

ДЕШИФРОВОЧНЫЙ ПОДХОД К АНАЛИЗУ ДРЕВНЕРУССКИХ ПЕСНОПЕНИЙ\*

И.В.Бахмутова, В.Д.Гусев, Т.Н.Титкова, Б.А.Шиндин

В в е д е н и е

Древнерусские церковные музыкальные тексты (XII–XVII веков) представлены последовательностями знамен – графем, служащих для передачи музыкальных звуков. Одному знамени может соответствовать от одного до нескольких звуков. Правила знаменного пения, начиная с момента его зарождения (XII век), передавались из поколения в поколение в *устной* форме. Лишь в XV–XVI веках появились краткие музыкальные руководства – азбуки, которые содержали начертания и наименования отдельных знамен, а также указания на способ их исполнения, носящие весьма *приблизительный* характер. Многие, казавшиеся очевидными для того времени вещи, не оговаривались. Часто фигурировали пояснения типа: такое-то знамя исполнять "по обычаю". Именно этот "обычай" и не может быть восстановлен [1].

Перевод песнопений из знаменной записи в нотную (процесс дешифровки) начал осуществляться примерно в XVII веке. Тогда же появились и первые двознаменники – тексты, представленные в знаменной и нотной записи одновременно. Процесс дешифровки далеко не закончен и не формализован: имеются лишь отдельные ука-

\*) Работа выполнена в рамках проекта № 94-06-19788-а, поддержанного Российским фондом фундаментальных исследований.

зания по поводу интерпретации отдельных знамен и их комбинаций в той или иной стандартной ситуации. Певческие книги XVI века и более раннего периода практически нечитаемы.

Трудности дешифровки связаны с тем, что толкование отдельных знамен зависит от их места в *попевке* – элементарной интонационной единице древнерусской музыки. В свою очередь, употребление попевок в песнопениях подчинено определенному порядку – системе *осмогласия*, которая не изучена с достаточной полнотой. Ввиду отсутствия руководств по осмогласию, о нем приходится судить лишь по косвенным данным. Исследователи древнерусской музыки пытаются на основании отдельных проявлений осмогласия воссоздать саму систему, что вызывает большие затруднения [1].

Чисто формально осмогласие проявляет себя в том, что наиболее распространенные певческие книги (Ирмологий, Октоих) состоят из 8 самостоятельных частей, подчиненных порядку следования гласов с 1-го по 8-й. Состав знамен и попевок в разных частях (гласах) различается весьма сильно, равно как и их мелодическое содержание. Одинаковым попевкам, употребленным в разных гласах, не всегда соответствуют тождественные музыкальные обороты.

Считается что в основе *дешифровки* лежит изучение *системы попевок* с учетом их гласовой принадлежности. Дошедшие до нас из рукописных источников сборники попевок – кокизники – составлялись древнерусскими распевщиками на основе личного опыта и вкуса, поэтому вопрос о полноте, корректности и вариативности представленного в кокизниках материала в значительной степени остается открытым. Определенную систематизацию материала, представленного в различных кокизниках, провела А.Н. Кручинина [2], разделив все попевки по типам *кадансов* (завершений) на 24 группы, каждая из которых имеет свою первооснову

(или "архетип")\*). Однако развиваемая в [2] и ряде других работ теория попевок нуждается в практической проверке. Последнее же, по утверждению крупнейшего специалиста в области древнерусской теории музыки М.Бражникова [1], "может быть достигнуто только в результате глубокого и трудного анализа всех знаменных песнопений", т.е. в результате исследования самих исходных текстов, послуживших основой для выделения попевок.

*Целью* данной работы является исследование возможности выделения формальными методами элементарных структурных единиц древнерусской музыки - попевок - непосредственно по текстам певческих рукописей (в знаменной нотации).

1. Исходный материал, алфавит, кодировка. Материалом для анализа послужила одна из наиболее распространенных богослужебных певческих книг "Октоих" в полном варианте (8 гласов, суммарное число знамен - порядка 60 тысяч). Рукопись рассматриваемого варианта "Октоиха" принадлежит собранию Кирилло-Белозерского монастыря, датируется XVII веком и хранится в ГПБ им.Салтыкова-Щедрина, г.Санкт-Петербург (шифр 632/889). Знаменная форма записи сопровождается киноварными пометами, несущими частичную (неполную) информацию о звуковысотных и ритмических характеристиках знамен. В данной работе пометы не учитывались.

Гласы с 1-го по 4-й считаются основными, с 5-го по 8-й - подчиненными им (параллельными). Формально это должно проявляться в сходстве характеристик таких пар гласов, как 1,5; 2,6 и т.д. В данной работе за основу рассмотрения взят глас 4, который, как утверждается в [6], "собирает, концентрирует" интонации, свойственные первой четверке гласов.

*Алфавит* знаменных песнопений насчитывает свыше 200 элементов и, в принципе, является открытым (не исключается воз -

\*) Авторы благодарны А.Н.Кручининой за предоставленные материалы по систематизации представленных в кокизниках попевок.

возможность появления неизвестных знамен в слабо исследованных рукописях). Нами за основу взят вариант алфавита, опубликованный в [4]. Весь алфавит разбит на семейства (семейство крюков ( $\angle$ ), стрел ( $\equiv \rightarrow$ ), статей ( $\equiv$ ) и т.д.) и подсемейства (стрела простая ( $\equiv \rightarrow$ ), стрела громная ( $\equiv \rightarrow$ ), стрела крыжевая ( $\equiv \rightarrow$ ) и т.д.). Элементы семейств и подсемейств образуются добавлением к основному знаку вспомогательных (. - точка,  $\cup$  - подчасие,  $\downarrow$  - сорочья нога и т.д.). Различные комбинации основного знака и вспомогательных создают все многообразие элементов алфавита ( $\equiv \rightarrow$  - стрела мрачная,  $\equiv \rightarrow$  - стрела светлая,  $\equiv \cup$  - статья с подверткой,  $\equiv \rightarrow$  - стрела мрачно - крыжевая и т.д.). Некоторые (сложные) знамена представляют из себя комбинации элементарных (одноэлементных) знамен ( $\equiv \cup$  - хамила,  $\equiv \rightarrow$  - дербица).

