

УДК 159.9.07

ДИФФЕРЕНЦИАЦИЯ И ОРГАНИЗАЦИЯ ПСИХОЛОГИЧЕСКИХ СТРУКТУР ПРИ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ ИНДИВИДА С НОВЫМИ ПРЕДМЕТНЫМИ ОБЛАСТЯМИ. ЧАСТЬ II. ЭМПИРИЧЕСКИЕ ДОКАЗАТЕЛЬСТВА СУЩЕСТВОВАНИЯ АУТОРЕПЛИЦИРУЮЩИХСЯ СТРУКТУР¹

© 2019 г. Н. Е. Максимова^{1,*}, И. О. Александров^{1,**},
Ю. А. Заварнова^{2,***}, В. С. Свиридов^{3,****}, Д. С. Турубар^{4,*****}

¹ Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт психологии РАН;
129366, г. Москва, ул. Ярославская, 13, Россия.

² Государственный академический университет гуманитарных наук;
119049, г. Москва, Мароновский пер., 26, Россия.

³ Московский НИИ психиатрии; 107076, г. Москва, ул. Потешная, 3, корп. 10, Россия.

⁴ Национальный научно-практический центр детской гематологии,
онкологии и иммунологии им. Дм. Рогачёва;
117198, г. Москва, ул. Саморы Машела, 1, Россия.

*Кандидат психологических наук, старший научный сотрудник
лаборатории психофизиологии им. В.Б. Швыркова. E-mail: almax2000@inbox.ru

**Доктор психологических наук, ведущий научный сотрудник
лаборатории психофизиологии им. В.Б. Швыркова.

***Аспирант.

****Клинический психолог медико-реабилитационного отделения.

*****Ведущий специалист информационно-аналитического отдела.

Поступила 16.04.2018

Аннотация. Исследование направлено на решение проблемы существования протоформы психологических структур, формирующихся при взаимодействии индивида с новыми предметными областями. В исследовании участвовали 158 человек (118 — популяционная выборка, 40 — пациенты с расстройствами шизофренического спектра). В исследовании использовали методику “Ход шахматного коня”, стратегическую игру двух партнеров в “Крестики-нолики на поле 15×15”, тесты “Пространственная ориентация” и “Ментальные вращения”, опросники “Диагностика мотивационной структуры личности”, “Стиль саморегуляции поведения”. В результате исследования было установлено подобие организации психологических структур (как неоднородных семантических сетей) в разных предметных областях, что объясняется наследованием аутореплицирующихся организаций ранее образованных структур, т.е. общностью их происхождения. Показано, что траектории эволюции психологических структур в различных предметных областях как самоподобных, фрактальных образований гомеоморфны. Выявлены особенности организации и дифференциации психологических структур в группе пациентов с расстройствами шизофренического спектра. Даны описание и основные характеристики непланарных составляющих в организации психологических структур, их гомеоморфизм структуре тестовых задач, а также их роль в успешности решений. Предполагается, что согласованность и устойчивость различных индивидуально-психологических характеристик обусловлены генетическим родством психологических структур в разных предметных областях как продуктов единого репликатора.

Ключевые слова: психологическая структура, предметная область, популяционная выборка, расстройства шизофренического спектра, индивидуально-психологические характеристики, неоднородная семантическая сеть, непланарность, самоподобие, ауторепликация, дифференциация.

DOI: 10.31857/S020595920004055-6

¹ Исследование выполнено при поддержке Российского научного фонда (грант РНФ № 14-28-00229), Институт психологии РАН.

В первой части статьи [16] введены гипотетические атрибуты психологической структуры (ПС), реализующейся как сложная неоднородная семантическая сеть, которые проявляются в **гомеоморфном соответствии организации семантической сети** и **институционализированной предметной области** (ИПО), а также в **самоподобии организации сети**, операционализированном в таких ее характеристиках, как **фрактальность**, **безмасштабность** и **непланарность**. Самоподобие организации сети лежит в основе предполагаемых процессов ауторепликации ПС, определяющих **аттракторы** развития ПС и распределение процессов **дифференциации** на множестве компонентов ПС при взаимодействии индивида с новыми предметными областями.

В этой части статьи представлены результаты описания ПС, которые были сформированы у участников исследования в двух группах (популяционная выборка и пациенты с расстройствами шизофренического спектра) при формировании компетенции в двух предметных областях — решении задач “Ход шахматного коня” (ХШК) и в игре “Крестики-нолики на поле 15×15” (ХО). Также были сопоставлены топологические характеристики неоднородных семантических сетей, соответствующие различным траекториям дифференциации ПС, и индивидуально-психологические характеристики групп участников исследования, ПС которых про-

ли различные траектории дифференциации в ходе решения задач.

РЕЗУЛЬТАТЫ

1. Соответствие траекторий формирования компетенции и вариантов семантики в методике ХШК.

1.1. Для построения дерева траекторий использовали процедуру кластерного анализа “Two Step Cluster” для массива из 9 переменных, описывающих количество задач (1) корректно решенных, (2) решенных со второй попытки, (3) оставшихся нерешенными; количество (4) выборов ложного направления, (5) называний координаты b_2 , (6) повторений условий задачи вслух, (7) рассуждений вслух, (8) перепутываний координат, (9) утрат задач. Процедуру строили как 4 итерации: для кластеризации каждого следующего уровня дерева использовали кластеры, выделенные для предшествующего уровня (т.е. для трехходовых задач процедуру классификации применяли к кластерам, выделенным для двухходовых задач, для четырехходовых — к кластерам, выделенным для трехходовых, и так далее). Результаты классификации показаны на рис. 1. Было выделено 8 кластеров (рис. 1, К-1). Важно, что участникам исследования с расстройствами шизофренического спектра

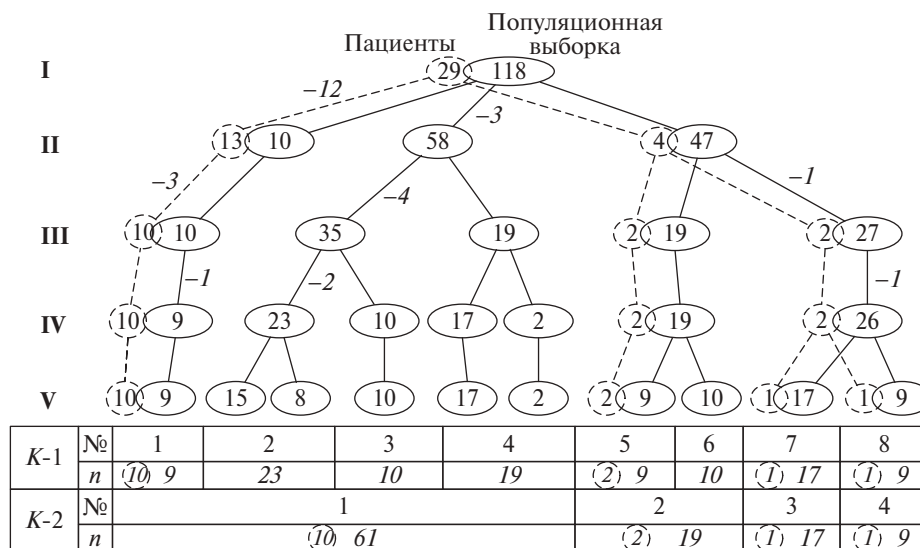


Рис. 1. Дендрограмма разбиения выборки на кластеры по характеристикам решения задач методики “Ход шахматного коня”

Примечание. Поддерева популяционной выборки (сплошные линии) и участников исследования с расстройствами шизофренического спектра (штриховые линии) показаны раздельно, но они проходили совместную кластеризацию. Числа в овалах — объем кластеров популяционной выборки; числа в кружках — объем кластеров участников с расстройствами шизофренического спектра. Отрицательные числа — количество участников исследования, отказавшихся от решения задач определенного уровня трудности. Римские цифры слева — последовательность шагов кластеризации: I — исходный состав выборки; II, III, IV, V — решение двух-, трех-, четырехходовых задач и задач с блоками (см. раздел Методика в [16]); V — итоговое разбиение выборки на кластеры.

Таблица внизу: К-1 — разбиение выборки на основе объединения соседних кластеров; К-2 — объединение кластеров с учетом сходства/различия времени решения задач. Верхние строки — номера кластеров, нижние строки — объем кластеров (числа в кружках — количество участников с расстройствами шизофренического спектра).

не соответствует отдельная траектория дерева; большинство из них вошли в кластер 1 (см. рис. 1, К-1).

Для снижения количества кластеров близкие (родственные по вершине-предку) кластеры малого объема объединили. Объединили также близкие кластеры, для которых время решения задач было сходным: для кластеров 1–4 (см. рис. 1, К-1) тенденция к снижению времени в ряду этих кластеров отмечена только для второй серии двухходовых задач, для всех остальных серий тенденции к градуальному снижению времени решения с увеличением номера кластера не выявлено (критерий Джонкхира–Терпстры, 4 уровня; $0.056 < p < 0.533$), в то время как для кластеров 5–8 такое снижение достоверно (4 уровня; $0.001 < p < 0.031$). В результате объединения получено 4 кластера (см. рис. 1, К-2), которые соответствуют траекториям развития ПС в ХШК.

По условиям процедуры кластеризации участники исследования, прошедшие инструктирование, решившие все тренировочные задачи, но прекратившие попытки решения задач ХШК какой-либо из серий, не вошли в результирующую классификацию. Для кластера 1 (см. рис. 1, К-2) такое “техническое” исключение особенно выражено для траекторий кластеризации 1 и 2 (см. рис. 1, К-1): из анализа оказываются исключенными 12 участников с расстройствами шизофренического

спектра и 8 — из популяционной выборки. Поскольку траектории формирования ПС для этих участников исследования по процедурным условиям кластеризации не отображены на дендрограмме, но по эффективности решения они занимают особое место в классификации Я.А. Пономарева [18–20], для них были сконструированы дополнительный кластер 0 и соответствующая ему виртуальная траектория; в кластер 0 входят группы сравнения 0 и 2 (см. табл. 1 в [16]). Для сравнения участников с расстройствами шизофренического спектра и участников из популяционной выборки, решивших весь набор задач, в рамках кластера 1 (см. рис. 1, К-2) выделены группы сравнения 1 и 3. Таким образом, группы сравнения 0 и 2, 1 и 3 попарно эквивалентны по отношению к эффективности решения задач ХШК. Участники с расстройствами шизофренического спектра, вошедшие в кластеры 2–4 ($N = 4$), были исключены из дальнейшего анализа. Участники из популяционной выборки, попавшие в кластеры 2, 3 и 4 (см. рис. 1, К-2), составляют группы 4, 5 и 6, соответственно (см. табл. 1 в [16]). Таким образом, было выделено 5 кластеров, которые представляют 7 групп сравнения (0–6) (см. табл. 1 в [16]), и соответствующие им 5 траекторий развития ПС при решении задач ХШК.

