследуемая в наших опытах популяция белых крыс-самцов по структуре поведения довольно типична. Кроме того, не-

обходимо подчеркнуть другой важный результат – отсутствие в целом сильных и средних корреляционных связей, а также наличие слабых связей (отрицательных или положительных) практически всех переменных друг с другом. Это свидетельствует о том, что измеряемые переменные отражают разные свойства высшей нервной деятельности индивидов, обусловленные сложными механизмами, связанными, по-видимому, нелинейными взаимодействиями. Однако, корреляционный анализ не позволяет установить эти скрытые зависимости.

### 3.3 Факторный анализ показателей нормального спектра эмоциональной реактивности беспородных белых крыс-самцов в тесте «открытое поле»

Описываемая корреляционная матрица используется в качестве исходной информации для определения главных факторов (табл. 3). Рассматриваются только факторы, имеющие собственное значение  $\geq 1$ . Они представляют сжатое описание структуры зависимости исходных переменных, несущее значительную часть информации, содержащейся в самих переменных.

Первые два главных фактора позволяют получить достаточно хорошее представление об этих переменных. Для выделения информации, содержащейся в этих факторах, выбираются переменные, имеющие достаточно большие коэффициенты корреляции с главными факторами (принимается порог, равный 0,4 по рекомендации Uberla K. [33]). Порядок, в котором переменные вносят наибольший вклад в выделенные главные факторы, отражает их информативность для характеристики нормального спектра эмоциональной реактивности.

Основной задачей факторно-аналитического подхода, кроме сжатия информации, является физиологическая смысловая интерпретация данных. То есть выявление скрытых за переменными и непосредственно неизмеряемых

явлений. Значительно легче интерпретировать полученные факторы, используя для получения простой структуры процедуру вращения факторов [48, 49]. В наших исследованиях используется «варимакс» вращение. Указанный аналитический метод приводит к еще большему увеличению больших и уменьшению малых нагрузок факторов. При этом для каждого фактора в отдельности получается простая структура, при которой лишь некоторые переменные имеют относительно большие для данного фактора нагрузки. В табл. 3 и на рис. 3 представлены выделенные факторы и факторные нагрузки после «варимакс» вращения. Интерпретация факторов упростилась.

### 3.4. Физиологическая смысловая интерпретация факторной модели показателей нормального спектра эмоциональной реактивности беспородных половозрелых белых крыс-самцов в тесте «открытое поле»

С первым фактором ( $F_1$ ) сильно коррелирует показатель «горизонтальная активность (амбуляции)» (ГА) ( $r = -0,80$ ). Имеются различные толкования о том, какое психофизиологическое состояние отражает увеличение или уменьшение двигательной активности. Известно, что яркое освещение

вызывает чаще уменьшение двигательной активности в тесте «открытое поле» [50], реже — его увеличение [77]. Отсутствие двигательной активности в тесте «открытое поле» рассматривается как индикатор состояния сильного стресса [12]. Этот показатель является комплексным — он может быть проявлением двигательной активности, обусловленной развитием активно оборонительной реакции [42], а возможно и агонистического поведения (по Scott J. [51]) и являться, наряду с показателем «продолжительность вертикальной активности (rearing)» (ПВА) отражением исследовательской активности [41]. Ряд авторов отмечают уменьшение амбуляции от опыта к опыту [46, 52] и считают это проявлением редукции страха. Тогда последующее увеличение «горизонтальной активности» уже можно рассматривать не с точки зрения повторного увеличения страха, но как компонент исследовательской деятельности [53]. Уменьшение амбуляции в течение опытов интерпретируется и более обобщенно, как развитие торможения или привыкания. Подтверждением двойственной (комплексной) природы «горизонтальной активности» являются данные о диссоциации этой переменной с параметром «продолжительность вертикальной активности (rearing)» (ПВА) под влиянием фармакологических препаратов [54]. Однако Walsh R., Cummins R. [12] подчеркивают, что связь амбуляции и вертикальной активности с исследовательским поведением показана только интуитивно и еще нет подтверждающего это факторного анализа. Тогда наши данные

Табл. 3. Факторная модель показателей нормального спектра эмоциональной реактивности белых крыс-самцов в тесте «открытое поле» (матрица факторных нагрузок после «варимакс» вращения).

№	Переменная	Нагрузки для факторов	
		Фактор 1 ( $F_1$ )	Фактор 2 ( $F_2$ )
1	Латентный период первого перемещения (ЛПП)	0,11	0,75 (2)
2	Время пребывания в центре поля после начала теста (Вц)	0,14	0,80 (1)
3	Время выходов в центр поля (Ввц)	-0,58 (3)	0,15
4	Горизонтальная активность (амбуляции) (ГА)	-0,80 (1)	-0,34
5	Длительность умываний (grooming) (Дум)	0,39 (5)	-0,48 (3)
6	Продолжительность вертикальной активности (rearing) (ПВА)	-0,78 (2)	-0,35 (4)
7	Показатель вегетативного баланса — дефекации (число болюсов) (ПВБ)	0,43 (4)	-0,02



о корреляционной связи и проекции этих переменных на  $F_1$  в большей степени отражают их участие в исследовательской активности, чем в двигательной, связанной с активно-оборонительным поведением.

Вторая по информативности переменная, вносящая существенный вклад в  $F_1$  – «продолжительность вертикальной активности» ( $r = -0,78$ ) – вставание на задние лапы (rearing). В сочетании с «горизонтальной активностью» выявляет стойкие индивидуальные черты «неспецифической возбудимости» [25, 29]. Эту переменную редко связывают с другими показателями, используя ее в общем показателе как индекс активности [12]. «Продолжительность вертикальной активности» (ПВА) отражает в большей степени исследовательскую активность и, по-видимому, доминирование животного в популяции, степень его агрессивности. Исследовательское поведение также может рассматриваться в качестве защитной реакции, если его рассматривать как поиск выхода из стрессовой обстановки.

Третья переменная, дающая вклад в  $F_1$  – «выходы в центр поля» (Ввц) ( $r = -0,58$ ), является одним из видов амбуляции по месту ее проявления на периферии, либо во внутренней зоне поля [25]. Если амбуляция на периферии поля, либо в углах [55] или возле стен [50] рассматривается как показатель «робости», то выходы в центр поля можно интерпретировать как «смелость», «храбрость», «отвагу». Показатель «выходы в центр поля» (Ввц) связан, по-видимому, с исследовательской активностью и может косвенно отражать доминантный тип и агрессивность животного при зоосоциальном взаимодействии.