При кодировании музыкальных текстов нами был введен еще один символ (/ - косая черта), который осуществляет связь музыкального текста с сопутствующим стихотворным. Он прерывает цепочки знамен в тех местах музыкального текста, которым в стихотворном тексте сопутствует запятая либо точка. Этот элемент, сигнализирующий о естественной паузе в стихотворном тексте, оказался очень информативным в плане выявления кадансовых конструкций в музыкальном тексте.

Используемая нами система кодировки учитывает разбиение алфавита на семейства и подсемейства, возможность появления неизвестных знамен, наличие звуковысотных и ритмических помет, фитных и лицевых тайнозамкнутых начертаний (по поводу фит и лиц см. [1]). Фиты при кодировании заменялись разводами (там, где они были приведены), в противном случае ставился код, соответствующий данной фите. Некоторое затруднение доставляло вычленение лиц и фит из слитного текста, что естественно ввиду отсутствия их формального определения.

Знамена  $\hat{=}$  и  $\hat{>}$  в тексте рукописи оказались слабо различимыми, что могло сказаться на статистике частот встречаемости и трактовке цепочек, содержащих эти знаки. Знамя "палка"  $\{\}$  иногда сопровождалось "подверткой"  $\{ \}$ , цвет которой мог быть как черным, так и красным. В последнем случае ее следовало бы трактовать как звуковысотную помету и не учитывать, если бы наряду с этой "пометой" у данного знамени не проставлялась другая. Исходя из этих соображений, подвертку все же интерпретировали как элемент знамени и присваивали "палке" и "палке с красной подверткой" разные коды.

2. Дешифровочный подход. В любой дешифровке можно выделить два этапа: первичный, основанный на выявлении закономерностей текста, и вторичный, требующий привлечения информации извне (например, в виде билингв, или в нашем случае - двознаменников). Для получения первичных результатов нет необходимости искать опору вне текста.

Исходные тексты будем представлять на языке *повторов* [5]. Повтором длины 1 назовем пару идентичных фрагментов текста, состоящих из 1 элемента и расположенных произвольным образом относительно друг друга. Все множество повторов в тексте можно разделить на подмножества, содержащие повторы фиксированной длины, а внутри каждого такого подмножества упорядочить повторяющиеся фрагменты по частоте либо лексикографически (полезны бывают оба упорядочения).

Назовем частотной характеристикой 1-го порядка текста  $T$  совокупность элементов  $\Phi_1(T) = \{\varphi_{11}, \varphi_{12}, \dots, \varphi_{1M_1}\}$ , где элемент  $\varphi_{1i}$ ,  $1 \leq i \leq M_1$ , есть пара: фрагмент  $x_i$  длины 1, занимающий  $i$ -е место в упорядочении, и частота его встречаемости в тексте -  $F_1(x_i)$ , а  $M_1$  - число различных фрагментов длины 1 в тексте  $T$ .

Совокупность частотных характеристик  $\Phi(T) = \{\Phi_1(T), \Phi_2(T), \dots, \Phi_{l_{\max}}(T)\}$ , где  $l_{\max}$  - длина максимального повтора в тексте  $T$ , образует частотный спектр текста. Характеристики, порядок которых выше, чем  $l_{\max}$ , уже малоинформативны: они состоят из фрагментов с единичной частотой.

Повторы можно рассматривать на уровне отдельного песнопения, гласа и всего "Октоиха". В данной работе нас интересует уровень отдельного песнопения и гласа. Применительно к гласу это означает, что вычисляется частотный спектр текста  $\bar{T} = T_1 \_ T_2 \_ T_3 \_ \dots \_ T_m$ , где  $T_i$ ,  $1 \leq i \leq m$ , - текст  $i$ -го песнопения в гласе,  $m$  - число песнопений в гласе, " \_ " - разделитель между отдельными песнопениями,  $\bar{T}$  - конкатенация (объединение) всех текстов в один. Повторы, содержащие разделитель, из рассмотрения исключаются.

Заметим, что некоторые попевки могут быть выявлены уже на уровне отдельного песнопения. На этом же уровне очень удобно анализировать варьирования (легче проследить, какая единица варьируется). Однако в общем случае для выявления попевок уровня одной мелодии явно недостаточно: многие попевки встречаются в одной мелодии лишь однократно. Попевка, как устойчиво повторяющаяся единица, в полном объеме проявляет себя лишь на уровне гласа.

Основная идея дешифровочного подхода сводится к выявлению в тексте таких цепочек символов, которые в некотором смысле можно считать неделимыми, подобно тому как неделима комбинация  $qu$  в английском языке. Естественно, что найти "неделимые" комбинации в достаточно длинном тексте маловероятно. Поэтому критерий "неделимости" следует сформулировать в менее жесткой форме.

Назовем  $p = a_1 a_2 \dots a_n$  неделимой цепочкой текста  $T$ , если:  
 а) частота вхождения в текст всех ее подцепочек вида  $a_1, a_1 a_2, \dots, a_1 a_2 \dots a_{n-1}$  совпадает с  $F(p)$  - частотой вхождения  $p$ ;

б)  $F(p) > 1$  (иначе все возможные расширения будут неделимы - ми); в) частота любой цепочки вида  $ra_{n+1}$ , где  $a_{n+1}$  - произвольный элемент алфавита  $A$ , меньше  $F(p)$  (условие, определяющее длину неделимой цепочки).