Основные характеристики решения задач ХШК показали тесную связь с номером группы (критерий Джонкхира–Терпстры, для ряда оценок

Таблица 1. Оценка количества альтернатив, составляющих множество шагов решения задач с разным уровнем сложности, и время решения задач для участников групп 1–6

Серии задач	Оценки	Группы					
		1	2	3	4	5	6
Двухходовые	Аппроксимация N_{alt}	13.62	7.79	4.88	3.13	1.96	1.13
	Округленное значение N_{alt}	14	8	5	3	2	1
	Медиана $t_{\text{решения}}$	13.0	13.0	10.0	7.0	4.0	4.0
	Среднее $t_{\text{решения}}$	18.1	16.6	15.6	9.7	5.6	5.9
	N (количество оценок)	106	31	277	219	182	129
Трехходовые	Аппроксимация N_{alt}	14.91	9.08	6.17	4.42	3.25	2.42
	Округленное значение N_{alt}	15	9	6	4	3	2
	Медиана $t_{\text{решения}}$	22.0	22.0	15.0	11.0	7.0	8.0
	Среднее $t_{\text{решения}}$	28.6	32.7	24.5	23.8	10.2	10.4
	N (количество оценок)	75	11	249	131	197	113
Четырехходовые	Аппроксимация N_{alt}	15.55	9.72	6.81	5.06	3.90	3.06
	Округленное значение N_{alt}	16	10	7	5	4	3
	Медиана $t_{\text{решения}}$	31.0	35.0	21.0	11.0	7.0	8.0
	Среднее $t_{\text{решения}}$	40.7	35.7	30.6	19.8	10.2	11.4
	N (количество оценок)	64	3	138	73	90	61

Примечание. N_{alt} — количество альтернатив, учитываемых при решении задачи. Оценка N_{alt} и округленное значение N_{alt} дано в усл. единицах. $t_{\text{решения}}$ — время, затраченное на решение задачи; решения, сопровождавшиеся высказываниями и комментариями участников исследования, а также ошибочные решения исключены из анализа. Медианное и среднее значения времени выбора (N_{alt}) даны в с. N — количество оцененных решений. Группа 0 исключена из-за недостаточного количества оценок.

$1.55 \cdot 10^{-15} < p < 1.44 \cdot 10^{-4}$). Так, количество правильно решенных задач градуально возрастает от группы 0, достигая максимума в группе 6. Оценки затруднений (количество нерешенных и ошибочно решенных задач, ошибок выбора направления, названий координаты $b2$, проговариваний условий задачи и координат перемещения вслух, их перепутываний и полной утраты) или ошибок в решениях, напротив, градуально снижаются от групп 0–2 к группе 6 до значений, близких к нулю.

1.2. Оценивали возможное количество альтернатив, составляющих множество шагов решения задачи, с учетом “закона Хика”, согласно которому латентное время выбора пропорционально логарифму числа альтернатив [31].

Коэффициенты уравнения определяли с помощью процедуры нелинейной регрессии: зависимая переменная — время решения задачи $t_{\text{решения}}$, независимые — принадлежность участника исследования к группам 1–6 (порядковая переменная Gr), сложность задачи — двух-, трех- и четырехходовые (порядковая переменная S): $t_{\text{решения}} = 7.221 \times \times \text{Log}_2(40.799/(Gr + 1) - 9.338/S)$. $R^2_{adj} = 0.099$, $R_{adj} = 0.315$. Численное значение выражения под логарифмом, согласно закону Хика, представляет собой коррелят количества альтернатив, которое рассматривается участником той или иной группы при решении задач разной сложности.

Результаты оценки (см. табл. 1) показывают, что количество альтернативных вариантов решения пропорционально увеличивается в ряду траекторий дерева формирования компетенции в ХШК и с увеличением сложности задач, достигая абсолютного максимума в группе 1 (участники с расстройствами шизофренического спектра) и в группе 2 (участники из популяционной выборки, решившие неполный набор задач ХШК). Следует заметить, что в группах участников, сопоставимых по качеству решения задач ХШК, для участников с расстройствами шизофренического спектра (группа 1) оценка количества альтернатив существенно превышает оценку для аналогичной группы популяционной выборки (группа 3).

1.3. Принадлежность участника исследования к какой-либо траектории формирования ПС означает определенное соотношение характеристик решения им задач, количества альтернативных вариантов решения, которое он рассматривает, диапазона времени решения, количества высказываний и их содержания. Совокупность приведенных оценок, анализ высказываний участников в процессе решений и в интервью дают основания для определения характеристик гипотетических вариантов содержательной стороны решения задач: пяти *ти-*

пов семантики, соответствующих траекториям формирования компетенции в ХШК (т.е. пяти кластерам, учитывая участников, не завершивших решение всего набора задач).

Семантика-5 — наиболее дифференцированное формальное пространство решения задачи. Оно конструируется участниками из группы 6 (кластер 4 на рис. 1, К-2, и соответствующая ему траектория развития ПС) в актах перемещения фигуры, которые описываются в терминах начальной и целевой координат поля. Участники исследования отмечают, что они оценивают две альтернативы одновременно, причем в качестве альтернативы может выступать не единичное перемещение фигуры, а вся последовательность ходов к целевой клетке, принадлежащая универсальному решению (см. рис. 2, Г-2 в [16]). Реконструкция этого пространства, содержащего универсальное решение всего набора задач ХШК, показана на рис. 2 в [16]. В этой семантике возможно преодоление несоизмеримости хода коня и “квадратного кольца” периферии поля (см. рис. 2, Б и Г-1 в [16]). Для установления соизмеримости необходимо связать маршрут обхода периферии поля (см. рис. 2, Г-1 в [16]) и маршруты универсальных решений (см. рис. 2, Г-2 и его обращенное направление в [16]). Торическое пространство решения задачи (см. рис. 2, Г-4 в [16]) конструируется участником исследования в терминах координат (не клеток!) поля, что устраняет необходимость установить соответствие условий задачи (в значениях координат) и решения через конструкты “столбцы”, “строки”, “верх”, “низ”, “углы”, “повороты буквы Г” и т.п. Это уменьшает количество альтернативных вариантов, время решения задач, устраняет необходимость повторения условий задачи “в плане громкой речи”, переспрашивание условий, название запретной центральной клетки $b2$ (см. рис. 2, А в [16]). Глубина прогноза (длина стратегий решения) в этой семантике не ограничена.

Семантика-4 — характерное для участников из группы 5 (кластер 3 на рис. 1, К-2, и соответствующая ему траектория развития ПС) соотношение способа решения, использования свойств поля и правил, которое основано на *группе симметрии “перекладина”* (см. рис. 2, В в [16]), которая не “состоит” из клеток. Два варианта *акта-перекладины* (не заданные инструкцией), сформированные в процессе решения задач, замещают 4 варианта группы симметрии шаблона “буквы Г” (см. рис. 2, Б в [16]). Способы решения задачи в этой семантике ограничены кольцевой периферией поля (см. рис. 2, А в [16]). Решение конструируется в терминах *геометрии*, но не карты поля: строк, столбцов,

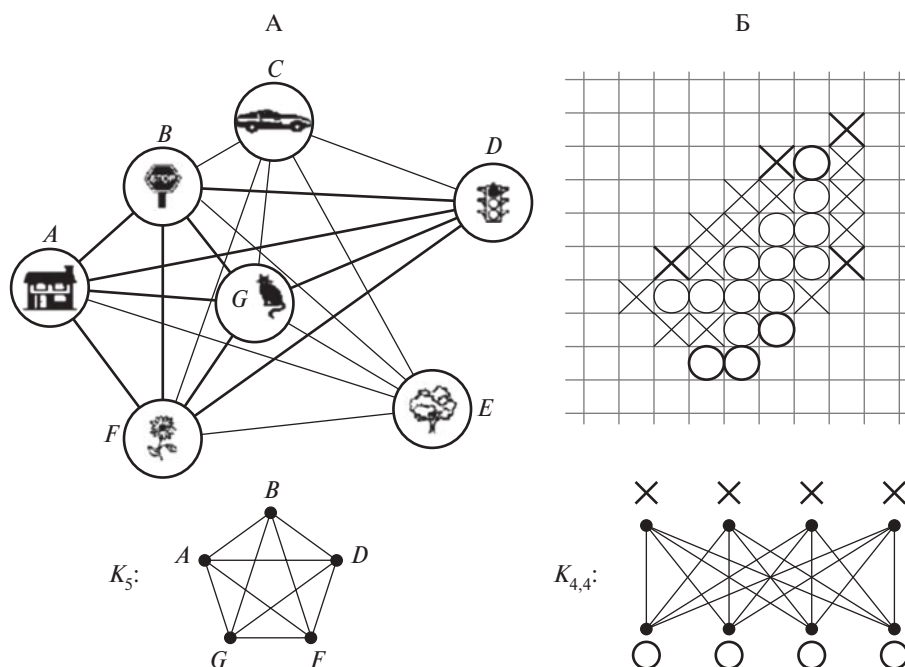


Рис. 2. Непланарный характер задач теста “Пространственная ориентация” и стратегической игры “Крестики-нолики на поле 15×15”.

Примечание. А — граф, построенный как суперпозиция решения всех задач теста “Пространственная ориентация”. Взаимное расположение объектов на бланке заданий сохранено. Жирными линиями выделен подграф K_5 , показанный внизу (из исходного графа исключены вершины С и Е). Полный граф задачи содержит несколько подграфов K_5 , которые образуются при исключении пар вершин, например С и Е, или А и Е, или А и D, или С и D. Исключение более чем двух вершин при решении задач устраняет непланарные составляющие, но при этом снижается точность решения.

Б — расположение знаков на поле в игре партнеров J0 и J5 (игроки из группы 6, игра № 11, ход 23). Тонкими линиями обозначены знаки, поставленные игроками, толстыми линиями помечены пустые клетки, использование которых ведет к возможному продуктивному развитию ситуации. Важно, что все эти клетки были использованы в последующих ходах игроков. Одновременный контроль всех клеток, входящих в собственные стратегии игрока и стратегии противника, — ключевая характеристика стратегической игры двух партнеров. Такой контроль четырех крестиков и четырех ноликов в их отношениях на поле отображен двудольным графом $K_{4,4}$, который содержит несколько пересекающихся непланарных графов $K_{3,3}$. Сокращение оперативной зоны контроля до двух пар знаков устраняет непланарность, но радикально снижает возможность использования стратегического потенциала игровой ситуации.

углов поля, и не в понятиях “верха”, “низа”, “правой” или “левой” стороны, “центра” поля. Несοизмеримость “квадратного кольца” периферии поля (см. рис. 2, В в [16]) и единичного перемещения “перекладины” потенциально разрешается в представлении о циклическом характере задач, о возвращении в исходную позицию через некоторое фиксированное число шагов “перекладины”. Установление соответствия начальной и целевой координаты упрощено выбором промежуточных координат решения задачи по их достижимости “перекладиной”. Запретная центральная клетка b2 (см. рис. 2, А в [16]) и отдельные клетки поля как составляющие хода не включаются в решение задач. Возможны ошибки выбора кратчайшего маршрута к целевой клетке, поскольку глубина прогноза (длина стратегий решения) в этой семантике, по-видимому, составляет не более трех ходов.

Семантика-3 конструируется участниками из группы 4 (кластер 2 на рис. 1, К-2, и соответствующая ему траектория развития ПС) на основе

вариантов групп симметрии актов-шаблонов “буквы Г” (см. рис. 2, Б в [16]). Решения задачи строятся как ориентация на *карте поля* в терминах “верх”, “низ”, “право”, “лево” и “центр”, соотношение начальной и конечной клеток поля определяется как “рядом”, “совсем рядом”, “через 1 клетку”, “через 2”, “напротив”. Судя по частому упоминанию клетки b2, центр поля занимает важное место в решении. Способ решения требует выбора необходимого шаблона из четырех альтернатив (см. рис. 2, Б в [16]), его поворотов (2 альтернативы) и параллельных переносов (2 альтернативы). Большое количество альтернатив, требующих селекции при выборе акта-шаблона, по-видимому, служит препятствием для преодоления несоизмеримости характеристик поля и способа решения в сконструированном пространстве. В семантике-3 для участников исследования характерны повторения и переспрашивания условий задачи, перепутывание координат. Максимальная длина стратегии в семантике-3 не превышает двух ходов: задачи в четыре и даже в три хода решаются в этой семантике

“с двух концов”: два хода от начальной координаты в предполагаемую сторону к конечной и два хода от конечной координаты в сторону начальной. Если маршруты встречаются, то направление выбрано правильно. Решения задач в этой семантике неуниверсальны: участники конструируют для каждого типа задач особый способ решения.