Наконец, с  $F_1$  коррелирует «показатель вегетативного баланса (дефекации)» (ПВБ) ( $r = 0,43$ ), который длительное время считался главным показателем в тесте «открытое поле» [41]. Однако отсутствие эффекта освещения на «показатель вегетативного баланса (дефекации)» (ПВБ) [56] противоречит представлениям о стрессорном эффекте освещения и о дефекации, как первом показателе эмоциональности. Эти данные позволяют объяснить, почему рассматриваемая переменная является только четвертой по информативности (по ее вкладу в  $F_1$ ). По-видимому, значение дефекации для оценки эмоциональности несколько переоценивается. Делается заключение, что дефекация является проявлением врожденной «робости», при этом подавляется исследовательское поведение в новой обстановке [44].

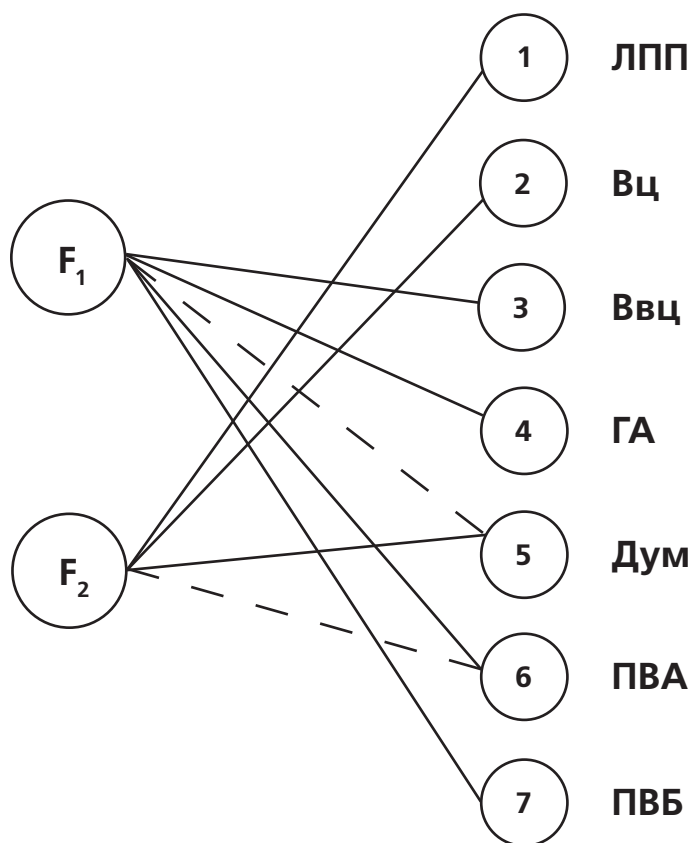


Рис. 3. Структура гипотезы факторного отображения показателей нормального спектра эмоциональной реактивности беспородных половозрелых белых крыс-самцов в тесте «открытое поле».

Таким образом, первый фактор ( $F_1$ ) образуют переменные, отражающие такие стороны поведения, как двигательная активность [«горизонтальная активность (амбуляции)» (ГА), «выходы в центр поля» (Ввц)], исследовательское поведение [«горизонтальная активность (амбуляции)» (ГА), «продолжительность вертикальной активности (rearing)» (ПВА)] и, так называемая, эмоциональность [«горизонтальная активность (амбуляции)» (ГА), «показатель вегетативного баланса (дефекации)» (ПВБ)]. Какова причина объединения в  $F_1$  переменных, отражающих, на первый взгляд, различные стороны поведения?

Можно привести несколько примеров трактовки связи рассматриваемых переменных. Так, высокая двигательная активность трактуется не только как компонент исследовательского поведения, но и как развитие реакции страха, т.е. попытка уйти из опасной ситуации [57]. По-видимому, более адекватно анализировать двигательную активность в терминах пассивно- или активно-оборонительного поведения. Rouse J. [43] рассматривает объедине-

ние показателя «горизонтальной активности» и экскреторной активности в одном факторе как проявление «высвобождения» энергии. Эти же факторы связывают с уровнем вероятности нахождения опасности внутри организма – тогда больше экскреторная деятельность, или вне его – выше двигательная активность [57]. Такая оценка не подкрепляется экспериментальными данными и является умозрительной. Однако можно согласиться, что двигательная активность имеет в некоторых случаях зоосоциальное значение – ее активация служит сигналом опасности, при этом примером для других животных популяции чаще является вожак (доминантная особь) [57].

Мы рассматриваем объединение анализируемых переменных в одном факторе, как следствие отражения разных сторон индивидуальных (типологических) особенностей субъекта, обусловленных такими свойствами высшей нервной деятельности как «темперамент» (тип высшей нервной деятельности И. П. Павлову [58]), и «характер», т.е. важных компонентов «личности» [59].

Тогда первый фактор можно интерпретировать как отражающий тип зоосоциального поведения животного («личностный» фактор). Отдавая себе отчет, что такие понятия как «темперамент», «характер», «личность», так же как «страх» и «эмоциональность» в зоопсихологическом смысле искусственны и антропоморфны, следует сделать оговорку, что такое название первого фактора условно. Хотя в литературе уже имеются попытки найти аналоги типологии личности по Айзенку (Eysenck H., [60]) у животных. Исследовательская активность в тесте «открытое поле» у крыс рассматривается в качестве аналога экстравертированности, эмоциональности («показатель вегетативного баланса» (ПВБ) — как показатель невротизма, степень агрессивности — как аналог психотицизма [61]. Предполагается, что именно эти параметры типологии Айзенка можно будет использовать для прогнозирования устойчивости животных к невротизирующим воздействиям (Симонов П. В., [62]). Величина  $F_1$ , по-видимому, позволяет оценить свойства высшей нервной деятельности, которые Небылицын В. Д. [63] обозначил как «общие свойства нервной системы», включающие такие параметры, как «активность и эмоциональность». Тогда становится понятным объединение в  $F_1$  переменных, отражающих различные, иногда противоположные, стороны поведения животного.

Для обоснования этого утверждения большое значение имеют данные литературы о связи нейромедиаторов с тем или иным поведением в тесте «открытое поле». Как известно, люди типа А и Б (по классификации Friedman M., Rosenman R., [65, 66]) обладают противоположными характерологическими качествами. Последние пытаются связать с метаболизмом медиаторных систем — по этим данным агрессивные субъекты в конфликтной ситуации выделяют больше норадреналина (НА), слабые личности — адреналина (А) [67, 68]. По аналогии с этим подходом, для обоснования предлагаемой нами интерпретации первого фактора ( $F_1$ ), как отражающего «личность» индивида, можно привлечь исследование нейрохимических аспектов поведения в тесте «открытое поле» [3, 8, 24, 69, 70].

Если рассматривать двигательную активность, исследовательское поведение и эмоциональность с этой точки зрения, то оказывается следующее: повышение активности норадренергической и дофаминергической систем коррелирует с повышенным уровнем амбуляций [71, 72]. Доказательством того, что это явление связано с развити-

ем активно-оборонительного поведения, является невозможность выработки у них рефлексов активного избегания при снижении активности этих систем. Напротив, холинергическая и серотонинергическая системы снижают уровень двигательной активности [71, 73, 74, 75]. В то же время, введение АКТГ увеличивает «горизонтальную активность (амбуляции)» (ГА) в «открытом поле» (Ашмарин И. П. с соавт., [76]).