Смягчение критерия "неделимости" состоит:

1) в замене точных равенств  $F(a_1) = F(a_1 a_2) = \dots = F(p)$  приближенными. Имея в виду, что частота любой подцепочки данной цепочки всегда не меньше частоты самой цепочки, и объединяя знаки приближенного равенства  $\approx$  и неравенства  $>$  в один  $\geq$ , который имеет смысл "не намного больше", условие 1 можно записать в виде:  $F(a_1) \geq F(a_1 a_2) \geq \dots \geq F(p)$ ;  $F(p) > 1$ . На содержательном уровне это условие означает существование диапазона значений  $l$ , в котором наблюдается стабилизация частот;

2) во введении порогового значения  $1 \leq i \leq n$  на длину цепочки, начиная с которой будут выполняться выписанные выше неравенства. Это объясняется тем, что в больших текстах удлинение коротких цепочек ( $l = 1, 2$ ) обычно сопровождается резким уменьшением частоты, а эффект стабилизации частот наблюдается лишь при расширении относительно длинных цепочек, причем в той фазе, когда они близки к формированию семантически самостоятельных единиц;

3) в замене условия  $F(ra_{n+1}) < F(p)$  более жестким:  $F(ra_{n+1}) \ll F(p)$  для любого  $a_{n+1} \in A$ . Это условие определяет границу (длину) "неделимой" (в новом смысле) цепочки. Старое условие перестает работать при замене равенств неравенствами со знаком  $\geq$ . На содержательном уровне это условие можно охарактеризовать как "рассыпание частот". Действительно, из  $F(p) = \sum_{a_{n+1} \in A} F(ra_{n+1})$  (это справедливо всегда за исключением случаев, когда  $p$  - терминальная цепочка текста) и  $F(ra_{n+1}) \ll F(p)$  следует, что все возможные расширения цепочки  $p$  становятся низкочастотными, т.е. прерывается прослеживаемая при каждом шаге расширения доминантная высокочастотная линия, фиксируемая

условием 1. Это соответствует моменту окончания формирования семантической единицы.

Итак, в соответствии с условиями 1-3, цепочку  $p = a_1 a_2 \dots \dots a_n$  из  $\Phi(T)$  будем считать потенциальной семантической единицей, если существует  $1 \leq i \leq n$  такое, что  $F(a_1 a_2 \dots a_i) \geq F(a_1 a_2 \dots a_i a_{i+1}) \geq \dots \geq F(p)$ ,  $F(p) > 1$  и  $F(p a_{n+1}) \ll F(p)$  для любого  $a_{n+1} \in A$ . В приведенной формулировке мы проследили формирование цепочки, расширяя ее вправо. Аналогичные рассуждения справедливы и при левостороннем расширении. Цепочку  $p = a_1 a_2 \dots a_n$  из  $\Phi(T)$  будем считать потенциальной семантической единицей, если существует  $1 \leq j \leq n$  такое, что  $F(a_j a_{j+1} \dots a_n) \geq F(a_{j-1} a_j \dots a_n) \geq \dots \geq F(p)$ ,  $F(p) > 1$  и  $F(a_0 p) \ll F(p)$  для любого  $a_0 \in A$ .

Конкретизация неравенств, фигурирующих в определении смягченного критерия неделимости (таких как  $\geq$  и  $\ll$ ), зависит от длины анализируемого текста и размера алфавита. Для коротких текстов критерий должен задаваться в более жесткой форме ( $\geq$  часто будет сводиться к равенству - см. следующий раздел). Для длинных текстов знак  $\geq$  должен, как минимум, означать, что  $F(a_1 a_2 \dots a_k) / F(a_1 a_2 \dots a_{k-1}) > 1/2$  для любых  $i < k \leq n$ . Аналогично, для малых алфавитов знак  $\ll$  должен означать, что  $F(p a_{n+1}) / F(p) \approx 1/|A|$ , где  $|A|$  - число элементов алфавита, а для больших алфавитов -  $1/k > F(p a_{n+1}) / F(p) > 1/|A|$ , где  $k > 2$ . Очень часто, но не всегда, о рассыпании частот после  $k$ -го символа цепочки сигнализирует выполнение условия  $\Delta F_k > \Delta F_{k-1}$ , где  $\Delta F_k = F(a_1 a_2 \dots a_k) - F(a_1 a_2 \dots a_{k+1})$ ,  $\Delta F_{k-1} = F(a_1 a_2 \dots a_{k-1}) - F(a_1 a_2 \dots a_k)$ .

3. Выявление аналогов семантических единиц на уровне отдельного песнопения. Проиллюстрируем сформулированный выше принцип отбора на реальном материале - песнопении из 4-го гласа ("В четверг утром". На стиховне Богородичен). Приведем полный текст песнопения в знаменной нотации:





При трактовке цепочки  $p_1$  нужно обратить внимание на ее положение в тексте и на знамена, следующие за ней (рис.16). Второе вхождение  $p_1$  в текст, за которым следует "крыж" ( $\uparrow$ ), завершает мелодию. Первое вхождение расположено в середине и здесь после  $p_1$  следует статья ( $=$ ). Заметим, что многие из 24 трехэлементных архетипов, выделенных Кручининой [2] в качестве прообразов попевок, заканчиваются статьей (в срединном варианте) или крыжом (в конечном). Сопоставляя концевые подцепочки из  $p_1$  ( $=\rightarrow =$  и  $=\rightarrow = \uparrow$ ) со списком архетипов из [2], видим, что они ближе всего к архетипу "грунка" ( $=\rightarrow =$  или  $=\rightarrow = \uparrow$ ). Таким образом, цепочки  $p_1$  и  $p_1$  являются, по-видимому, попевками, производными от "грунки".