Семантика-2 конструируется участниками из групп 1 и 3 (кластер 1 на рис. 1, К-2, и соответствующая ему траектория развития ПС) как соотношение способа решения, использования свойств поля и правил, которое может быть охарактеризовано как “*построение буквы Г из последовательности клеток*” через пробы и ошибки. В этой семантике перемещение фигуры коня определяется относительно клеток поля, строк, столбцов, углов поля, направления перемещения определяются как “вверх”, “вниз”, “направо”, “налево”, “вперед”, “в сторону”; важнейшая роль в ориентации придается клетке *b2*, представляющей “центр” (она может упоминаться в решении одной задачи несколько раз). Соотношение начальной и целевой клеток задачи обозначается как “рядом”, “совсем рядом”, “через 1 клетку”, “через 2”, “напротив”, “по диагонали”. Решения задач в **семантике-2**, так же как в **семантике-3**, можно обозначить как ориентацию на карте поля, но в семантике-2 “буква Г” представляет собой не единую конструкцию шаблона, как в семантике-3, а последовательность отдельных клеток. Участники исследования описывают ход коня через совокупность актов смещения на одну клетку, например “*две клетки вперед и одна влево*”. Решение задачи реализуется как ориентация “по-клеточного” перемещения на поле, состоящем из несвязанных клеток. Участники повторяют условия задачи несколько раз, переспрашивают их, склонны к потере координат и утрате задачи, часто встречается указание на запретную клетку *b2*. Общее правило решения задач не создается: даже в пределах одной серии решения последовательных задач строятся каждый раз заново.

Для **семантики-1** (участники из групп 0 и 2, кластер 0, и соответствующая ему траектория развития ПС) характерна невозможность сформировать устойчивое соответствие условий предъявленной задачи и возможных способов решений в пространстве, которое конструирует участник исследования. Каждое перемещение фигуры коня совершается через поиск нужных для этого клеток поля, для участников из групп 0 и 2 характерны трудности или даже невозможность удержания условий задачи без опоры на схему поля, непрекращающиеся повторения вслух начальной и конечной координат, перепутывание координат, утрата

задачи даже при повторных попытках решения одной и той же задачи, включение клетки *b2* в решение. Для семантики-1 характерен отказ от продолжения тестирования в серии трехходовых или даже двухходовых задач. Стратегии решения задач без подсказок и помощи экспериментатора, а также без использования схемы поля не формируются.

2. Траектории формирования ПС при вхождении в две ИПО. Для разбиения выборки на группы по характеристикам формирующейся ПС в ХО использована такая же итеративная процедура кластеризации, как и при построении дерева траекторий формирования компетенции в ХШК. Для итеративных стадий кластеризации использовали описания состояния формирующейся ПС на 75, 175, 275 ходах, совершенных игроками групп 0–6 (см. табл. 1 в [16]) в последовательных играх: количество сформированных компонентов ПС, количество компонентов, связанных в группы отношениями *AND*, *XOR* и *IOR*, объем этих групп и их пересечений, энтропийные оценки их организации, характеристики ветвлений сети, образованной отношениями следования, линейных и циклических стратегий (см. [1]), непланарных составляющих организации ПС, всего 19 переменных. В результате кластеризации выделено 6 групп участников исследования (объемом 41, 13, 23, 18, 19, 20 человек). Сопоставление этого разбиения с классификацией в ХШК (для уровня *V*, рис. 1) показывает высокую степень их сходства ($\chi^2 = 71.72$, $df = 40$, $p = 0.002$; коэффициент сопряженности Пирсона = 0.590, $p = 0.002$). Высока степень сходства и со сконструированным разбиением на группы (см. табл. 1 в [16]): $\chi^2 = 54.53$, $df = 30$, $p = 0.004$; коэффициент сопряженности = 0.538, $p = 0.004$. Результаты сравнения указывают на принципиальное подобие деревьев, описывающих формирование вариантов ПС в ХШК и ХО, на сходство траекторий вхождения индивидов в эти ИПО.

Уровни компетенции участников в ХО и ХШК достоверно сопряжены: количество выигранных игр в ХО отрицательно коррелирует с суммарным количеством ошибок при решении задач ХШК (сумма количества неправильно решенных и нерешенных задач, случаев утраты задачи): $R_s = -0.241$, $p = 0.013$, $df = 107$. Уровни компетенции в ХО (оцененные как соотношение выигранных и проигранных игр) и в ХШК (общее количество безупречно решенных задач) проявляют тенденцию к увеличению с номером группы по основной классификации (см. табл. 1 в [16]): критерий Джонкхир-Терпстры, для ХО $p = 0.037$; для ХШК $p = 3.4 \cdot 10^{-4}$.

Время решения задач в ХО и ХШК существенно различно: медиана времени выбора хода в ХО со-

ставляет 2.38 с (I квартиль — 1.73 с, III квартиль — 3.64 с), а медиана времени корректных решений трехходовых задач ХШК в группе 3 — 15 с (I квартиль — 7 с, III квартиль — 32 с), но сопряженность времени выбора хода в ХО и времени решения задач ХШК достигает критерия значимости в первой серии трехходовых задач ($R_S = 0.111$, $p = 0.013$), возрастает в четырехходовых задачах ($R_S = 0.163$, $p = 4.7 \cdot 10^{-4}$) и достигает максимума в задачах с двумя блоками ($R_S = 0.234$, $p = 4.3 \cdot 10^{-7}$).

3. Устойчивость траекторий формирования ПС. Установлено, что распределение участников исследования по ветвям дерева на уровнях IV и V (см. рис. 1) определяется уже на ранних стадиях формирования компетенции. На это указывают результаты разбиения подмножества участников на группы, полученного по оценкам решения задач с блоками (уровень дерева V, концы ветвей, соответствующие группам 2, 3 и 4, см. рис. 1, К-1) и по оценкам, которые описывают качество решения трехходовых задач (уровень дерева III) при помощи дискриминантного анализа (66% совпадения классов, $Wilks' \Lambda = 0.243$; $df = 8$; $\chi^2 = 68.58$; $p = 9.4 \cdot 10^{-12}$). Аналогичная процедура воспроизведения полного разбиения выборки на группы для уровня V по результатам решения двухходовых задач показала существенно меньшее количество совпадений (39%), но хорошее качество модели сохранилось (функция 1: $Wilks' \Lambda = 0.093$; $df = 27$; $\chi^2 = 231.9$; $p = 1.8 \cdot 10^{-34}$; функция 2: $Wilks' \Lambda = 0.461$; $df = 16$; $\chi^2 = 75.6$; $p = 1.03 \cdot 10^{-9}$, линейность связи = 56.6, $p = 5.3 \cdot 10^{-14}$).

4. Соответствие условий решения задач и непланарных составляющих ПС.

4.1. Одно из существенных препятствий для корректного и эффективного решения задач ХШК — несоизмеримость хода коня, “квадратного кольца” периферии поля и кольцевой траектории универсального решения (см. рис. 2, Б, Г-1, Г-2 в [16]) — преодолевается за счет построения непланарного зацепления двух траекторий (см. рис. 2, Г-4 в [16]). Наибольшее количество безупречно решенных задач ХШК (по сравнению с группами 0–5, тест Манна–Уитни, $0.0015 > p > 8.23 \cdot 10^{-5}$) и минимальное время решения задач (см. табл. 1) характерны для группы 6, реализующей семантику-5, которая включает непланарную (торическую) универсальную стратегию (см. рис. 2, Г-4 в [16]). В игре ХО участники из группы 6 показали также большую эффективность (долю выигрышей) по сравнению с группами 2–5 (критерий Джонкхира–Терпстры, $p = 0.037$). Для ХО как стратегической игры двух партнеров принципиально важен *одновременный* контроль всех клеток, включенных как в собствен-

ные стратегии игрока, так и в стратегии противника. Показано, что в играх участников из группы 6 такие множества клеток поля связываются в структуры, содержащие непланарные графы $K_{3,3}$ (см. рис. 2, Б).

В условиях решения теста “Пространственная ориентация”, которые требуют симультанной оценки взаимного расположения нескольких объектов и положения наблюдателя в полном графе, связывающем объекты тестового поля (даже исключая виртуальное положение наблюдателя), содержится непланарный граф K_5 (рис. 2, А). Успешность решения задач теста “Пространственная ориентация” показана на рис. 3, А: наибольшая точность решения достигается в группах 4–6 (парные сравнения всех групп, тест Манна–Уитни, $0.046 > p > 2.16 \cdot 10^{-5}$) при выраженном тренде градуального повышения точности решений в ряду группа 0 — группа 6 (критерий Джонкхира–Терпстры, 7 уровней, $p = 3.10 \cdot 10^{-7}$). В условиях задач “Ментальное вращение” непланарные составляющие не найдены, для решений необходимы операции переноса, вращения и зеркального отражения тестовых фигур. В этой методике наиболее успешны участники групп 4, 5 и 6 (по сравнению с группой 2, тест Манна–Уитни, для групп 3 и 5 различий нет, для группы 4 $p = 0.028$, для группы 6 $p = 0.046$). Относительный успех группы 4 в этой методике (см. рис. 3, Б) связан с реализуемыми в семантике-3 операциями переноса, вращения и зеркального отражения “шаблона хода коня” (см. Результаты, п. 1.3).

4.2. В сетевой организации ПС выявлены группы компонентов, связанных гомеоморфно графу $K_{3,3}$ (преимущественно в подмножествах, образованных отношениями *XOR* и *IOR*, рис. 3, А) или K_5 (преимущественно в подмножествах, образованных отношениями *AND*, рис. 3, Б). Объем таких непланарных групп связности сети оценивали по количеству отношений между компонентами. Суммарный объем непланарных групп в сети *XOR* варьировал от 54 отношений в группе 0 до максимального объема 261 отношение в группе 6 (градуальное увеличение с номером группы: критерий Джонкхира–Терпстры, 7 уровней, $p = 0.001$). Объемы непланарных групп в сети *IOR* изменялись аналогично: 404 в группе 0, 676 — в группе 6 (критерий Джонкхира–Терпстры, 7 уровней, $p = 4.83 \cdot 10^{-4}$). Объем групп в сети *AND* (преимущественно K_5), напротив, проявил тенденцию к снижению от группы 0 к группе 6, исключая малочисленную группу 2 (критерий Джонкхира–Терпстры, 6 уровней, $p = 0.056$). Объем непланарных групп $K_{3,3}$ (по сети *XOR*) показал связь с количеством компонентов

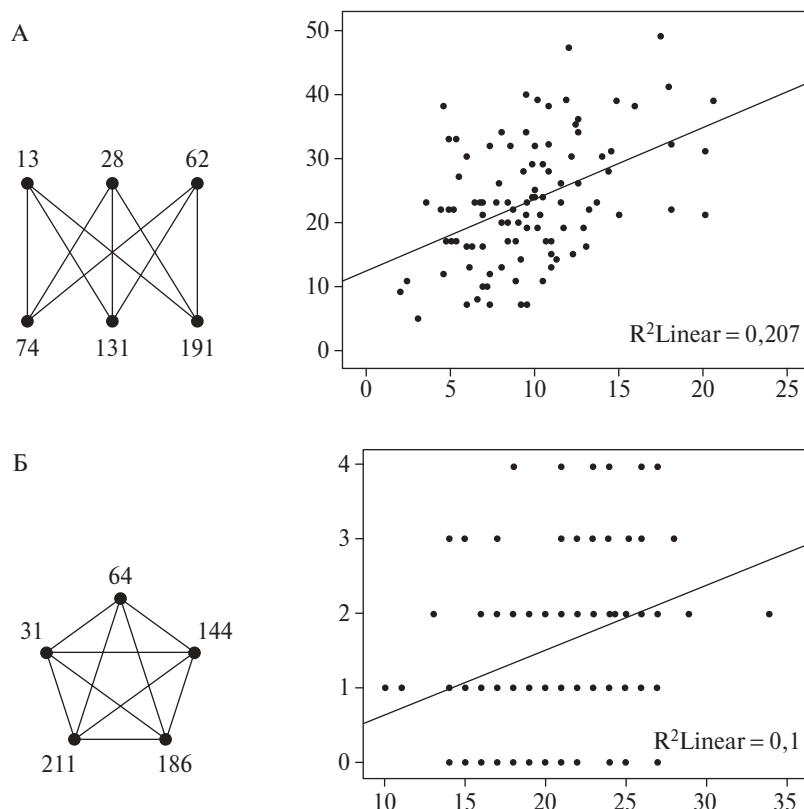


Рис. 3. Непланарные составляющие ПС, сформированной в стратегической игре «Крестики-нолики»

Примечание. А, слева — 6 компонентов ПС (цифры — имена компонентов), связанных в двудольный непланарный граф $K_{3,3}$ (см. рис. 3 в [16]) отношениями *XOR* (участник 4065, группа 6).