Крысы с высоким уровнем переменной — «продолжительность вертикальной активности (rearing)» (ПВА) — выделяют больше адреналина с мочой [78]. Из литературы следует, что исследовательская активность усиливается при активации норадренергической системы и торможении холин- и серотонинергической систем [79–82]. Установлено, что эндогенные опиаты усиливают, а налоксон угнетает исследовательскую активность [83].

Наибольший интерес для наших исследований имеют данные о связи метаболизма нейромедиаторов с эмоциональностью в тесте «открытое поле». Если отождествлять эмоциональность [«показатель вегетативного баланса (дефекации)» (ПВБ)] с реакцией страха, тогда ее увеличение связано, главным образом, с активацией холинергических структур [8] и уменьшением содержания НА в гипоталамусе [73, 84]. Снижение уровня серотонина сопровождается уменьшением показателя «вегетативного баланса (дефекации)» (ПВБ) [74, 69, 82].

Иными словами, холинергическая и серотонинергическая системы в отношении показателя «вегетативного баланса» действуют синергично, а норадренергическая коррелирует с ней отрицательно [85, 86]. У эмоциональных индивидов [с высоким показателем «вегетативного баланса» (ПВБ)] менее выражено тормозное влияние ГАМК-эргических механизмов, по-видимому, за счет меньшей плотности в мозгу бензодиазепиновых рецепторов [86, 87]. При этом важно отметить, что для реакции «ярости» характерно повышенное содержание КА в гипоталамусе [88]. Тогда собственное значение  $F_1$  косвенно может отражать и агрессивность животного (если понимать под этим индивидуальную предрасположенность к агрессивному поведению [89].

Таким образом, двигательная (амбуляции) и исследовательская (rearing) активности имеют сходные (однаправленные) отношения с нейромедиаторными системами, в то время как эмоциональность [показатель «вегетативного баланса» (ПВБ)] связана с этими комплексами противоположными отношениями [8].

Нет необходимости в рамках интерпретации  $F_1$  более подробно приводить литературу, касающуюся всех нейрохимических аспектов поведения, с учетом не только нейромедиаторов, их метаболитов, но и связанных с ними процессов синтеза белков, РНК, нейропептидов. Важно только подчеркнуть следующее: мы разделяем представление Кулагина А. Д. с соавт. [8] о том, что комплекс нейромедиаторов и других мозговых регуляторов находится в динамическом равновесии, может сдвигаться в любую сторону, включая и переход в противоположное состояние. Тогда можно обоснованно, исходя из вышеизложенного, утверждать, что собственные значения факторов, главным образом первого ( $F_1$ ), отражают состояние этого комплекса, т.е. являются интегральными показателями.

Из этого следует два важных вывода. Во-первых, возможность существования относительно устойчивого фенотипического индивидуального «нейрохимического паттерна», отражаемого собственными значениями факторов. Во-вторых, возможно его изменение в любую сторону под влиянием эмоционального стресса.

Сопоставление переменных, образующих факторы, с данными литературы позволяет прийти к выводу, что последние отражают взаимодействие комплекса нейромедиаторных систем:  $F_1$  — катехоламин- и холинергических систем,  $F_2$  — серотонин-, ГАМК- и холинергических систем. Проведенные нами (О. Ю. Майоров с соавт., [3]) прямые исследования уровня активности некоторых нейромедиаторных систем — биогенных аминов и ацетилхолинэстеразы, подтвердили связь индивидуальных значений факторов с индивидуальным нейрохимическим паттерном.

Во второй главный фактор ( $F_2$ ) наибольший вклад вносит переменная — «время пребывания в центре поля после начала теста» (Вц) ( $r = 0,80$ ) и «латентный период первого перемещения» (ЛПП) ( $r = 0,75$ ). Переменная «время пребывания в центре поля после начала теста» (Вц) отражает время, необходимое для ухода со стартовой точки, ее учет используют ряд авторов [25, 42, 90]. Переменная Вц — комплексный параметр, включающий, как правило, на первом этапе «замирание» (рефлекс «мнимой смерти», «фризинг» — замораживание — в англо-язычной литературе) и время амбуляций, необходимы, чтобы покинуть центр поля. Фризинг рассматривается как показатель сильного стресса, вызванного помещением животного в незнакомую обстановку [12, 91]. От опыта к опыту переменная

«латентный период первого перемещения» (ЛПП) уменьшается [46]. Существует мнение, что латенция (ЛПП) является достоверным критерием эмоциональности из-за ее положительной корреляции с дефекацией [25]. Переменная «латентный период первого перемещения» (ЛПП) интерпретируется также как один из показателей двигательной активности («моторного поведения») по ее отсутствию [43]. Имеющиеся в литературе сведения об интерпретации рассматриваемых переменных немногочисленны. Как следует из интерпретируемой факторной модели, их неправильно трактовать как проявления «факторов исследовательского поведения» и «эмоциональности», как это делают Denenberg V., Whimbeys A. [92]. Нельзя согласиться и с предложением использовать их для измерения уровня двигательной активности. Наше утверждение подтверждается их отсутствием в  $F_1$ , в котором находят отражение упомянутые выше виды деятельности и проекция этих переменных на  $F_2$ . Выделение переменных «латентный период первого перемещения» (ЛПП) и «время в центре поля» (Вц) в отдельный фактор свидетельствует о том, что они выражают другие стороны психофизиологического «портрета» индивида. Мы считаем, что эти переменные могут характеризовать скорость привыкания к новой обстановке — скорость адаптации (Майоров О. Ю., [18]).

О скорости привыкания в специальных исследованиях судят по изменению различных параметров от опыта к опыту. При этом выделяется высокая индивидуальная стабильность привыкания в этих условиях [29].