Заметим, что формально знамена " $=$ " и " $\uparrow$ " попадают уже в зону "рассыпания" частот и вроде бы уже не должны входить в семантическую единицу. Однако это тот случай, когда доминантная линия не рассыпается на множество низкочастотных продолжений, а делится на две субдоминанты, соответствующие конечным и срединным попевкам. Увидеть это на уровне одной мелодии невозможно ввиду малости числа попевок, но на уровне гласа эта закономерность прослеживается отчетливо.

Повторы длины 4 представлены в тексте цепочками  $p_2 = \underline{\underline{\underline{\underline{\quad}}}} = /$  ( $F(p_2) = 2$ , начальные позиции в тексте 5 и 15) и  $p_3 = \downarrow \downarrow \uparrow \underline{\underline{\underline{\underline{\quad}}}}$  ( $F(p_3) = 2$ , позиции 12 и 20). Цепочка  $p_2$  удовлетворяет критерию "неделимости" как при левостороннем расширении (см. рис.2а), так и при правостороннем (рис.2б).

Заметим, что цепочка  $p_2$  заканчивается косой чертой, которая не является знаменем, а характеризует паузу в стихотворном тексте (см. п.1). Косой черте предшествует "статья" ( $=$ ), которая обычно является основным элементом кадансовых структур в песнопениях. Таким образом в данном случае наблюдаем прямую корреляцию в расположении стихотворной и музыкальной пауз. На-

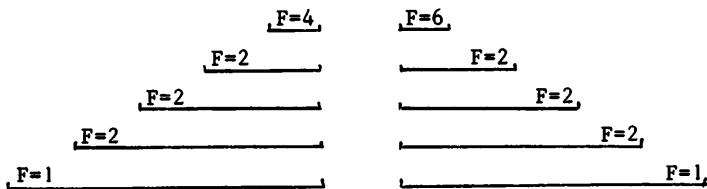
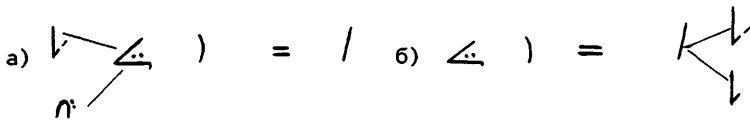


Рис. 2

личие статьи перед косой чертой вновь сигнализирует о том, что мы, повидимому, имеем дело со срединной попевкой. Сопоставляя цепочку  $\{ \underline{\underline{<}} \} = \{ \}$  со списком архетипов, видим, что она вероятнее всего является модификацией архетипа "кокиза"  $\{ \cap \} = \{ \}$ .

Другой повтор длины 4 - цепочка  $p_3 = \downarrow \downarrow \cap : \underline{\underline{<}}$  удовлетворяет критерию "неделимости" при левостороннем расширении (см. рис. 3а), но не удовлетворяет при правостороннем (рис. 3б) - отсутствует участок стабилизации частот.

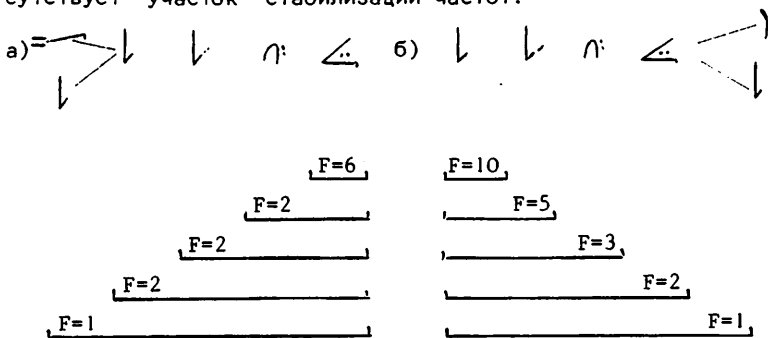


Рис. 3

При трактовке цепочки  $p_3$  обратим внимание на ее расположение в тексте песнопения. Вхождение  $p_3$  в текст в позиции 12 предваряет цепочку  $p_2$  (см. квадратные скобки над текстом на

стр.115). Можно предположить, что цепочка  $p_3$  является "подводом" к модифицированному архетипу "кокиза", соотносимому с цепочкой  $p_2$ . "Подводом", по терминологии Кручининой, является часть попевки, предваряющая архетип.

Однако, если  $p_3$  является "подводом", то можно ли второе вхождение этой цепочки в текст (позиция 20) трактовать в таком же качестве? Замечаем, что в позиции 30 текста стоит косая черта, которой предшествует "статья мрачная"  $= -$ . Можно предположить, что здесь вновь имеет место совмещение музыкальной и стихотворной пауз, и, следовательно, предшествующая косой чертой трехэлементная цепочка  $= \frac{+}{-} ) = -$  является производной от какого-либо архетипа. Формально она не выделяется на уровне песнопения, потому что встречается в нем всего лишь один раз, но она может встретиться в других песнопениях и выделиться на уровне гласа. Если принять гипотезу, что эта цепочка - производная от архетипа, то подводом к ней является цепочка  $p_4 = \downarrow \downarrow \downarrow$  (она же предваряет и цепочку  $p_2$  в ее первом вхождении). Тогда  $p_3$  (в позиции 20) выступает как подвод к подводу  $p_4$ , образуя вместе с ним составной подвод.