А, справа — соотношение количества компонентов ПС, одновременно актуализированных в ситуации выбора хода (по абсциссе), с количеством отношений *XOR*, связывающих максимальную по объему непланарную группу компонентов (гомеоморфную графу $K_{3,3}$) в ПС (по ординате) у участников групп 3–6.

Б, слева — 5 компонентов ПС (цифры — имена компонентов), связанных в непланарный граф K_5 (см. рис. 3 в [16]) отношениями *AND* (участник 4015, группа 3).

Б, справа — соотношение количества стратегий наименее дифференцированного типа, образованных последовательностью компонентов, которая допускает изменения в порядке их актуализации, а также замены одних компонентов на другие, связанные с ними отношениями *AND* (по абсциссе), с количеством непланарных групп компонентов, гомеоморфных графу K_5 в ПС (по ординате) у участников групп 3–6.

ПС, актуализированных в ситуации выбора хода в игре ХО (см. рис. 3, А), и сопутствующую этой связи положительную корреляцию с временем выбора хода в игре ($R_S = 0.396$, $p = 3.14 \cdot 10^{-6}$); этот объем связан с повышением точности решения теста «Пространственная ориентация» ($R_S = 0.245$, $p = 0.004$). Объем непланарных групп $K_{3,3}$ (по сети *IOR*), кроме приведенных соотношений, связан также со снижением доли проигрышей в играх ($R_S = 0.396$, $p = 3.38 \cdot 10^{-4}$). Объем групп K_5 (по сети *AND*) связан с формированием наименее дифференцированных стратегий (см. рис. 3, Б), допускающих замены компонентов в их последовательности в пределах групп, связанных отношениями *AND*.

Скорость роста непланарных групп компонентов оценивали по показателю аппроксимирующей степенной функции (γ). Наибольшую скорость на-

растания объема максимальных непланарных составляющих $K_{3,3}$ по сетям *XOR* и *IOR* показали ПС участников группы 6 (*XOR*: $R^2 = 0.549$; $\gamma = 1.07$, 95% доверительный интервал $1.05 \div 1.09$; *IOR*: $R^2 = 0.387$; $\gamma = 1, 22, 1.20 \div 1.25$), а минимальную — участники из групп 0 и 1. Наименьшую скорость формирования составляющих $K_{3,3}$ обнаружили в группах 0 и 1 (общая для групп оценка, *XOR*: $R^2 = 0.287$; $\gamma = 0.88$, 95% доверительный интервал $0.85 \div 0.90$; *IOR*: $R^2 = 0.425$; $\gamma = 1, 07, 1.08 \div 1.09$). Иная тенденция связи скорости роста непланарных составляющих и номера группы найдена для K_5 (по сети *AND*): минимальная скорость — в группе 6 ($R^2 = 0.09$; $\gamma = 0.41$, 95% доверительный интервал $0.34 \div 0.47$), а максимальная — в группах 0 и 1 ($R^2 = 0.22$; $\gamma = 0.55$, 95% доверительный интервал $0.53 \div 0.58$).

4.3. Построена линейная регрессионная модель, связывающая характеристики непланарностей в се-

тях *AND* и *XOR* (в ПС, сформированной в игре *XO*), с величиной ошибки в решении задач теста “Пространственная ориентация”:

$$Err = 38.83 + 6.73 \cdot V_{\max} AND(K_5) - 5.72 \cdot V_{\max} XOR(K_{3,3}),$$

где *Err* — величина ошибки в угловых градусах; $V_{\max}$ — объем максимальных непланарных групп K_5 по отношениям *AND* и $K_{3,3}$ по отношениям *XOR*; $R = 0.315$, $R^2 = 0.099$, $df = 2$, $F = 7.16$, $p = 0.001$. Если принять во внимание функциональное значение отношений *AND* и *XOR* [1], то уравнение указывает, что непланарность по сети *AND* (см. рис. 3, Б) отбирает однородное множество одновременно актуализированных компонентов ПС, организованное гомеоморфно непланарной структуре задачи (см. рис. 2, А), а непланарность по сети *XOR* (см. рис. 3, А) определяет неравномерность (взаимные запреты) актуализации компонентов группы в процессе решения.

5. Безмасштабность/масштабированность и фрактальные свойства сетевой организации ПС.

5.1. Оценки соответствия распределений степеней вершин, связывающих компоненты ПС в различные подмножества сети, степенному закону показали, что для сетей, образованных отношениями *AND*, *XOR* и следования, выполняется требование линейности аппроксимации распределений в двойных логарифмических координатах с применением логарифмического бинирования (критерий “*Linear-by-Linear Association*” для всех аппроксимаций, $3.79 \cdot 10^{-4} \leq p \leq 0.002$), см., например, рис. 4, А [9; 30]. Распределения степеней вершин для подмножеств сети, образованной отношениями *IOR*, во всех группах показали значительное отклонение от степенного закона, они хорошо аппроксимировались кубическим полиномом (рис. 4, Б). Устранение линейного тренда выявило пик плотности распределения в середине диапазона (рис. 4, В). Разделение суммарного распределения на два — для групп 2, 3 и групп 4, 5, 6 и оценка их взаимного расположения (с помощью функции кросс-корреляции — рис. 4, Г) показали значимое различие положения пиков в сравниваемых распределениях: масштаб для сети, образованной отношениями *IOR*, в группах 2 и 3 оказался достоверно меньше масштаба, определенного для групп 4–6.

5.2. Медианные оценки коэффициента фрактальности *d* для подмножества сети *AND* в группах 0–6 варьировали от –1.355 до –1.301, для сети *XOR* — от –1.373 до –1.295, для отношения следования — от –1.362 до –1.345. Для сетевой организации ПС в целом (перекрытия подмножеств сети ПС, образованных отношениями *AND*, *XOR* и сле-

дования) оценки *d* распределены в диапазоне значений $-1.363 \div -1.413$ (значения медиан). Для проверки предположения, что фрактальные свойства сетевой организации ПС могут объясняться характерными для всех ее подмножеств ветвлениями (переменная *Vetvl*) и непланарными образованиями в сетях, образованными отношениями *AND* и *XOR* (переменные *AND_s2* и *XOR_s2* — объемы непланарных групп), была построена нелинейная регрессионная модель

$$d = \text{Log}_{10}(AND_s2^{0.006} + XOR_s2^{0.008}) / \text{Log}_{10}(1.743 \cdot Vetvl^{-0.017}),$$

которая достаточно хорошо воспроизвела профиль распределения значений *d* по группам 0–6: $R^2 = 1 - (Residual\ Sum\ of\ Squares) / (Corrected\ Sum\ of\ Squares) = 0.439$, $df = 6$.

6. Характеристики дифференциации-II (Д-II) и дифференциации-III (Д-III) в группах 0–6. Темп прохождения Д-III для отношений *XOR* и *IOR* (из проанализированных отношений, наиболее удаленных от корня дерева дифференциации (см. рис. 1 в [16]) минимален в группах 0 и 1, он достигает максимума в группе 6 (рис. 5, А) (критерий Джонкхира—Терпстры, 7 уровней, $1.28 \cdot 10^{-4} \leq p \leq 0.002$). Для отношений *AND* и следования, близких к корню дерева (см. рис. 1 в [16]), таких различий между группами не найдено (критерий Джонкхира—Терпстры, 7 уровней, $0.98 \leq p \leq 0.356$). Соотношение продуктов Д-III в группах 0–6 показано на рис. 5, Б: лишь в группе 6 вероятности формирования отношений разного типа различны, а дифференцированных отношений — высоки. Важно, что в группе 0 вероятность формирования отношений *XOR* и *IOR* ниже, чем во всех других группах.

Максимальная скорость формирования отношений *XOR* и *IOR* (оценки для общего объема отношений, способ оценки см. в разделе 4.2) характерна для группы 6 (*XOR*: $R^2 = 0.713$; $\gamma = 1.00$, 95% доверительный интервал $0.99 \div 1.02$; *IOR*: $R^2 = 0.656$; $\gamma = 1, 16, 1.15 \div 1.18$), а минимальная — для групп 0 и 1 (общая для групп оценка, *XOR*: $R^2 = 0.494$; $\gamma = 0.86$, 95% доверительный интервал $0.85 \div 0.87$; *IOR*: $R^2 = 0.743$; $\gamma = 1, 07, 1.05 \div 1.07$). Абсолютный минимум скорости формирования общего объема отношений *AND* показала группа 6 ($R^2 = 0.793$; $\gamma = 0.70$, 95% доверительный интервал $0.69 \div 0.71$).

В организации ПС выделена группа составляющих, толерантных к действию нейрорептиков [17], что позволяет сопоставить темп их дифференциации в эквивалентных парах групп 0, 1 и 2, 3. Толерантными переменными описываются продукты Д-II (снижение темпа порождения компо-

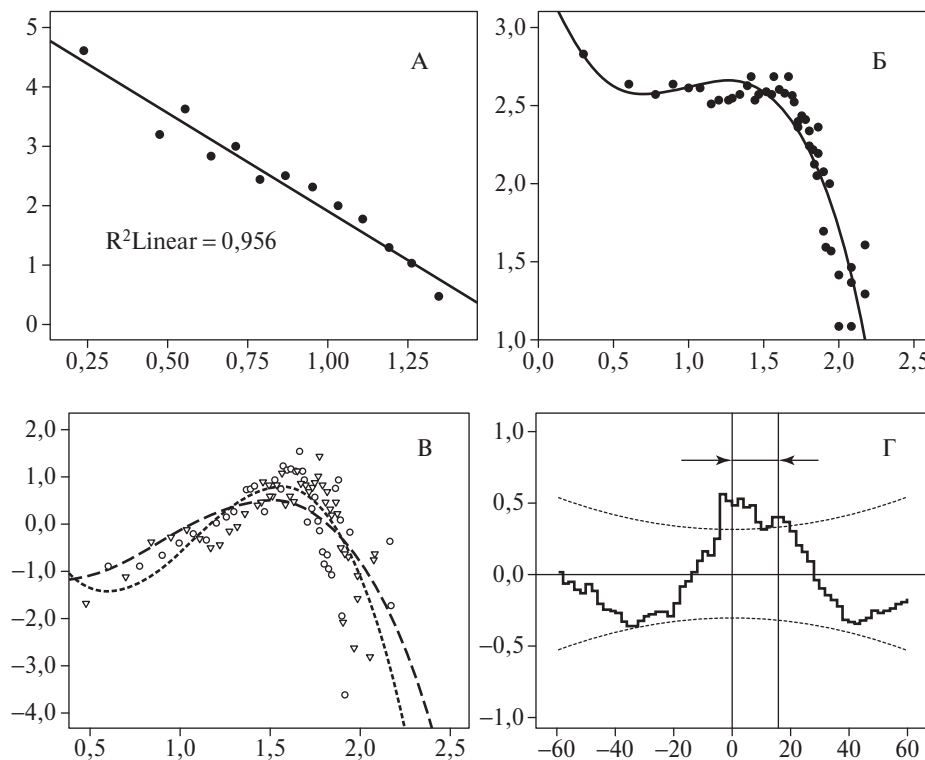


Рис. 4. Безмасштабные и масштабированные составляющие и фрактальность сетевой организации ПС

Примечание. А — распределение степеней вершин (количества связей) для безмасштабной сети, образованной отношениями следования между компонентами ПС в группах 2–6, аппроксимируется прямой линией в двойных логарифмических координатах и описывается степенной функцией $P(k) \sim k^{-\gamma}$, где k — количество связей вершины (степень вершины), а γ — показатель степени. Для линейной аппроксимации на рисунке $\gamma = -3.30$; $R^2 = 0.956$, $\eta^2 = 0.969$; $F_{\text{linear}} = 180.284$, $p = 0.0$; $F_{\text{deviation from linear}} = 0.736$, $p = 0.703$. По оси абсцисс — логарифм значений степени вершин (логарифмическое бинирование), по оси ординат — логарифм количества степеней вершин. Оценки коэффициента фрактальности d для этой сети —1.35 (квартили 1 и 3: -1.41, -1.32).