Третья переменная, дающая существенный вклад в  $F_2$  — «длительность мытья (grooming)» (Дум) ( $r = -0,48$ ). Этот показатель занимает особое место и интерпретация его затруднена, так как он (см. табл. 2) отрицательно коррелирует одновременно с переменными, отражающими высокоактивные состояния («горизонтальная активность (амбуляции)» (ГА) и «продолжительность вертикальной активности (rearing)» (ПВА)), а также с другой группой переменных — «латентным периодом первого перемещения» (ЛПП) и «время в центре поля» (Вц). Груминг, в то же время, положительно коррелирует с количеством дефекаций, отражающих эмоциональность, однако последняя коррелирует с ЛПП и Вц. Груминг проецируется одновременно на оба фактора — на первый с положительным знаком ( $r = 0,35$ ), на второй — с отрицательным ( $r = -0,48$ ). По видимому, этот показатель отражает какие-то другие стороны психофизиологического со-

стояния или нейрохимии животного. Для интерпретации этого показателя можно привлечь данные Судакова К. В. [16] и Айрапетянца М. Г. [93]. Показано, что в условиях эмоционального стресса у животных в безвыходной конфликтной ситуации возникает «замещающее» поведение (по Тинбергену Н., [94]) в виде груминга. При этом гигиеническом ритуале в мозгу возникает синхронизованная биоэлектрическая активность, имеющая, исходя из концепции Айрапетянца М. Г. «... об охранительно-стабилизирующем характере тормозных синхронизирующих механизмов в стрессовых ситуациях...», адаптивное значение, так как она близка по характеру к активности покоя, комфорта, подкрепления [93]. Если рассматривать груминг с такой точки зрения, то он отражает способность индивида к саморегуляции на основе своеобразной формы биообратной связи.

Исходя из вышеизложенного,  $F_2$  можно интерпретировать как отражающий скорость адаптации и индивидуальную способность к поведенческой саморегуляции (в более широком смысле способность к адаптации).

Такая интерпретация груминга позволяет понять причину проекции данной переменной также и на  $F_1$  («характерный», «личностный»). Для субъектов со слабым типом нервной системы, наряду с пассивно-оборонительными реакциями [«grooming» (Дум) положительно коррелирует с дефекациями], характерен «уход от борьбы» в виде «замещающей» деятельности вместо попыток преодолеть конфликтную ситуацию [95].

Таким образом, имеются два фактора, образующих факторную модель:

$F_1$  — отражающий типологию индивидуальных форм поведения («личностный» фактор);

$F_2$  — отражающий скорость адаптации и способность к адаптации на основе поведенческой саморегуляции.

### 3.5. Ранжирование животных по значениям выделенных факторов, отражающих индивидуально-типологические особенности поведения, устойчивость к изменениям окружающей среды (к эмоциональным стрессам)

Исходя из предлагаемой интерпретации факторов, можно всех индиви-

дов по величине их собственных значений факторов разделить на группы.

**По первому фактору ( $F_1$ )** крыс можно подразделить на две основные группы.

**1-я группа** — животные деятельные, активные, любознательные, агрессивные, «смелые», уравновешенные, умеренно эмоциональные — животные «лидеры», доминантные. Для животных 1-й группы характерно небольшое значение фактора  $F_1$  (что обусловлено знаком и величиной коэффициентов корреляции переменных, образующих  $F_1$  с этим фактором).

**2-я группа** — индивиды с большим значением  $F_1$ , имеет другой нейротологический «портрет»: животные менее деятельны, менее любознательны, «робкие», менее агрессивны, более «эмоциональны» — субдоминантные особи.

**По второму фактору ( $F_2$ )** — крыс можно также подразделить на две основные группы.

К **1-й группе** можно отнести животных, для которых характерно малое значение  $F_2$ , что указывает на высокую скорость адаптации животных к новой обстановке, в сочетании с умеренной способностью к адаптации на основе поведенческой саморегуляции.

К **2-й группе**, с большим значением  $F_2$ , относятся индивиды, имеющие противоположные вышеперечисленным характеристики.

В исследуемой популяции имеются индивиды с различным сочетанием главных факторов, нормальный этологический спектр которых имеет выраженные индивидуально-типологические особенности, поддающиеся количественному измерению. Сочетание факторов первого порядка ( $F_1$ ,  $F_2$ ) характеризует индивидуальные (типологические) особенности поведения, позволяет количественно оценить устойчивость субъекта к изменениям окружающей среды и, в более узком смысле, к эмоциональным стрессам.

Существует теоретическая возможность наличия четырех основных типов подопытных животных, индивидуально-типологические особенности поведения (ИТ) которых можно представить в виде выражений, пригодных для количественной оценки.

Обозначим наименьшее значение фактора —  $f$ , наибольшее значение фактора —  $F$ . Тогда можно условно выделить следующие типы индивидов:

**1-й тип** — умеренно-устойчивые:  $ИТ = f_1 + f_2$  (1),

обладает высокой двигательной и исследовательской активностью, «смелостью», агрессивностью, низкой или умеренной эмоциональностью (доми-



нантные особи, «лидеры») в сочетании с большой скоростью адаптации и умеренной способностью к поведенческой саморегуляции;

**2-й тип** — наименее устойчивые («группа риска»):

$$ИТ = f_1 + F_2 \quad (2),$$

характеризуется типологическими особенностями, отражаемыми малым значением  $f_1$  (см. выше) — животные «лидеры», доминантные, однако с малой скоростью адаптации и умеренной способностью к саморегуляции; можно провести аналогию с коронарным типом А у людей по классификации Friedman N. [65, 66] или по Eysenck N. [60–62, 96] — интровертированный тип с высоким показателем нейротизма и психотицизма;

**3-й тип** — наиболее устойчивые:

$$ИТ = F_1 + f_2 \quad (3),$$

характеризуется средней или малой двигательной и исследовательской активностью, робостью, умеренной или сильной эмоциональностью, дружелюбностью (низкой агрессивностью) — субдоминантные особи с большой скоростью адаптации и умеренной способностью к саморегуляции; может быть сопоставлен с устойчивым типом В (по Friedman N., [65, 66]); по Eysenck N. [60–62, 96] этот тип можно охарактеризовать как экстравертированный с низким показателем невротизма и умеренным психотицизмом;

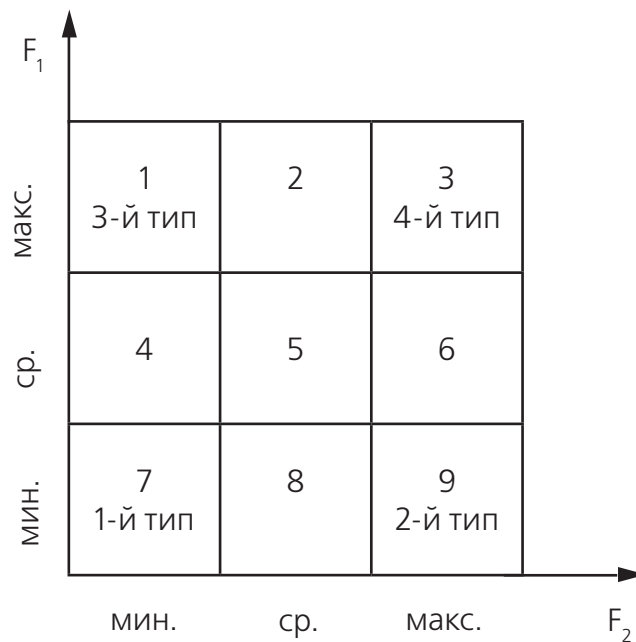
**4-й тип** — умеренно-устойчивые:

$$ИТ = F_1 + F_2 \quad (4),$$

«субдоминантные» особи с низкой скоростью адаптации и умеренной способностью к саморегуляции.