Еще одним доводом в обоснование того, что  $p_3$  является подводом, может служить тот факт, что он встречается в слегка модифицированной форме ( $p_3' = \downarrow \downarrow \downarrow \wedge \leq$ ) в позиции 43 текста, где предваряет оканчивающуюся "статьей светлой" ( $= =$ ) пятиэлементную цепочку, повидимому, являющуюся производной от архетипа "подъем" ( $\wedge \downarrow' = =$ ). Эта цепочка невыделяема ввиду однократной встречаемости в песнопении.

Возможность выделения подводов в качестве самостоятельных семантических единиц не должна вызывать удивление, поскольку в разных работах (в частности, в [6]) отмечается возможность комбинирования одних и тех же подводов с разными архетипами. Тем самым подвод приобретает как бы самостоятельное значение.

Продолжая дальнейший анализ частотного спектра в направлении от длинных повторов к более коротким, видим, что единственной повторяющейся цепочкой длины 3, не входящей в качестве подслова в  $p_1, p_2$  и  $p_3$ , является уже упомянутая выше  $p_4 = \downarrow \downarrow \downarrow$  ( $F=3$ ). Нетрудно показать, что она "неделима" при правостороннем расширении, и, как мы уже обсуждали выше, повидимому, является подводом. Цепочка  $p_3$  составлена из элементов семейства "стоиц" ( $\downarrow$ ). В [7] упоминается о том, что цепочки стоиц характеризуют речитативные участки текста и часто предваряют лица и фиты - "своеобразные мелодические сгустки в напеве, украшающие и обогащающие его" и, безусловно, имеющие статус самостоятельных семантических единиц. Соответствующие подводы из стоиц названы в [7] "разбегом стоиц".

Повторов длины 2, не вошедших в уже рассмотренные цепочки и удовлетворяющих условию "неделимости" (для  $1 = 2$  оно имеет вид:  $F(ab) = F(a)$  либо  $F(ab) = F(b)$ ), практически не остается (за исключением  $\equiv \downarrow$ ). Эта комбинация слишком коротка, чтобы иметь самостоятельное значение. Тем не менее, учитывая ее расположение (начало текста - 1-я позиция), можно рассмотреть ее как некий эквивалент "параклита" ( $\angle$ ) - знамени, которое в большинстве песнопений стоит на первом месте, а, встречаясь внутри песнопения, обычно также "открывает" структурную единицу более низкого (по сравнению с песнопением) уровня (например, строку).

Подводя итог рассмотренному примеру, отметим, что большая часть наиболее длинных повторов песнопения удовлетворяет критерию "неделимости" и имеет содержательную трактовку. Еще больший эффект мог бы быть достигнут с помощью разумного агрегирования алфавита (объединения близких по семантике символов, например, "крюка мрачного" ( $\angle$ ) и "крюка светлого" ( $\angle$ ), что сделало бы неотличимыми цепочки  $p_3$  и  $p_3'$  или статьи ( $\equiv$ ) и

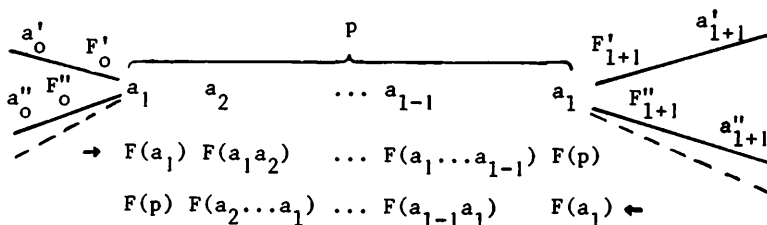
крыжа ( † ), в ситуациях, когда им предшествует один и тот же повтор и т.п.). Однако (и на это уже обращалось внимание) уровня отдельных песнопений все же недостаточно для выявления всех семантических единиц ввиду того, что многие из них могут входить в песнопение лишь однократно. В следующем разделе будет исследована возможность выявления аналогов семантических единиц уже на уровне гласа.

4. Выявление аналогов семантических единиц на уровне гласа. В случае отдельного песнопения мы начинали анализ с повторов максимальной длины, переходя потом к повторам меньшей длины до полного их исчерпания. В случае гласа повторы максимальной длины уже представляют из себя комбинации попевок, поэтому для выявления отдельных попевок целесообразно анализировать повторы в диапазоне длин  $3 \leq l \leq 7$ . Нижняя граница - длина архетипа, верхняя - оценка возможной длины попевки по кокизникам [2].

Длина повтора, выбранного для анализа, лишь случайно может совпасть с длиной попевки. Для определения правой границы потенциальной попевки будем использовать процедуру правостороннего расширения анализируемого повтора, начиная с  $l = 1$ , пытаясь отыскать в нем зону стабилизации частот и точку "рассыпания частот" (см. п.2). Для определения левой границы используем аналогичным образом процедуру левостороннего расширения. Потенциальной попевкой будем считать фрагмент, заключенный между левой и правой точками "рассыпания частот". Таким образом, вычлняемый фрагмент должен удовлетворять одновременно левостороннему и правостороннему критериям неделимости (в смягченной форме). Если эти условия не выполняются, анализируемый повтор считаем неинформативным.