Б — распределение степеней вершин сети, образованной отношениями IOR между компонентами ПС в группах 2–6. Сплошная линия — аппроксимация кубическим полиномом ($R^2_{\text{cubic}} = 0.813$). Обозначения осей как на А (бинирование равномерное).

В и Г — выявление масштаба у сети, распределение степеней вершин которой дано на Б. В — разделение распределения степеней вершин (показанного на Б) на два подмножества: для групп 2 и 3 (кружки, штриховая линия — аппроксимация кубическим полиномом) и групп 4, 5 и 6 (треугольники, пунктир — аппроксимация кубическим полиномом). У распределений удален линейный тренд. Обозначения осей, как на А.

Г — кросскорреляционная функция для двух распределений, показанных на В. По оси абсцисс — величины сдвигов, по оси ординат — значения коэффициента корреляции, пунктирные линии ограничивают доверительный интервал для $p = 0.05$. Двумя встречными стрелками показан интервал достоверного сдвига между зонами максимумов сравниваемых распределений степеней вершин. В пересчете из логарифмического масштаба степеней вершин в количество отношений XOR и IOR между компонентами этот сдвиг составляет 12–16 отношений на компонент, т.е. в группах 4, 5 и 6 оценка масштаба сети, образованной отношениями XOR и IOR , превышает масштаб такой сети для групп 2 и 3 на 12–16 степеней вершин.

нентов ПС в группах 0 и 1 по сравнению с группами 2 и 3; точный тест Манна—Уитни, $U = 463.0$, $Wilcoxon W = 673.0$, $p = 0.025$), а также ранних этапов Д-III (отношения EQV , AND , нестрогого порядка, см. рис. 1 в [16]). Темп формирования отношений EQV и AND снижен в группах 0 и 1 (точный тест Манна—Уитни, для EQV : $U = 462.0$, $Wilcoxon W = 672.0$, $p = 0.024$; для AND : $U = 412.0$, $Wilcoxon W = 622.0$, $p = 0.006$). Темп формирования отношений нестрогого порядка, связывающих компоненты в наименее дифференцированные стратегии, в группах 0 и 1 выше, чем в группах 2 и 3 (точный тест Манна—Уитни, $U = 405.0$, $Wilcoxon W = 2820.0$, $p = 0.003$).

7. Соотношение траекторий формирования ПС с индивидуально-психологическими характеристиками участников исследования. Результаты решения задач теста “*Пространственная ориентация*” (рис. 6, А), градуально улучшающиеся в ряду от группы 0 к группам 5 и 6, подробно описаны в разделе 4.1. Характерный паттерн связи показателей с номером группы в выполнении “Ментальных вращений” нарушен (ср. рис. 6, Б с рис. 6, А, 5, А) за счет успешных ее решений участниками группы 4 (подробно см. раздел 4.1).

Соотношение уровня мотивов поддержания и развивающих мотивов, измеренное с помощью методики “*Диагностика мотивационной структу-*

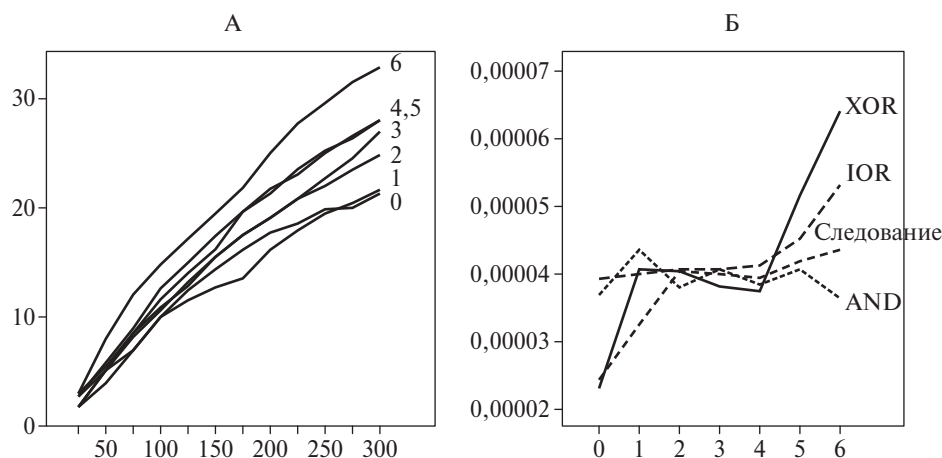


Рис. 5. Суборганизация компонентов ПС в группах участников 0–6 (Д-III, образование отношений между компонентами)

Примечание. А — формирование отношений *IOR*, связывающих компоненты в группу, максимальную по объему для ПС каждого индивида. По оси абсцисс — последовательность актов игры на интервале приобретения компетенции; по оси ординат — количество сформированных отношений. Цифры справа обозначают соответствие кривых группам участников исследования.

Б — вероятности формирования различных отношений между компонентами (обозначены справа от кривых) в группах участников групп 0–6. По оси абсцисс — группы участников; по оси ординат — вероятность формирования единичного отношения любого типа. Наиболее высокая степень дифференцированности компонентов ПС достигается в группе 6, наименьшая — в группах 0 и 1.

ры личности”, радикально изменяется от доминирования мотивов поддержания в группе 0 до доминирования мотивов развития в группах 4 и 5, через их равную выраженность (рис. 6, В) (критерий Джонкхир-Терпстры, 5 уровней, $p = 0.001$). Участников групп 2 и 6, прошедших диагностику, оказалось недостаточно для межгруппового сравнения. Значимого доминирования стеничности или астеничности в эмоциональных предпочтениях и в ситуации фрустрации не выявлено, как и каких-либо различий в этих показателях между группами.

Участников группы 6, заполнивших опросник “Стиль саморегуляции поведения”, оказалось недостаточно для включения в межгрупповое сравнение. Баллы по шкалам этого опросника “Моделирование”, “Оценка результатов” и “Гибкость” нарастают градуально от группы 0 к группе 5 (критерий Джонкхир-Терпстры, 6 уровней, $0.025 \leq p \leq 0.038$). Все шкалы опросника, кроме “Планирования”, значимо связаны с выраженностью стенической фрустрации ($0.28 \leq R_s \leq 0.41$; $4.09 \cdot 10^{-4} \leq p \leq 0.02$), а шкалы “Программирование” и “Оценка результатов” — с доминированием мотивов развития ($0.24 \leq R_s \leq 0.28$; $0.02 \leq p \leq 0.04$). Шкала “Гибкость” показала связь с объемом непланарных групп в ПС, сформированных в игре ХО ($R_s = 0.409$; $p = 4.81 \cdot 10^{-4}$).

Оценки рефлексии особенностей собственных решений стратегических задач по шкалам “Конструирование решений”, “Предвидение изменения ситуации” и “Целеобразование” анкет “Рефлексия

ХШК” и “Рефлексия ХО” (рис. 6, Г) показали, что в группах 0–4 ответы по шкалам не выходят за пределы случайных вариаций, а в группах 5 и 6 значения по шкалам “Конструирование решений” и “Предвидение изменения ситуации” закономерно высоки для обеих анкет (критерий Джонкхир-Терпстры, 7 уровней, $2.3 \cdot 10^{-4} \leq p \leq 0.011$). Показано, что оценки по шкалам этих анкет значимо связаны с характеристиками групп компонентов ПС в игре ХО, обеспечивающих реализацию циклических стратегий ($0.268 \leq R_s \leq 0.456$; $9.17 \cdot 10^{-5} \leq p \leq 0.027$); шкала “Конструирование решений” в игре ХО связана с объемом непланарных групп сети в ХО, образованной отношениями *AND* ($R_s = -0.251$, $p = 0.015$) и отношениями *XOR* ($R_s = 0.219$, $p = 0.035$), та же шкала в методике ХШК — с объемом непланарных групп, образованных отношениями *AND* ($R_s = -0.312$, $p = 0.003$), а шкала “Предвидение изменения ситуации” в ХШК — с *IOR* ($R_s = 0.292$, $p = 0.006$).

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Установлено, что формирование компетенции в методике ХШК может быть описано как древовидная структура с пятью траекториями (см. Результаты, п. 1.1; рис. 1). Выделенные по соотношениям ошибочных и правильных решений задач, по содержательным характеристикам решения (семантикам), времени решения и количеству рассматриваемых альтернатив решения (см. Результаты, 1.2, 1.3; табл. 1) пять траекторий соответствуют

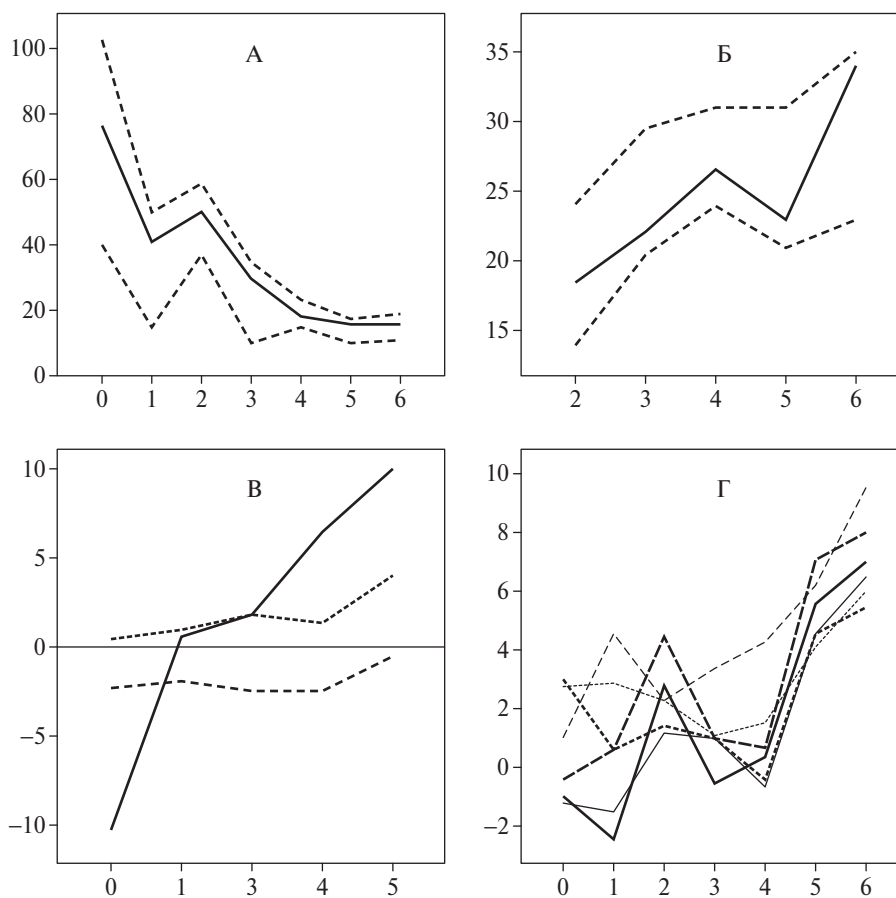


Рис. 6. Выполнение тестовых заданий участниками различных групп. По оси абсцисс — группы участников исследования

Примечание. А — точность решения заданий теста “Пространственная ориентация”. По оси ординат — величина ошибки выбора направления в угловых градусах. Сплошная линия — медианы, штриховые — квартили 1 и 3.