Предлагаемые выражения для количественной оценки индивидуальной устойчивости к изменению факторов окружающей среды можно представить графически (рис. 4).

Если собственные значения каждого главного фактора подразделить на минимальные, средние и максимальные, то в пространстве главных факторов будет 9 областей. Четыре из них соответствуют вышеприведенным выражениям (1, 2, 3, 4). Если координаты, образуемые собственными значениями факторов  $F_1$  и  $F_2$  исследуемой особи расположены ближе к области 9, то индивид менее устойчив к изменению факторов окружающей среды; и, наоборот, приближение к области 1 свидетельствует о более высокой устойчивости. Фактически существует множество промежуточных типов. Однако расположение индивида в одной из теоретически возможных областей (или близкой к ней) в пространстве выделенных факторов позволяет объективно оценить индивидуально-типологические особенности поведения,



**Рис. 4.** Графическое представление возможных сочетаний собственных значений главных факторов ( $F_1$  и  $F_2$ ), отражающих индивидуально-типологические особенности поведения (устойчивость к изменению факторов внешней среды) в условиях теста «открытое поле» (1–9 — номера областей).

поведенческий компонент устойчивости к изменениям окружающей среды (к эмоциональным стрессам) и сформировать для последующих исследований однородную группу животных, имеющих сходные нейробиологические и нейрохимические характеристики.

Сочетания главных факторов у представителей второго и четвертого типов по предлагаемой классификации подтверждают положение И. П. Павлова о том, что животные крайних типов являются основными поставщиками «неврозов» и других нервно-психических заболеваний (И. П. Павлов, [58]).

## Заключение

Как следует из предлагаемого подхода, для оценки **индивидуально-типологических особенностей поведения** (поведенческого компонента устойчивости к умеренному кратковременному эмоциональному стрессу), формирования исследуемых групп, имеющих сходные нейробиологические характеристики, необходимо использовать «прогностическую» факторную модель, оценивать на ее основе величину выделенных главных факто-

ров для каждого индивида, определять сочетание выделенных факторов.

На первом этапе анализа для каждого индивида вычисляются значения  $F_1$  и  $F_2$ . На втором этапе — по анализу гистограмм распределений определяется нахождение каждого животного в той или иной области факторного пространства. Такой подход позволяет формировать однородные группы подопытных животных, относящихся к одному из выделенных типов поведения. Это дает возможность избежать нивелирования, искажения физиологических, биохимических и др. результатов в процессе статистического усреднения и, напротив, выявлять тонкие популяционные особенности изучаемого явления.

## А. Приложение 1 Методика ранжирования животных по индивидуальным значениям факторов

Разработана методика ранжирования животных по индивидуальным значениям факторов. Методика по-

звоняет при воспроизведении условий проведения теста «открытое поле», изложенных в статье, вычислять индивидуальные значения факторов для исследуемых читателем белых крыс, позволяет формировать однородные группы подопытных животных, относящихся к одному из выделенных типов поведения.

Для вычисления индивидуальных значений факторов, соответствующих конкретному подопытному животному, используется полученная ранее матрица факторных нагрузок показателей нормального спектра эмоциональной реактивности белых крыс-самцов в тесте «открытое поле» после «варимакс» вращения (5); также см. табл.3.

$$A = \begin{pmatrix} 0,11 & 0,75 \\ 0,14 & 0,80 \\ -0,58 & 0,15 \\ -0,80 & -0,34 \\ 0,39 & -0,48 \\ -0,78 & -0,35 \\ 0,43 & -0,02 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} A_{1,1} & A_{1,2} \\ A_{2,1} & A_{2,2} \\ A_{3,1} & A_{3,2} \\ A_{4,1} & A_{4,2} \\ A_{5,1} & A_{5,2} \\ A_{6,1} & A_{6,2} \\ A_{7,1} & A_{7,2} \end{pmatrix} \quad (5)$$

Значения исходных переменных данного конкретного животного (ЛПП, Вц и т.д.) сначала должны быть стандартизованы с применением средних значений и девиаций (табл. 1):

$$Z_i = \frac{X_i - \bar{X}_i}{\sigma_i}, \quad i = 1, \dots, 7, \quad (6)$$

где  $X_i$  – значение исходной переменной (ЛПП, Вц, ...);

$\bar{X}_i$  – соответствующее среднее значение;

$\sigma_i$  – девиация.

Индекс  $i$  нумерует различные переменные (показатели) в табл. 1.

Затем вычисляются индивидуальные значения факторов  $F_1, F_2$ .

Если ввести обозначение  $F = (F_1, F_2)$  (т.е. вектор-строка), то вычисление сводится к обычному матричному умножению вектор-строки  $Z$  на матрицу  $A$ :

$$F = Z \times A \quad (7)$$

Или в развернутом виде:

$$F_1 = Z_1 A_{1,1} + Z_2 A_{2,1} + Z_3 A_{3,1} + Z_4 A_{4,1} + Z_5 A_{5,1} + Z_6 A_{6,1} + Z_7 A_{7,1} \quad (8)$$

$$F_2 = Z_1 A_{1,2} + Z_2 A_{2,2} + Z_3 A_{3,2} + Z_4 A_{4,2} + Z_5 A_{5,2} + Z_6 A_{6,2} + Z_7 A_{7,2} \quad (9)$$

После вычисления значений индивидуальных факторов с помощью выражений, которые позволяют количественно оценить индивидуально-типологические особенности поведения (ИТОП) (1-4), можно отнести тестируемое животное к той или иной группе:

**1-й тип** – умеренно-устойчивые:

$$ИТ = F_1 + F_2 \quad (1)$$

**2-й тип** – наименее устойчивые («группа риска»):

$$ИТ = F_1 + F_2 \quad (2)$$

**3-й тип** – наиболее устойчивые:

$$ИТ = F_1 + F_2 \quad (3)$$

**4-й тип** – умеренно-устойчивые:

$$ИТ = F_1 + F_2 \quad (4)$$

(Развернутая физиологическая интерпретация вышеприведенных выражений представлена в соответствующем разделе статьи).