Пусть  $p = a_1 a_2 \dots a_l$  - анализируемая цепочка символов,  $F(p)$  - частота ее встречаемости в гласе. Будем предполагать, что цепочка  $p$  формируется слева направо (или справа налево) пу-

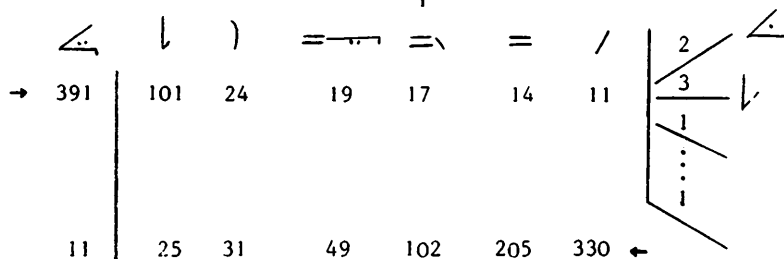
тем добавления очередного символа. Характер изменения частот встречаемости в гласе соответствующих префиксных (или суффиксных) подцепочек цепочки  $p$  будем отражать в виде следующей схемы:



Вторая строка соответствует правостороннему расширению (убывающий ряд чисел), третья строка - левостороннему (нарастающий ряд чисел);  $a_{l+1}', a_{l+1}'' \dots$  - возможные продолжения цепочки  $p$  при расширении вправо,  $F_{l+1}' = F(p a_{l+1}')$ ,  $F_{l+1}'' = F(p a_{l+1}'')$ ;  $\dots$  - частоты вхождения в глас расширенной (вправо) цепочки;  $a_0', a_0'', \dots$  - возможные продолжения цепочки  $p$  при расширении ее влево,  $F_0' = F(a_0' p)$ ,  $F_0'' = F(a_0'' p)$ ,  $\dots$  - частоты вхождения в глас расширенной влево цепочки. Здесь  $p a_{l+1}' = a_1 a_2 \dots a_{l-1} a_{l+1}'$ ,  $a_0' p = a_0' a_1 a_2 \dots a_l$  и т.д.

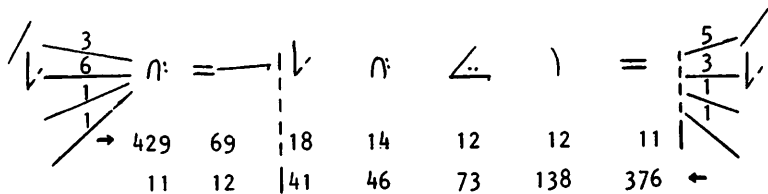
Проиллюстрируем работу критерия вычленения потенциальных попевок на ряде примеров из 4-го гласа.

ПРИМЕР 1. Самыми частыми цепочками длины 7 в гласе 4 являются  $p_1 = \langle \cdot \downarrow \rangle = \text{---} = \backslash = /$  и  $p_2 = \uparrow : \text{---} \downarrow \uparrow \langle \cdot \rangle =$ . Каждая из них встречается 11 раз. Рассмотрим схему изменения частот при формировании цепочки  $p_1$ .



При правостороннем расширении зона стабилизации частот начинается при  $i = 3$ . Ей соответствует цепочка частот 24, 19, 17, 14, 11, в которой отношение каждой последующей частоты к предыдущей больше  $1/2$ , что свидетельствует о наличии доминантной линии. "Рассыпание" частот происходит при переходе от  $l = 7$  к  $l = 8$  (отмечено вертикальной чертой). При этом прерывается доминантная линия (даже для самого высокочастотного продолжения ( $\downarrow$ ) отношение  $F(p\downarrow)/F(p) = 3/11 < 1/2$ ) и выполняется условие  $\Delta F_7 = 11 - 3 > \Delta F_6 = 14 - 11$ . При левостороннем расширении также наблюдается зона стабилизации частот (ей соответствует цепочка 49, 31, 25), которая обрывается при переходе от  $\downarrow$  к  $\swarrow$  (см. вертикальную черту в 3-й строке). По результатам обоих расширений выделяется устойчивый фрагмент, расположенный между двумя вертикальными чертами:  $\downarrow \cap \swarrow = \downarrow \cap \swarrow =$  (косая черта не включена, поскольку не является знаменем). Эта цепочка встречается 30 раз в главе 4 и является, судя по таблице архетипов из [2], попевкой - производной от архетипа "грунка" ( $\downarrow \cap \swarrow = \downarrow \cap \swarrow =$  - срединный вариант).

ПРИМЕР 2. Рассмотрим схему изменения частот при формировании второй из упомянутых в примере 1 цепочек.

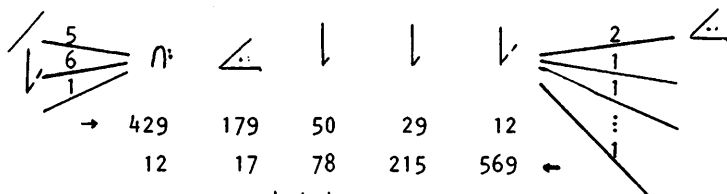


Действуя аналогично предыдущему и используя те же самые критерии (а именно: основной  $F(a_1 a_2 \dots a_k) / F(a_1 a_2 \dots a_{k-1}) > 1/2$  для зоны стабилизации частот и  $< 1/2$  при переходе в зону "рассыпания частот", и вспомогательный  $\Delta F_k > \Delta F_{k-1}$  на границе двух зон), выделяем устойчивую цепочку  $\downarrow \cap \swarrow =$ , которая встречается 41 раз в главе 4 и, повидимому, является по-



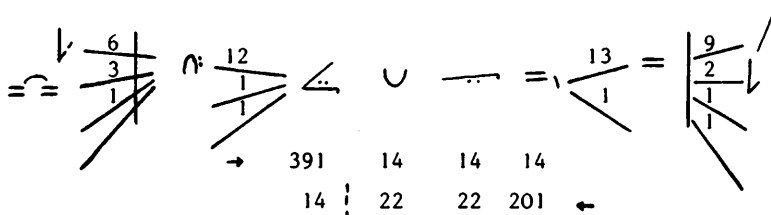
пепкой - производной от архетипа "кокиза" ( $\wedge \setminus =$ ). Интересно отметить, что при левостороннем расширении после перехода через вертикальную черту (левую границу пепки) вновь наблюдается зона стабилизации частот, которой соответствует цепочка  $\wedge: \equiv \text{---}$ , которую можно трактовать как "подвод" к "подводу"  $\setminus \wedge:$ , входящему в состав пепки. Аналогичный случай обсуждался в п.3.