Б — количество правильно решенных заданий теста “Ментальные вращения” (ось ординат). Группам 0 и 1 (участники с расстройствами шизофренического спектра) эти задания не предъявляли. Сплошная и штриховые линии — как на рисунке А.

В — характеристики мотивационно-эмоциональной сферы, измеренные с помощью методики “Диагностика мотивационной структуры личности”. Группа 2 исключена, т.к. из ее состава в тестировании участвовало лишь 2 человека. Сплошная линия — доминирование развивающих (положительные значения оси ординат) или поддерживающих (отрицательные значения) мотивов. Штриховая линия — доминирование астеничности во фрустрационном поведении (отрицательные значения) или стеничности (положительные значения). Пунктирная линия — доминирование стеничности в эмоциональных предпочтениях (положительные значения) или астеничности (отрицательные значения).

Г — оценки возможности рефлексии характеристик собственных решений стратегических задач. По оси ординат — баллы по шкалам. Толстые линии — оценки для ХО, тонкие — для задач методики ХШК. Сплошные линии — шкала “Конструирование решений”, штриховые — “Предвидение изменения ситуации”, пунктир — “Целеобразование”.

пяти этапам развития “способности действовать в уме” [18–20]. Показано достоверное соответствие траекторий формирования компетенции в ХШК и ПС, сформированной в ХО (см. Результаты, п. 2). Успешность выполнения заданий в тестах “Пространственная ориентация” и “Ментальные вращения” сходно распределены в группах, выделенных при анализе ХШК и ХО, что указывает на общность траекторий формирования компетенции в различных ИПО (см. Результаты, п. 7; рис. 6). При этом особое значение приобретает то, насколько сходно распределены оценки способности к рефлексии особенностей решения задач ХШК и ХО в разных группах (рис. 6, Г). Выявленная

общность дает основание для описания универсального паттерна дифференциации ПС (см. [2; 14]) в различных предметных областях. Важно заметить, что установленное соотношение успешности решения всех примененных тестовых задач с траекториями формирования ПС можно поставить в соответствие с соотношением этапов развития способности действовать в уме и школьной успеваемости [6, с. 126].

Показано гомеоморфное отношение между организацией предметных областей (в предъявляемых задачах) и характеристиками ПС, сформированных в этих ИПО (см. Результаты, п. 4). Установлено, что для достижения эффективного решения

задач ХШК и “Пространственной ориентации” необходимо использовать непланарности, зафиксированные в условиях их универсального решения, а в играх ХО — создавать их (см. Результаты, п. 4). Анализ организации ПС, сформированной в ХО, показал, что семантические сети, описывающие различные типы взаимодействия компонентов (*AND*, *XOR*, *IOR*), содержат непланарные составляющие. Траектории дифференциации ПС именно в группах 5 и 6 (семантика 4 и особенно 5) содержат наибольшее количество непланарностей, формально выделяемых по гомеоморфизму графам $K_{3,3}$ (см. Результаты, п. 4.2). Непланарности этого рода обеспечивают одновременный доступ к наибольшему количеству альтернатив выбора для их сокращения при решении задач (см. рис. 3, А; Результаты, п. 4.3). Непланарности, гомеоморфные K_5 , присутствуют в ПС, соответствующих группам 0–3 (семантики 1 и 2), они вносят вклад в организацию наиболее ранних по порядку формирования стратегий (с возможностью замены компонентов в пределах непланарной группы типа K_5 , образованной отношениями *AND*, см. рис. 3, Б; Результаты, пп. 4.3 и 6), что, по-видимому, компенсирует дефицит более сложных стратегий (линейных и циклических) [1]. Непланарность организации информационных моделей взаимодействия компонентов ПС — один из ведущих факторов, определяющих свойства выделенных траекторий формирования ПС и придающих им онтологический статус.

Следует подчеркнуть, что обнаруженные гомеоморфные отношения между организацией предметной области и топологией ПС не являются родственными для описанных А. Н. Леонтьевым процессов уподобления, которые определены им “для рецепирующей системы” как “общий принципиальный механизм непосредственно чувственного отражения природы воздействующих свойств действительности” [12, с. 4]. Выявленный гомеоморфизм может быть реализован только теми индивидами, в ПС которых формируются непланарные составляющие в достаточном объеме и которые создают непланарности в предметной области, что не может быть результатом стимульных воздействий специально организованной среды, как это предполагается в случае уподобления, описанного Леонтьевым.

Результаты оценки процессов формирования компонентов в составе ПС, проходящим развитие по тем или иным траекториям, указывают на доминирующую роль Д-III (см. рис. 1 в [16]) в дивергенции групп 0–6.

Продукты Д-III — информационные модели взаимодействий между компонентами ПС (кото-

рые являются также носителями информационных моделей взаимодействий индивида с ИПО [2; 14]) — можно соотнести с теоретически описанными Я. А. Пономаревым “вторичными” или “означенными” моделями [18; 20]. Именно модели этого типа лежат в основе “способности действовать в уме” (оперирования абстракциями) [15]. Степень их сформированности проявляется в успешности и рефлексии способов решения задач ХШК, ХО, тестов “Пространственная ориентация”, “Ментальные вращения” (см. Результаты, пп. 2, 4, 6, 7; рис. 6).

Темп формирования информационных моделей взаимодействий между компонентами ПС нарастает экспоненциально (см. Результаты, п. 6; рис. 5), темп формирования непланарных образований в ПС также изменяется по степенному закону (см. Результаты, п. 4.2). Эти характеристики развития ПС являются проявлениями Д-III, которая также определяет разнообразие индивидуальных характеристик участников исследования, принадлежащих группам популяционной выборки 2–6 и группам участников с расстройствами шизофренического спектра 0 и 1, в решении задач ХШК, ХО и других тестов, и позволяет произвести надежное разделение выборки на группы.

Важно, что распределение групп по пяти траекториям в значительной степени определяется уже на ранних стадиях формирования ПС (см. Результаты, п. 3). На последующих стадиях особенности исходной организации становятся более выраженными, траектории расходятся настолько, что переход индивидов с одной траектории на другую становится возможным только при условии радикальных изменений Д-III, например при появлении непланарных новообразований (см. Результаты, п. 4). Полученные результаты позволяют объяснить устойчивость траекторий, их надежную разделение по свойству самоподобия ПС (см. Результаты, п. 5). Подмножества семантической сети, образованные отношениями *AND*, *XOR* и следования, но не *IOR*, обладают свойством безмасштабности (т.е. сеть увеличивается пропорционально ее развитости однородно, самоподобно во всех ее частях). Заметим, что нарушение безмасштабности, найденное для сети, образованной отношениями *IOR*, проявляется по-разному в группах 2–3 и 4–6, так что в группах 4–6 рост сети сконцентрирован на больших масштабах и ведет к большему темпу ее развития в этих группах. Свойство фрактальности, которое, весьма возможно, присутствует в сети в целом и ее подмножествах, образованных отношениями *AND*, *XOR* и следования, позволяет предполагать, что вновь образующиеся компоненты

проходят Д-III во фрактальной среде, которая активно канализирует процессы их формирования в траекторию эволюции, характерную для данной сети (см. [10]). В таком случае текущее состояние фрактально организованной сети является образцом для новообразованных и эволюционирующих компонентов, выполняет функцию *репликатора*, а процесс такой репликации является самовоспроизведением сетевой организации, ее *ауторепликацией*. Предполагаемая ауторепликация не может быть рассмотрена как “аутопоэзис автономных самореферентных образований” [32]. Процессы ауторепликации ПС реализуются как циклы взаимодействия/развития, основу которых составляют взаимодействия индивида с ИПО, ведущего к эволюции ПС через порождение и специализацию компонентов, образования информационных моделей взаимодействий между ними в процессах Д-II и Д-III и создания новообразований в предметной области [3].

Сопоставление различных характеристик дифференциации ПС в группах участников с расстройствами шизофренического спектра 0 и 1, эквивалентных по решению задач ХШК группам популяционной выборки 2 и 3, показывает, что в группах 0 и 1 не только *снижен* темп Д-II и Д-III, для них характерен *дефицит* этих процессов, особенно в группе 0 (семантика-1).

Содержательно Д-II и Д-III протекают как неонейрогенетические процессы формирования групп нейронов, специализированных относительно определенных циклов взаимодействия с ИПО и представляющих компоненты ПС, а также образования субспециализаций нейронов в этих группах, которые обеспечивают взаимодействия между компонентами [1; 14]. В исследованных группах 0 и 1 самые ранние проявления снижения темпа неонейрогенеза (ср. с [25; 33]) затрагивают фундаментальные процессы порождения компонентов ПС, что, по предположению, определяет дефицит последующих дифференциаций. Можно полагать, что характерные для групп участников с расстройствами шизофренического спектра 0 и 1 предельно низкие показатели эффективности решения задач ХШК (большое количество отказов), ХО, тестов “Пространственная ориентация”, “Ментальные вращения”, доминирование мотивов поддержания над мотивами развития, затруднения в рефлексии планирования и способов решения задач связаны именно с дефицитом Д-II и Д-III, т.е. с особенностями новообразований в морфологии и изменениями метаболизма нейронов в процессах неонейрогенеза [21], и устойчиво аутореплицирующейся организацией ПС при вхождении в новые ИПО.

Эффективность решения всех тестовых задач в группах 0 и 1 и эквивалентных им по решению задач ХШК групп 2 и 3 различалась. Это можно было бы объяснить применением в группах пациентов нейрорептиков. Действительно, 4 пациента со сниженной дозировкой препаратов (ниже медианного значения хлорпромазинового эквивалента для групп 0 и 1) решали задачи ХШК на том же уровне, что и участники групп 4, 5 и 6 популяционной выборки. Однако различия в решении задач всех методик между группами 0 и 1 не могут быть объяснены воздействием нейрорептиков (дозировка в этих группах не различается, см. табл. 1 в [16]). Основание для разделения групп 0 и 1 (также как и групп 2 и 3) — отказ от решения задач ХШК. При этом различия между группами 0 и 1 по всем методикам превышают различия между группами 2 и 3, что можно объяснить именно дефицитом Д-II и Д-III, т.е. дефицитом неонейрогенеза, а не воздействием нейрорептиков. Заметим, что для сопоставления групп 0, 1 и 2, 3 использованы переменные, толерантные к воздействию нейрорептиков [17].

Взаимодействия компонентов в самоподобной организации ПС могут модифицировать действующие и образовывать новые образцы для эволюции фрактальной сети — аттракторы. В качестве аттракторов могут выступать группы компонентов, представляющие собой “инициаторы-организаторы” (“затравки”) фракталов. В рассматриваемой организации роль аттракторов могут выполнять ветвления (действующие с самой инициации формирования новой ПС) или непланарные организации разного уровня сложности: начиная с описанных нами торических $K_{3,3}$ и K_5 (см. Результаты, п. 5.2) до предполагаемых в литературе сложных аттракторов (например, “гиперболических странных аттракторов” [11; 29], “многомерных притягивающих торов” [13]).

Аутореплицирующиеся ПС представляют собой относительно изолированные сетевые организации, компоненты которых представлены группами нейронов, обладающими специфическим для содержания данной ИПО спектром специализаций относительно циклов взаимодействия с ней. Множество специализаций нейронов, релевантных данной ИПО, специфично и отделено от множеств специализаций, реализующих циклы взаимодействий с другими ИПО. Формирование компонентов на самых ранних стадиях порождения новой ПС, как групп специализированных нейронов, может происходить только в “метаболическом пространстве”, общем для всех ПС, как формирующихся, так и сформированных ранее, в котором могут быть достигнуты взаимосогласованность ис-

пользования ограниченных ресурсов всеми тканями мозга, вовлеченными в организацию взаимодействий со множествами ИПО. Можно предположить, что в этом общем пространстве возможно “заимствование” аттракторов из уже сформированного их репертуара и порождение новой ПС как реплики других, уже формирующихся ПС. Следы таких заимствований неустраняемы, именно они могут служить объяснением установленного в данной работе принципиального сходства траекторий формирования различных ПС, сходства продуктивности и успешности индивида во взаимодействиях с разными ИПО. Важно, что порождение новых ПС является аутореplikацией организации, но не содержания репликатора. Предполагаемая общность фракталоподобной организации ПС в разных ИПО может рассматриваться как источник и объяснение устойчивости индивидуальных психологических характеристик, воспроизводимых в последовательном тестировании и согласованных в различных тестах.