## Литература

- Trut L. N., Kharlamova A. V., Kukekova A. V. et al. Morphology and behavior: are they coupled at the genome level? // The Dog and its Genome / Eds E. A. Ostrander, U. Giger, K. Lindblud-Toh. N. Y.: Cold Spring Harbor, 2006. P. 81–93.
- Маркель А. Л. К оценке основных характеристик поведения крыс в «открытом поле». // Ж. высш. нервн. деят., – 1981. – Т.31. – № 2. – С.301–307.
- Майоров О. Ю., Сергиенко Н. Г., Сулима Т. Н., Кошляк Т. В. Нейромедиаторные корреляты устойчивости поведенческой адаптации к изменению факторов внешней среды в тесте «открытое поле». // Матер. 3-й Всесоюз. конф. по нейроэндокринологии. – Харьков., 1988. С.288.
- Hartl D. L., Clark A. G. Principles of population genetics. 3rd ed. Sinauer, Sunderland, Massachusetts, 1997. 325 p.
- Henderson N. Genetic influences on the behavior of mice can be obscured by laboratory rearing. // J. Comp. Physiol. Psychol. – 1970. – No.72. – P.505–511.
- Frankenhaeuser M. Psychoneuroendocrine approaches to the Study of Stressful Person-Environment Transaction // Selye's Guide to Strees Research. / Ed. H.Selye. – N.Y.: Relnhoind Company, 1980. – Vol.1. – P.44–66.
- Marvin Zuckerman. Psychobiology of Personality. Cambridge Univ. Press. 2nd Edition. 2005. 336 p.
- Кулагин Д. А., Болондинский В. К. Нейрохимические аспекты эмоциональной реактивности и двигательной активности крыс в новой обстановке. // Успехи физиол. наук. – 1986. – Т.17. – №1. – С.92–109.
- Hall C. Emotional behavior in the rat: Defecation and urination as measures of individual differences in emotionality. // J.Comp.Psychol. – 1934. – Vol.18. – P.385–403.
- Hall C. Emotional behavior in the rat: The relation ship between emotionality and ambulatory activity. // J. of Compar. Psychol. – 1936. – Vol.22. – P.345–352.
- Archer J. Tests for emotionality in rats and mice: A review. // Anim.Behav. – 1973. – Vol.21. – P.205–235.
- Walsh R., Cammins R. The open-field test: A critical review. // Psychol. Bull. – 1976. – Vol.83. – P.482–504.
- Gould T. D., Dao D. T., Kovacsics C. E. The Open Field Test. // In. Ed.: Todd D. Gould. Mood and Anxiety Related Phenotypes in Mice: Characterization Using Behavioral Tests. Neuromethods.Vol.42. 2009. P. 1–20.
- Blizard D. Situational determinants of open-field behavior in mus masculus. // Brit. J. Psychol. – 1971. – Vol.62. – P.245–252.
- Mos L., Vriend J. and Poley W. Effects of light environment on emotionality and the endocrine system of inbred mice. Physiology & Behavior. Vol. 12, Issue 6, 1974, P. 981–989.
- Судаков К. В. Системные механизмы эмоционального стресса. – М.: Медицина, 1981. – 232 с.
- Судаков К. В. Индивидуальная устойчивость к эмоциональному стрессу. – М.: Горизонт, 1998. – 267 с.
- Майоров О. Ю. Нейродинамическая структура системных механизмов устойчивости к эмоциональному стрессу. Дисс. дисс. ... д-ра мед. наук. Харьков, 1988. 499 с.
- Майоров О. Ю. с соавт. Кількісна оцінка вісцерального та поведінкового компонентів стійкості до емоційних стресів: використання біологічних пептидів для аналізу їх взаємодій. В кн: Розвиток фізіології в Українській РСР за 1986–1990 рр., Київ, Наукова думка, Т.2, 1990. С.8–9.
- Судаков К. В., Душкин В. А., Юматов Е. А. Генетические и индивидуальные различия сердечно-сосудистых нарушений у крыс при экспериментальном эмоциональном стрессе. // Вестн. АМН СССР. – 1981. – № 12, – С.32–39.
- Ведяев Ф. П., Чернобай Л. В. К вопросу о коррелятивных связях между эволюционными и электрокардиографическими показателями теста «открытое поле». // Пробл. физиол. гипоталамуса. – Киев: Выща школа, 1981. – С. 22–29.
- Mayorov O. Yu. Neurodynamic structure of system mechanisms stipulating the state of visceral and behavioral components of resistance to emotional stress.Third IBRO World Congress of Neuroscience, Montreal, August 4–9, 1991. P.211.
- Витриченко Е. Е. Гематологические и гемодинамические корреляты экспериментального эмоционального стресса: Автореф. дис..... канд.биол.наук. – Харьков, 1987. – 16 с.
- Белова Т. Н., Кветнанский Р., Добракова М. Катехоламины в структурах мозга крыс, различающихся по тесту «открытого поля»//Ж. Бюлл. эксперим.биол. и мед. – 1981. – Т.91. – №2. – С.136–138.