ПРИМЕР 3 иллюстрирует случай *неинформативного* повтора.



Цепочка  $p = \wedge: \wedge: \setminus \setminus \setminus \setminus$  встретилась 12 раз в гласе 4 и занимает 20 место в частотном упорядочении из  $\Phi_5(T)$ . Из схемы изменения частот видно, что при правостороннем расширении отсутствует участок стабилизации частот, а при левостороннем - он выражен в слабой форме. Анализ возможных продолжений цепочки влево, показывает, что примерно в половине случаев ей предшествует косая черта, т.е. цепочка является, по видимому, начальным фрагментом структурных единиц более низкого (по сравнению с песнопением) уровня (например, строки).

ПРИМЕР 4 иллюстрирует случай, когда исходная цепочка  $p = \wedge: \cup \text{---} =$  имеет малую длину ( $l = 4$ ,  $F(p) = 14$ ).



Из схемы видно, что зона стабилизации частот распространяется за границы цепочки. Это означает, что длина потенциальной попевки больше длины исходной цепочки. Попевка имеет вид  $\lambda: \leq \vdots \cup \text{---} = \setminus =$ , где пунктирная линия выделяет еще одну возможную границу (по первому критерию она не должна быть проставлена, а по второму - должна). Цепочка  $\cup \text{---} = \setminus =$  встречается 21 раз в гласе 4 и в [3] идентифицируется как попевка "мережа" (производная от архетипа "колесо" :  $\setminus \setminus = \setminus =$ ), однако в [3] 4-й глас не указан в числе тех, в которых фигурирует данная попевка.

Рассмотренные примеры показывают, что

1) наиболее активно используемые в гласе попевки проявляют себя в виде высокочастотных повторов, занимающих первые места в ранжированных по частоте характеристиках  $\Phi_1(T)$ , причем с ростом 1 количество "информативных" цепочек в начальных частях упорядочений увеличивается; 2) совмещение процедур левостороннего и правостороннего расширения позволяет определять левую и правую границу попевки; 3) выбор параметра 1 является не слишком критичным: если длина анализируемой цепочки превышает длину попевки, границы будут проставлены внутри цепочки (см. примеры 1,2), если наоборот, то цепочка будет расширена и границы будут поставлены вне ее (см. пример 4); 4) неинформативные цепочки не обнаруживают зон стабилизации частоты; 5) предложенный критерий выделения попевок лучше работает на высокочастотных цепочках; при коротких низкочастотных цепочках иногда не успевает сформироваться зона стабилизации частот. Для вычленения таких цепочек следует более тщательно подбирать пороги и использовать некоторые вспомогательные критерии (например, близость к уже выделенным единицам, наличие косой черты справа или с обеих сторон и т.п.).

В приведенной ниже таблице содержится список выделенных с помощью предложенного критерия потенциально возможных попевок

Т а б л и ц а

Наиболее высокочастотные потенциально возможные попевки гласа 4

№	Попевка	F <sub>гл.</sub>	Наиболее вероятный архетип	Комментарий
1	2	3	4	5
1	$\downarrow \text{ n: } \underline{\quad} \text{ )} =$	41	кокиза: $\wedge \text{ )} =$	Наиболее характерные подводы: $\alpha_1 = \text{ n: } = \text{---}$ и $\alpha_2 = \text{---} \downarrow$
2	$\downarrow \underline{\quad} \text{ )} =$	15	- " -	( $F(\alpha_1 p_1) = 11$ , $F(\alpha_2 p_2) = 10$ ).
3	$\wedge \text{ )} =$	5	кокиза:	Комбинация $\wedge \text{ )}$ встречается в гласе 4 всего 6 раз, хотя является началом четырех архетипов (!)  В [2] среди производных от кокизы не указана.
4	$\downarrow = \text{---} \downarrow \text{ n: } \text{ )} =$	5	$\wedge \text{ )} =$	
5	$\downarrow \text{---} \text{ n: } \text{ )} =$	6	- " -	
6	$\text{---} \text{ n: } \text{ )} =$	7	- " -	
7	$\text{ n: } \text{ )} = \text{---}$	12	- " -	
8	$\downarrow \text{ )} =$	7	кокиза? $\wedge \text{ )} =$	
9	$\text{---} \downarrow \text{ )} \dagger$	7	- " -	
10	$\downarrow = \text{---} \text{ )} =$	11	кокиза: $\wedge \text{ )} =$	В [2] не указана среди производных от архетипа "кокиза".
11	$\downarrow = \text{---} \text{ )} = \text{---}$	3		

Продолжение таблицы

1	2	3	4	5
12		30	грунка: 	<p>срединные варианты;</p> <p>← концевой вариант;</p> <p>Подвертка <math>\cup</math> у "палки" ) - красного цвета, т.е. в принципе может рассматриваться как звуковысотная помета</p>
13		23		
14		12		
15		6(4)		
16		9	грунка? 	<p>Возможна неточность в частоте, поскольку в рукописи знамена </p> <p>и </p> <p>плохо различимы.</p>
17		11	колесо: 	<p>Суффиксная часть этой цепочки <math>\Lambda</math> </p> <p>в [3] фигурирует как полевка "мережа", но исключается ее принадлежность к 4-му гласу. Заметим, что в целом для "колеса" эта возможность не исключается [2].</p>
18		7	долинка: 	<p>Интересно отметить, что знамя <math>\Lambda\Lambda</math> </p> <p>(стрела громная) встречается в гласе всего 9 раз.</p>