Заметим, что рассматриваемая в данной работе аутореплицирующаяся ПС по всем основным характеристикам соответствует описанному Я.А. Пономаревым и сотрудниками “центральному звену психологического механизма поведения” (см. Введение в [16]) и, следовательно, может быть содержательно сопоставлена с понятиями “общие способности” и “общий интеллект”. Можно также предположить, что некоторым характеристикам “концептуальных структур”, представление о которых разрабатывается М.А. Холодной [22], могут быть поставлены в соответствие неотъемлемые свойства топологической организации аутореплицирующейся ПС, формально и количественно описанной в настоящей работе. Концептуальные структуры порождают ментальные пространства, которые, по обоснованному предположению М.А. Холодной, также обладают собственной топологией, метрикой и динамикой, и именно в этих пространствах формируются новые понятия.

Новые поколения компонентов ПС (продуктов Д-II), проходя процессы ауторепликации (в Д-III), приобретают суборганизацию, которая продолжает дифференциацию при актуализации компонентов, не утрачивается, когда они находятся в предельно низкой степени актуализации (в “состоянии покоя”), и является абстрактной информационной моделью организации взаимодействия с ИПО. Но конкретные циклы взаимодействия с ИПО в текущих, изменяющихся пространственно-временных условиях осуществляет индивид (ср. с закономерностями соотношения внутреннего и внешнего планов деятельности [20]). Это проти-

воречие устраняется при введении представления об *общеорганизменных функциональных системах* — временных конstellляциях “...избирательно вовлеченных компонентов, у которых взаимодействие и взаимоотношения принимают характер взаимодействия компонентов на получение фокусированного полезного результата” [5, с. 35]. В таком случае реплицированная и модифицированная в Д-III организация информационных моделей взаимодействия с ИПО, зафиксированная в группах специализированных нейронов, служит образцом для каждого актуалгенетического построения функциональной системы, непостоянной по составу компонентов организма в последовательных реализациях конкретных циклов взаимодействия индивида с ИПО [4; 7; 23; 24]. Поскольку показано, что ПС являются ауторепликаторами, то общеорганизменные функциональные системы могут быть рассмотрены как “интеракторы” (см. [28]).

Полученные в настоящем исследовании результаты позволяют ретроспективно определить время зарождения идеи репликации в психологии. Она появилась в конце 20-х — начале 30-х годов XX в. в работах Ф. Бартлетта [26; 27], приблизительно в то же время, что и в генетике [8]. “Схему” как “родовое знание” (*generic knowledge*) в концепции Бартлетта [26; 27] можно рассматривать в качестве протоформы нового индивидуального опыта. Неотъемлемые свойства схемы, такие как ее универсальность, абстрактность (любой индивидуальный опыт представляет собой производное схемы), активный, актуалгенетический характер, в общих чертах согласуются с некоторыми атрибутами аутореплицирующейся ПС (см. Введение в [16]). Следует подчеркнуть, что концепция Бартлетта сама является протоформой многих современных психологических построений, в рамках которых идея репликации протоформ, даже оставаясь имплицитной, сохраняет свой эвристический потенциал и актуальность.

ВЫВОДЫ

1. Установлено, что организация ПС, описанная в терминах компонентов и их взаимодействий, образует неоднородную семантическую сеть, обладающую свойством самоподобия, проявляющимся в безмасштабности и фрактальности формирующейся сети.

Такая организация ПС представляет собой аутореплицирующееся образование, поскольку содержит протоформу для ПС, формирующихся при взаимодействии индивида с новыми ИПО. В процессах ауторепликации порождаются новообразо-

вания, в которых складываются варианты аттракторов развивающейся ПС, сохраняющей свойства протоформы как репликатора.

2. Показано, что траектории эволюции ПС в различных ИПО как самоподобных, фрактальных образований гомеоморфны. Подобие организации ПС в различных ИПО объясняется наследованием аутореплицирующихся организаций ранее образованных структур, т.е. общностью их происхождения.

3. Установлено, что формированию вариантов ПС в популяции соответствует счетное количество траекторий; описаны характеристики и условия реализации пяти из них.

4. Даны описание и основные характеристики непланарных составляющих в организации ПС, их гомеоморфизм организации тестовых задач, а также роль в успешности решений.

5. Для группы участников с расстройствами шизофренического спектра описаны особенности организации ПС и типов дифференциации Д-II и Д-III, отличающие ее от популяционной выборки.

6. Предполагается, что согласованность и устойчивость различных индивидуально-психологических характеристик обусловлены генетическим родством ПС в различных ИПО как вариантов эволюции единого репликатора.

Благодарности

Авторы благодарны всем участникам исследования и выражают признательность за неоценимую помощь Т.В. Галкиной — при обсуждении модификации методики Я.А. Пономарева “Игра в классики”, О.О. Папсуеву — при подборе пар для игры среди пациентов с расстройствами шизофренического спектра, А.К. Крылову — в консультациях и статистической обработке данных.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Александров И.О.* Формирование структуры индивидуального знания. М.: Изд-во “Институт психологии РАН”, 2006.
2. *Александров И.О., Максимова Н.Е.* Процесс дифференциации: содержание концепта и возможности операционализации в психологических исследованиях // Дифференционно-интеграционная теория развития. Кн. 2. М.: Языки славянской культуры, 2014. С. 87–138.
3. *Александров И.О., Максимова Н.Е.* Значение принципа взаимодействия/развития для исследования коммуникации // Образование и развитие личности в современном коммуникативном пространстве: Материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием / Под общ. ред. И.М. Кыштымовой. Иркутск: Аспринт, 2016. С. 8–16.
4. *Александров Ю.И.* Психофизиологическое значение активности центральных и периферических нейронов в поведении. М.: Наука, 1989.
5. *Анохин П.К.* Принципиальные вопросы общей теории функциональных систем // Очерки по физиологии функциональных систем. М.: Медицина, 1975. С. 17–62.
6. *Галкина Т.В.* Самооценка как процесс решения задач: системный подход. М.: Изд-во “Институт психологии РАН”, 2011.
7. *Горкин А.Г., Кузина Е.А., Ивлиева Н.П., Соловьева О.А., Александров Ю.И.* Паттерны активности нейронов ретроспленальной коры в инструментальном пищедобывательном поведении у крыс разного возраста // Журн. ВНД. 2017. Т. 67. № 3. С. 334–340.
8. *Кольцов Н.К.* Физико-химические основы морфологии. Речь на первом торжественном собрании III Всесоюзного съезда зоологов, анатомов, гистологов в Ленинграде 12 декабря 1927 года // Организация клетки. Сборник экспериментальных исследований, статей и речей 1903–1935 гг. М.-Л.: Биомедгиз, 1936. С. 461–490.
9. *Критская В.П., Мелешко Т.К.* Патопсихология шизофрении. М.: Изд-во “Институт психологии РАН”, 2015.
10. *Крылов А.К.* Фрактальный анализ активности нейронов и поведения модели // Известия высших учебных заведений. Прикладная нелинейная динамика. 2011. Т. 19. № 6. С. 109–116.
11. *Кузнецов С.П.* Гиперболические странные аттракторы систем, допускающие физическую реализацию // Изв. вузов “Проблемы нелинейной динамики”. Т. 17. № 4. 2009. С. 5–34.
12. *Леонтьев А.Н.* Проблемы развития психики. М.: Изд-во АПН РСФСР, 1959.
13. *Лоскутов А.Ю.* Очарование хаоса // Успехи физических наук. 2010. Т. 180. № 12. С. 1305–1329.
14. *Максимова Н.Е., Александров И.О.* Возможная траектория эволюционного развития психологии. Ч. II: Организация предметной области психологии // Психологический журнал. 2016. Т. 37. № 2. С. 5–18.
15. *Максимова Н.Е., Александров И.О., Заварнова Ю.А.* К обоснованию конструкта “оперирование абстракциями” // Шестая Международная конференция по когнитивной науке, Калининград, 23–27 июня 2014 г. Калининград, 2014. С. 115–117.
16. *Максимова Н.Е., Александров И.О., Заварнова Ю.А., Свиридов В.С., Турубар Д.С.* Дифференциация и организация психологических структур при взаимо-

- действии индивида с новыми предметными областями. Часть I. Свойства аутореплицирующихся структур и их операционализация // Психологический журнал. 2019. Т. 40. № 1. С. 15–27.
17. *Максимова Н.Е., Александров И.О., Свиридов В.С., Заварнова Ю.А.* Особенности организации психологических структур при действии нейролептиков // Восьмая Международная конференция по когнитивной науке, Светлогорск, 18–21 октября 2018 г. Светлогорск, 2018. С. 671–673.
 18. *Пономарев Я.А.* Знания, мышление и умственное развитие. М.: Просвещение, 1967.
 19. *Пономарев Я.А.* Психология творчества. М.: Наука, 1976.
 20. *Пономарев Я.А.* Перспективы психологии творчества // Психология творчества: школа Я.А. Пономарева / Под ред. Д.В. Ушакова. М.: Изд-во “Институт психологии РАН”, 2006. С. 145–276.
 21. *Сварник О.Е.* Активность мозга: Специализация нейрона и дифференциация опыта. М.: Изд-во “Институт психологии РАН”, 2016.
 22. *Холодная М.А.* Эффекты дифференциации и интеграции концептуальных структур в связи с проявлениями психометрической креативности // Дифференционно-интеграционная теория развития. Кн. 2. М.: Языки славянской культуры, 2014. С. 383–399.
 23. *Швырков В.Б.* Системно-эволюционный подход к изучению мозга, психики, сознания // Психологический журнал. 1988. Т. 9. № 1. С. 132–148.
 24. *Alexandrov Yu.I., Grechenko T.N., Gavrilov V.V., Gorokin A.G., Shevchenko D.G., Grinchenko Yu.V., Alexandrov I.O., Maksimova N.E., Bezdenzhnykh B.N., Bodunov M.V.* Formation and realization of individual experience // *Neurosci. and Behav. Physiol.* 1997. V. 27. № 4. P. 441–454.
 25. *Balu D.T., Lucki I.* Adult hippocampal neurogenesis: regulation, functional implications, and contribution to disease pathology // *Neurosci. Biobehav. Rev.* 2009. V. 33 (3). P. 232–252.
 26. *Bartlett F.C.* Remembering: A study in experimental and social psychology. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 1932.
 27. *Brewer W.F.* Bartlett’s concept of the schema and its impact on theories of knowledge representation in contemporary cognitive psychology / A. Saito (Ed.). Bartlett, culture and cognition. Cambridge, UK: Psychology Press, 2000. P. 69–89.
 28. *Godfrey-Smith P.* The replicator in retrospect // *Biology and Philosophy.* 2000. V. 15. P. 403–423.
 29. *Grebogi C., Ott E., Yorke J.A.* Chaos, Strange Attractors, and Fractal Basin Boundaries in Nonlinear Dynamics // *Science. New Series.* 1987. V. 238. № 4827. P. 632–638.
 30. *Hill S.K., Harris M.S., Herbener E.S., Pavuluri M., Sweeney J.A.* Neurocognitive allied phenotypes for schizophrenia and bipolar disorder // *Schizophrenia Bulletin.* 2008. V. 34. № 4. P. 743–759.
 31. *Luce R.D.* Response times: their role in inferring elementary mental organization (Oxford psychology series; № 8). N.Y.: Oxford University Press, 1986.
 32. *Maturana U., Varela F.* Autopoiesis and cognition // *Boston studies in the philosophy of science.* V. 42. Dordrecht, Boston: Reidel Publishing Company, 1980.
 33. *Schoenfeld T.J., Cameron H.A.* Adult neurogenesis and mental illness // *Neuropsychopharmacology.* 2015. V. 40 (1). P. 113–128.