25. Ivinskis A. A study of validity of open-field measures. // *Austral. J. Psychol.* – 1970. – Vol.22. – P.175–183.
26. Bronikowski A. M. et al. Open-Field Behavior of House Mice Selectively Bred for High Voluntary Wheel-Running Behavior Genetics, Vol. 31, No. 3, 2001. P.309–316.
27. Toshiaki Tachibana. The open-field test An approach from multivariate analysis. *Animal Learning & Behavior* 1980, Vol.8, No.3, P.465–467.
28. Toshiaki Tachibana. A comment on confusion in openfield studies: Abuse of null-hypothesis significance test. // *Physiol. Behav.* – 1982. – Vol.29, No.1, – P.159–161.
29. Lat J., Gollova—Hemon E. Permanent effects of nutritional and endocrinological intervention in early ontogeny on the level of non-specific excitability and on lability (emotionality). // *Ann. N. Y. Acad. Sci.* – 1969. – Vol.159. – P.710–720.
30. Юматов Е. А. Центральные нейрохимические механизмы устойчивости к эмоциональному стрессу. Автореф. дисс. ... д-ра мед. наук. – М., 1986. – 475 с.
31. Маркель А. Л., Хусаинов Р. А. Метод комплексной регистрации поведенческих и вегетативных реакций у крыс при проведении теста открытого поля. // *Ж. высш. нерв. деят.* 1976. Т. 26. № 6. С. 1314.
32. Гублер Е. В. Вычислительные методы анализа и распознавания патологических процессов. – Л.: Медицина, 1978. – 294 с.
33. Uberla K. (Иберла К.) Факторный анализ. – М.: Статистика, 1980. – 398 с.
34. Royce, J. R.; Poley W.; Yeudall, L. T. Behavior-genetic analysis of mouse emotionality: I. Factor analysis. *J. of Compar. and Physiol. Psychol.*, Vol. 83, No.1, 1973, P.36–47.
35. Маркель А. Л., Галактионов К., Ефимов В. М. Факторный анализ поведения крыс в тесте открытого поля. *Журн. высш. нерв. деят.* 1988. Т.38. №5. С.855–863.
36. Denenberg V. H. Open-field behavior in the rat: what does it mean? // In: *Experimental Approaches to the Study of Emotional Behavior. Annals of the New York Academy of Sciences.* 1969. Vol.159. P.852–859.
37. Budaev, S. V. (1998). How many dimensions are needed to describe temperament in animals: A factor reanalysis of two data sets. *International Journal of Comparative Psychology*, Vol.11, P.17–29.
38. Mayorov O. Yu., Sulima T. N., Glukhov A. B., Romanchenko Yu. N. Factor infrastructure of visceral and behavioral components of resistance to emotional stress. Third IBRO World Congress of Neuroscience, Montreal, August 4–9, 1991. P.113.
39. Ray O., Hockhauser S. Growth hormone and environmental complexity effects on behavior in the rat. // *J. Develop. Psychol.* – 1969. – No.1. – P.311–317.
40. Закс Л. Статистическое оценивание. – М.: Статистика. 1976. – 598с.
41. Whimbeys A., Denenberg V. Experimental programming of life histories: The factor structure underlying experimentally created individual differences. // *Behavior.* – 1967. – No.29. – P.296–314.
42. Poley W., Royce J. Genotype, maternal stimulation, and factors of mouse emotionality. // *J. Compar. and Physiol. Psychol.* – 1970. – Vol.71. – P.246–250.
43. Royce J. R. On the construct validity of open-field measures. *Psychological Bulletin*, 1977. Vol.84, P.1098–1106.
44. Walden A. Studies of exploratory behavior in the albino rat. // *J. Psychol. Rep.* – 1968. – No.22. – P.483–493.
45. Bruell J. Behavioral heterosis. // *Behavior-Genetic Analysis.* / Ed. J. Hirsch. – N. Y.: McGraw Hill, 1967. – P.49–57.
46. Ader R. Adrenocortical function and the measurement of emotionality // *Ann. N. Y. Acad. Sci.* – 1969. – No.159. – P.219–222.
47. Porter, R. H. & Wehmer, F. Maternal and infantile influences upon exploratory behavior and emotional reactivity in the albino rat. *Developmental Psychobiology*, 1969. Vol.2, P.19–25.
48. Thurstone L. Multiple factor analysis. – 6th ed. Chicago, 1961. – 385 p.
49. Харман Н. (Харман Г.) Современный факторный анализ. – М.: Статистика, 1972. – 386 с.
50. Valle, F. P. Effects of strain, sex, and illumination on open-field behavior of rats. *American J. of Psychology*, 1970, Vol.83. P.103–111.
51. Scott J. A systems approach to research on aggressive behavior. // *Aggressive Behavior: Genetic and Neural Approaches.* / Eds. E. Simmel, M. Hahn: Hillsdale, N. Y.: Lawrence Erlbaum Associates. – 1983. – P.1–18.
52. Broadhurst P., Eysenck H. Interpretations of exploratory behavior in the rat. // *Experiments in motivation.* Ed. H. Eysenck. – Elmsford, N. Y.: Pergamon Press, 1964. – P.51–63.
53. Ellison G. Behavior and the balance between norepinephrine and serotonin. // *Acta neurobiol.exp.* – 1975. – Vol.35, No.5/6. – P.499–515.
54. Delbarre B., Dumas G., Guionniere M. An automated openfield method. // *J. Psychopharmacol.* – 1970. – No.18. – P.227–230.
55. Morrison B., Thatcher R. Overpopulation effects on social reduction of emotionality in the albino rat. // *J. Comp. Physiol. Psychol.* – 1969. – Vol.69. – P.658–662.
56. Nagy M., Forest E. Open-field behavior of CbH mice. Effect of size and illuminations of field. // *Psychonom Sci.* – 1970. – Vol.20. – P.19–21.
57. Китаев-Смык Л. А. Психология стресса. – М.: Наука, 1983. – 340 с.
58. Павлов И. П. Двадцатилетний опыт объективного изучения высшей нервной деятельности (поведения) животных. Условные рефлексы. – М.: Наука, 1973. – 203 с.
59. Павлов И. П. О неврозах человека и животного. // *Полн. собр. соч.* – Т.3. – Кн.2. – М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1951. – С.147–150.
60. Eysenck H. J. Personality and psychosomatic diseases. // *Acta nerv.super.* – 1981. – Vol.23, No.2. – P.112–129.
61. Garcia-Sevilia L. Extraversion and neuroticism in rat. // *Person. and Individ. Diff.* – 1984. – Vol.5, No.5. – P.511–532.
62. Симонов П. В. Взаимодействие макроструктур головного мозга в процессе организации поведения. // *Ж. высш. нерв. деят.* 1987. – Т.37, Вып.4. – С.648–656.
63. Небылицын В. Д. К вопросу об общих и частных свойствах нервной системы. // *Вопр. психол.* – 1968. – № 4. – С.29–34.
64. Takahashi A., Nishi A. and oth. Systematic analysis of emotionality in consomic mouse strains established from C57BL/6J and wild-derived MSM/Ms. *Genes. Brain and Behavior*. 2008. Vol.7. P.849–858.
65. Friedman, M. & Rosenman, R. H. Association of specific overt behavior patterns with blood and cardiovascular findings: Blood cholesterol level, blood clotting time, incidence of arcus senilis and clinical coronary artery disease. *JAMA*. 1959. Vol.169: P.1286–1296.
66. Friedman, M. *Type A Behavior: Its Diagnosis and Treatment.* 1996. New York: Plenum Press (Kluwer Academic Press).
67. Frankenhaeuser M. Psychoneuroendocrine approaches to the Study of Stressful Person-Environment Transactions. // *Selye's Guide to Stress Research.* / Ed. H. Selye. – N. Y.: Reinhold Company, 1980. – Vol.1. – P.44–66.
68. Zuckerman M. Sensation, seeking: a comparative approach to a human trait. // *Behav. and Brain Sci.* – 1984. – Vol.7. No.3. – P.413–471.
69. Blizard D., Liang B. Central serotonergic function and behaviour in the Maudsley reactive and nonreactive strains: a reevaluation. // *Behav. Genetics.* – 1979. – Vol.9. – P.413–418.
70. Kelley A., Stinus L., Iversen, D. Behavioural activation induced in the rat by substance P infusion into ventral tegmental area: implication of dopaminergic A10 neurones. // *Neurosci. Lett.* – 1979. – Vol.11, No.3. – P.335–339.
71. Исмаилова Х. Ю., Агаев Т. М., Семёнова Т. П. Индивидуальные особенности поведения (моноаминергические механизмы). Баку – «Нурлан» – 2007. – 228 с.
72. Ellison G. Behavior and the balance between norepinephrine and serotonin. // *Acta neurobiol.exp.* – 1975. – Vol.35, No.5/6. – P.499–515.
73. Sorenson C., Ellison G. Nonlinear changes in activity and emotional reactivity scores following central noradrenergic lesions in rats //



- Psychopharmacol. (Berl.). – 1973. – Bd.32. – S.313–325.
74. Sudak H., Maas J. Behavioural and neurochemical correlation in reactive and nonreactive strains of rats. // Science. – 1964. – Vol.146. – P.418–420.
  75. Jacobs., Cohen A. Differential behavioural effects of lesion of the median of dorsal raphe nuclei in rats: open-field and pain — elicited aggression. // J. Comp. Physiol. and Psychol. – 1976. – Vol.90, No.1. – P.102–108.
  76. Ашмарин И. П. Антонова Л. В. с соавт. Возможные механизмы разнонаправленного действия АКГГ4-10 и его аналога, содержащего D-изомер фенилаланина, на поведение. // Ж. высш. нервн. деят. – 1980. – Т.30 №6. – С.1196–1203.
  77. Candland D., Nagy Z. The Open-Field: Some comparative data. // Ann. N. Y. Acad. Sci. – 1969. – No.159. – P.831–851.
  78. Empey D. W., Laitinen L. A., Jacobs L., Gold W. M. & Nadel J. A. Mechanisms of bronchial hyperreactivity in normal subjects after upper respiratory tract infections. Am. Rev. Respir. Dis., 1976. Vol.113. P.131–139.
  79. Morrison C., Lee P. A comparison of the effects of nicotine and physostigmine on a measure of activity in the rat. // J. Psychopharmacol. (Berl.). – 1968. – Bd.13. – S.210–221.
  81. Carlton P. Brain-acetylcholine and inhibition. // Reinforcement and Behavior. / Ed. Trapp J. T. – N.Y.: Acad. Press, 1969. – P.286–327.
  82. Rosencrans J. Brain serotonin and pituitary-adrenal function in rats of different emotionalities. // Arch. Internat. Pharmacodyn. – 1970. – Vol.187. – No.2. – P.349–366.
  83. Katz R., Gelbart J. Endogenous opiates and behavioural responses to environmental novelty. // Behav. Biol. – 1978. – Vol.24, No.3. – P.338–348.
  84. File S., Velucci S. Behavioural and biochemical measures of stress in hooded rats from different sources. // Physiol. Behav. – 1979. – Vol.22. – P.31–35.
  85. Громова Е. А. Эмоциональная память и ее механизмы. – М.: Наука, 1980. – 180 с.
  86. Robertson H. et al. 1978. Цит. по Кулагин Д. А., Болондинский В. К. [8].
  87. Gentson C. et al., 1981. Цит. по Кулагин Д. А., Болондинский В. К. [8].
  88. Каркищенко Н. Н. Фармакология системной деятельности мозга. – Ростов-на-Дону: Кн. изд-во, 1975. – 152 с.
  89. Пошивалов В. П. Экспериментальная психофармакология агрессивного поведения. – Л.: Наука, 1986. – 175 с.
  90. Clark C., Gorman D., Vernadakis A. Effects of prenatal administration of psychotropic drugs on behavior of developing rats. // Devel. Psychobiol. – 1970. – Vol.3. – P.225–235.
  91. Hofer M. Cardiac and respiratory function during sudden prolonged immobility in wild rodents. // Psychosom. Med. – 1970. – Vol.32. – P.633–647.
  92. Denenberg V., Whimbeys A. Experimental programming of life histories: Towards an experimental science of individual differences. // Develop. Psychobiol. – 1968. – No.1. – P.55–59.
  93. Айрапетянц М. Г. Экспериментальные неврозы // Усп. физиол. наук. – 1985. – Т.16. – № 2. – С.8–32.
  94. Тинберген Н. Осы, птицы, люди. – М.: Мир, 1970. – 368 с.
  95. Судаков К. В. Эмоции в системной организации результативных поведенческих актов. // Тез. докл. междунар. сов.-амер. Павловской конф. памяти П. К. Анохина. Эмоции и поведение: системный подход. – М., 1984. – С.284–287.
  96. Eysenck H. J., Eysenck S. Psychoticism as a Dimension of Personality. – L.: Hodder and Stoughton, 1976. – 321 p.
  97. Коплик Е. В. Тест открытое поле как прогностический критерий устойчивости к эмоциональному стрессу у крыс линии Вистар. // Журн. ВНД. – 1995 г. – Т. 45. – № 4. – С.775–781.

### Evaluation of individual typological features of behaviour and resistance of intact white male rats on the basis of the factor model of the normal ethological spectrum of parameters in the open-field test

O. Yu. Mayorov

Kharkiv Medical Academy of Postgraduate Education of the Ministry of Health of Ukraine,  
Institute of Children and Adolescents Health Protection of the NAMSci of Ukraine,  
Kharkiv  
Institute of Medical Informatics & Telemedicine, Kharkiv, Ukraine

#### Abstract

Work is devoted to an objective quantitative evaluation of individual-typological features of behaviour of intact white rats - males, to forecasting of their resistance to change of factors of environment and forming of an experimental animals groups having similar individual-typological characteristics. The factor model neuroethological (psychophysiological) parameters in the open-field test is developed and the proved physiological interpretation of discharged factors is given. The equations are offered, allowing to predict resistance of individuals to change of environmental factors. The procedure of animals ranging on the base of individual values of factors is developed. The procedure allows at reproduction of conditions of carrying out of the open-field test, described in this paper, to

calculate individual values of factors for researching white rats.

**Key words:** open-field test, factor model, procedure of an evaluation of individual-typological features of rats, resistance to stress.

### Оцінка індивідуально-типологічних особливостей поведінки і стійкості інтактних білих шурів-самців на основі факторної моделі нормального етологічного спектру показників в тесті «відкрите поле»

O. Ю. Майоров

Харківська медична академія післядипломної освіти МОЗ України,  
ДУ «Інститут охорони здоров'я дітей та підлітків» НАМН України  
Інститут Медичної інформатики і Телемедицини, Харків, Україна

#### Резюме

Робота присвячена об'єктивній кількісній оцінці індивідуально-типологічних особливостей поведінки інтактних білих шурів-самців, прогнозуванню їх стійкості до зміни чинників навколишнього середовища і формування груп підслідних тварин, що мають схожі індивідуально-типологічні характеристики. Розроблена факторна модель нейро-етологічних (психофізіологічних) показників в тесті «відкрите поле» і дана обґрунтована фізіологічна інтерпретація виділених чинників. Запропоновані рівняння, що дозволяють прогнозувати стійкість індивідів до зміни чинників навколишнього середовища. Розроблена методика ранжирування тварин по індивідуальних значеннях факторів. Методика дозволяє при відтворенні умов проведення тесту «відкрите поле», викладених в статті, обчислювати індивідуальні значення факторів для досліджуваних білих шурів.

**Ключові слова:** тест «відкрите поле», факторна модель, методика оцінки індивідуально-типологічних особливостей шурів, стійкість до стресу.

#### Переписка

д.мед.наук, професор **О. Ю. Майоров**  
а.я. 7313, Харків, 61002  
Україна  
тел.: +380 (57) 711 80 32  
ел. пошта: institute-MIT@ukr.net