DIFFERENTIATION AND ORGANIZATION OF PSYCHOLOGICAL STRUCTURES IN SUBJECT'S ACQUIRING COMPETENCE IN NEW SUBJECT FIELDS. PART II. EMPIRICAL EVIDENCES OF EXISTENCE OF SELF-REPLICATING STRUCTURES²

N. E. Maksimova^{1,*}, I. O. Aleksandrov^{1,**}, Yu. A. Zavarnova^{2,***},
V. S. Sviridov^{3,****}, D. S. Turubar^{4,*****}

¹ Institute of Psychology, Russian Academy of Sciences; 129366, Moscow, Yaroslavskaya st., 13, Russia.

² State Academic University of Humanities; 119049, Moscow, Maronovskiy lane, 26, Russia.

³ Moscow Research Institute of Psychiatry; 107076, Moscow, Poteshnaya St 3, Building 10, Russia.

⁴ Dmitry Rogachev National Research Center of Pediatric Hematology, Oncology and Immunology; 117198, Moscow, Samory Mashela st., 1, Russia.

* PhD (psychology), senior research scientist, Laboratory of Psychophysiology named after V.B. Shvyrkov.
E-mail: almax2000@inbox.ru

** Sc.D. (psychology), leading research scientist, Laboratory of Psychophysiology named after V.B. Shvyrkov.

*** Post-graduate student.

**** Clinical psychologist, Department of Outpatient Psychiatry and Organization of Psychiatric Care.

***** Leading specialist.

Received 16.04.2018

Abstract. The study is focused on the problem of existence of prototype form (replicator) for development of new psychological structures relevant to subject fields newly acquiring by individual. Participants of the study were 158 Ss: 118 — from population sample, 40 Ss were outpatients with schizophrenia spectrum disorders. Ss acquired competence in two subject fields: “Chess Knight Move” (problem solving of 48 tasks) and strategic game of two partners “Tic-Tac-Toe on the board of 15×15”. Ss fulfilled “Spatial Orientation Test” and “Mental Rotation Test”, they also were asked to fill questionnaires “Motivational Structure of Personality” and “Self-Regulation Style”. Affinity of organization of psychological structures related to different subject fields were found; evolutionary trajectories of psychological structures are mutually homeomorphic because they are originated initially by replication of common self-similar and fractal structure-ancestor developed previously, and then as a product of their self-replication. The characteristics of heterogeneous semantic network specific for patients were revealed. Main properties of non-planar constituents of the heterogeneous semantic networks describing psychological structures were found as well as a role of homeomorphism between non-planar constituents of psychological structures and organization of tests’ tasks in course of search of correct decisions. It was substantiated the hypothesis that stability and commonalities of different individual-psychological properties result from genetical affinity of psychological structures relevant to various subject fields.

Keywords: psychological structure, subject field, population sample, schizophrenia spectrum disorders, individual-psychological properties, heterogeneous semantic network, self-similarity, non-planar graphs, auto-replication, differentiation.

REFERENCES

1. Aleksandrov I.O. Formirovanie struktury individual'nogo znaniya. Moscow: Izd-vo “Institut psihologii RAN”, 2006. (In Russian)
2. Aleksandrov I.O., Maksimova N.E. Protsess differentsiatsii: soderzhanie kontsepta i vozmozhnosti operatsionalizatsii v psihologicheskikh issledovaniyakh / Differentsiatsionno-integratsionnaya teoriya razvitiya. Kn. 2. Moscow: YAzyki slavyanskoj kul'tury, 2014. P. 87–138. (In Russian)
3. Aleksandrov I.O., Maksimova N.E. Znachenie printsipa vzaimodejstviya/razvitiya dlya issledovaniya kommunikatsii // Obrazovanie i razvitie lichnosti v sovremennom kommunikativnom prostranstve: Materialy Vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem / Ed. I.M. Kyshtymova. Irkutsk: Asprint, 2016. P. 8–16. (In Russian)
4. Aleksandrov Yu.I. Psihofiziologicheskoe znachenie aktivnosti tsentral'nyh i perifericheskikh neyronov v povedenii. Moscow: Nauka, 1989. (In Russian)

² The study was supported by the Russian Science Foundation grant № 14-28-00229, Institute of Psychology, Russian Academy of Sciences.

5. *Anohin P.K.* Printsipial'nye voprosy obshchej teorii funktsional'nyh sistem // Ocherki po fiziologii funktsional'nyh sistem. Moscow: Meditsina, 1975. P. 17–62. (In Russian)
6. *Galkina T.V.* Samootsenka kak protsess resheniya zadach: sistemnyj podhod. Moscow: Izd-vo "Institut psihologii RAN", 2011. (In Russian)
7. *Gorkin A.G., Kuzina E.A., Ivlieva N.P., Solov'eva O.A., Aleksandrov Yu.I.* Patterny aktivnosti neyronov retrosplenial'noj kory v instrumental'nom pishchedobyyatel'nom povedenii u krysa raznogo vozrasta // Zhurn. VND. 2017. V. 67. № 3. P. 334–340. (In Russian)
8. *Kol'tsov N.K.* Fiziko-himicheskie osnovy morfologii. Rech' na pervom torzhestvennom sobranii III Vsesoyuznogo s"ezda zoologov, anatomov, gistologov v Leningrade 12 dekabrya 1927 goda // Organizatsiya kletki. Sbornik ehksperimental'nyh issledovanij, statej i rechej 1903–1935 gg. Moscow-Leningrad: Biomedgiz, 1936. P. 461–490. (In Russian)
9. *Kritskaya V.P., Meleshko T.K.* Patopsihologiya shizofrenii. Moscow: Izd-vo "Institut psihologii RAN", 2015. (In Russian)
10. *Krylov A.K.* Fraktal'nyj analiz aktivnosti neyronov i povedeniya modeli // Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Prikladnaya nelinejnaya dinamika. 2011. V. 19. № 6. P. 109–116. (In Russian)
11. *Kuznetsov S.P.* Giperbolicheskie strannye attraktory sistem, dopuskayushchie fizicheskuyu realizatsiyu // Izv. vuzov "Problemy nelinejnoy dinamiki". V. 17. № 4. 2009. P. 5–34. (In Russian)
12. *Leont'ev A.N.* Problemy razvitiya psihiki. Moscow: Izd-vo APN RSFSR, 1959. (In Russian)
13. *Loskutov A.Yu.* Ocharovanie haosa // Uspekhi fizicheskikh nauk. 2010. V. 180. № 12. P. 1305–1329. (In Russian)
14. *Maksimova N.E., Aleksandrov I.O.* Vozmozhnaya traektoriya ehvolyutsionnogo razvitiya psihologii. Ch. II: Organizatsiya predmetnoj oblasti psihologii // Psikhologicheskii zhurnal. 2016. V. 37. № 2. P. 5–18. (In Russian)
15. *Maksimova N.E., Aleksandrov I.O., Zavarnova Yu.A.* K obosnovaniyu konstrukta "operirovanie abstraktsiyami" // Shestaya Mezhdunarodnaya konferentsiya po kognitivnoj nauke, Kaliningrad, 23–27 iyunya 2014 g. Kaliningrad, 2014. P. 115–117. (In Russian)
16. *Maksimova N.E., Aleksandrov I.O., Zavarnova Yu.A., Sviridov V.S., Turubar D.S.* Differentsiatsiya i organizatsiya psihologicheskikh struktur pri vzaimodejstvii individa s novymi predmetnymi oblastjami. Ch. I. Svoystva avto-replitsiruiushchejsia struktur i ih operatsionalizatsiya // Psikhologicheskii zhurnal. 2019. V. 40. № 1. P. 15–27. (In Russian)
17. *Maksimova N.E., Aleksandrov I.O., Sviridov V.S., Zavarnova Yu.A.* Osobennosti organizatsii psihologicheskikh struktur pri dejstvii nejroleptikov // Vos'maya Mezhdunarodnaya konferentsiya po kognitivnoj nauke, Svetlogorsk, 18–21 oktyabrya 2018 g. Svetlogorsk, 2018. P. 671–673. (In Russian)
18. *Ponomarev Ya.A.* Znaniya, myshlenie i umstvennoe razvitiye. Moscow: Prosveshchenie, 1967. (In Russian)
19. *Ponomarev Ya.A.* Psihologiya tvorchestva. Moscow: Nauka, 1976. (In Russian)
20. *Ponomarev Ya.A.* Perspektivy psihologii tvorchestva // Psihologiya tvorchestva: shkola Ya.A. Ponomareva / Ed. D.V. Ushakov. Moscow: Izd-vo "Institut psihologii RAN", 2006. P. 145–276. (In Russian)
21. *Svarnik O.E.* Aktivnost' mozga: Spetsializatsiya nejrona i differentsiatsiya opyta. Moscow: Izd-vo "Institut psihologii RAN", 2016. (In Russian)
22. *Holodnaya M.A.* EHfekty differentsiatsii i integratsii kontseptual'nyh struktur v svyazi s proyavleniyami psihometricheskoy kreativnosti // Differentsionno-integratsionnaya teoriya razvitiya. Kn. 2. Moscow: Yazyki slavyanskoj kul'tury, 2014. P. 383–399. (In Russian)
23. *Shvyrkov V.B.* Sistemno-ehvolyutsionnyj podhod k izucheniyu mozga, psihiki, soznaniya // Psikhologicheskii zhurnal. 1988. V. 9. № 1. P. 132–148. (In Russian)
24. *Aleksandrov Yu.I., Grechenko T.N., Gavrilov V.V., Gorkin A.G., Shevchenko D.G., Grinchenko Yu.V., Aleksandrov I.O., Maksimova N.E., Bezdenezhnykh B.N., Bodunov M.V.* Formation and realization of individual experience // Neurosci. and Behav. Physiol. 1997. V. 27. № 4. P. 441–454.
25. *Balu D.T., Lucki I.* Adult hippocampal neurogenesis: regulation, functional implications, and contribution to disease pathology // Neurosci. Biobehav. Rev. 2009. V. 33 (3). P. 232–252.
26. *Bartlett F.C.* Remembering: A study in experimental and social psychology, Cambridge, UK: Cambridge University Press, 1932.
27. *Brewer W.F.* Bartlett's concept of the schema and its impact on theories of knowledge representation in contemporary cognitive psychology / A. Saito (Ed.). Bartlett, culture and cognition. Cambridge, UK: Psychology Press, 2000. P. 69–89.
28. *Godfrey-Smith P.* The replicator in retrospect // Biology and Philosophy. 2000. V. 15. P. 403–423.
29. *Grebogi C., Ott E., Yorke J.A.* Chaos, Strange Attractors, and Fractal Basin Boundaries in Nonlinear Dynamics // Science. New Series. 1987. V. 238. № 4827. P. 632–638.
30. *Hill S.K., Harris M.S., Herbener E.S., Pavuluri M., Sweeney J.A.* Neurocognitive allied phenotypes for schizophrenia and bipolar disorder // Schizophrenia Bulletin. 2008. V. 34. № 4. P. 743–759.
31. *Luce R.D.* Response times: Their role in inferring elementary mental organization (Oxford psychology series; № 8). N.Y.: Oxford University Press, 1986.
32. *Maturana U., Varela F.* Autopoiesis and cognition // Boston studies in the philosophy of science. V. 42. Dordrecht, Boston: Reidel Publishing Company. 1980.
33. *Schoenfeld T.J., Cameron H.A.* Adult neurogenesis and mental illness // Neuropsychopharmacology. 2015. V. 40 (1). P. 113–128.