1	2	3	4	5
19		11	кулизма:	срединные варианты; В [3] для 4 гласа указан лишь концевой вариант ← концевой вариант;
20		13		
21		6	- " -	
22		14	срединка?	В [2] не указана среди про- изводных от архетипа "средин- ка".
23		5	- " -	
24		9	подъем	← Типичные подводы: и ← Наиболее близкий прототип из [2]: ← выделяется лишь в сочета- нии с фитой мрачной Считаю тождественными знаме- на  и  ("статья со змийцей"), можно заметить сходство этой попевки с од- ной из производных от архе- типа подъем  [2]
25		5	- " -	
26		11	- " -	
27		8	подъем?	
28		8	дерблица?	1) Если вновь (см. № 27) трак- товать  как статью со змийцей  , то в [2] ука- зан близкий прототип:  2) Подводов к дерблице в ко- кизниках не обнаружено [2]; здесь выделяются  и
29		4		

Продолжение таблицы

1	2	3	4	5
30		5	ромжа? 	См. комментарий к № 27 и № 29
31		8	тряска? 	В [2] данная цепочка не указана среди возможных производных от архетипа "тряска", более того "тряска" не фигурирует в гласе 4.
32		7	повертка: 	1) См. комментарии к № 27 и № 29; 2) Выделяется лишь при левостороннем расширении; 3) Характерный подвод $\downarrow$ ; 4) В [2] не фигурирует в числе попевок 4-го гласа, в [3] - фигурирует.
33		4	?	1) Затруднительна для идентификации: в [2] близких аналогов нет; 2) Встречается исключи-тельно в "Антифонах".
34		3	ключ: 	Типичный подвод: $\downarrow$ .
35		2	паук: 	Новый (по сравнению с [2]) тип подвода: $m \sim \downarrow$
36		11	приклад-ная: 	$\leftarrow$ Типичный подвод: $\downarrow$
37		15	- " -	Более чем в половине случаев за данными попевками следует "грунка", т.е. их, в принципе, можно рассмат-ривать как варианты "подводов" к грунке.

из *высокочастотной* части  $\Phi_1(T)$ ,  $3 \leq l \leq 7$ , для 4 гласа ( $F_{гл}$  - частота встречаемости 1-граммы в гласе).

Анализ таблицы показывает, с одной стороны, достаточно хорошую согласуемость выделяемых единиц с теми, что приведены в кокизниках и систематизированы в [2]; с другой стороны (см. комментарий), работа с реальным текстом позволяет обнаружить много новых модификаций попевок и уточнить сферу их применения (гласовую принадлежность, место в песнопении - конечная, средняя, характерные подводы и т.п.). Заметим, что в таблице приведена лишь незначительная (по отношению ко всему многообразию) часть потенциально возможных попевок гласа 4. Основной вклад в разнообразие попевок вносит низкочастотная часть спектра  $\Phi(T)$ , анализ которой требует отдельного рассмотрения.

### З а к л ю ч е н и е

Считается, что в основе дешифровки древнерусских песнопений в знаменной беспометной форме записи лежит изучение системы попевок (элементарных интонационных единиц древнерусской музыки) и системы осмогласия (существующих в неявной форме правил, регламентирующих использование и музыкальную интерпретацию попевок в той или иной ситуации). Некоторое представление о системе попевок дают дошедшие до нас из средневековья сборники попевок - кокизники, составленные различными "распевщиками" того времени. Однако вопрос о полноте, корректности и вариативности материала, представленного в кокизниках, в значительной степени остается открытым.

В работе предпринята попытка *автоматического выделения попевок* непосредственно из *текстов* песнопений. Идея подхода сводится к поиску устойчиво повторяющихся фрагментов, которые в некотором смысле можно было бы считать "неделимыми", подобно тому как неделимой является комбинация букв qu в

английском языке. Сформулирован критерий "неделимости" и проведена апробация его на уровне отдельных песнопений и гла-са в целом.

Показано, что наиболее активно используемые в гласе попе-вки проявляют себя в виде подцепочек (сужений) либо надцепочек (расширений) высокочастотных повторов. Выделяемые формаль-ным образом единицы достаточно хорошо согласуются с теми, что приведены в кокизниках. Однако работа с реальным текстом по-зволяет обнаружить много новых модификаций попевок (выявляются новые производные от уже известных архетипов) и может изменить сложившиеся представления о гласовой принадлежности данной по-певки и ее месте в песнопении (срединная, конечная).

#### Л и т е р а т у р а

1. БРАЖНИКОВ М. Древнерусская теория музыки. - Л.: Музы-ка, 1972. - 423 с.

2. КРУЧИНИНА А.Н. Попевка в русской музыкальной теории XVII века: Дис. ... канд. искусствовед. наук: 17.00.02. - Л., 1979.

3. АЛЕКСЕЕВА Г.В. Древнерусское певческое искусство (му-зыкальная организация знаменного роспева). - Владивосток: Изд. Дальневосточного университета, 1983. - 171 с.

4. ЛЕСНЕВСКИЙ Ю.Ю., ШИНДИН Б.А. Информационная технология в музыкальной медиевистике //ЭВМ и проблемы музыкальной науки. Межвузовский сб. научн. трудов, вып.7. - Новосибирск. - 1988. - С. 66-83.

5. БАХМУТОВА И.В., ГУСЕВ В.Д., ТИТКОВА Т.Н. Представление музыкальных текстов в терминах повторов и возможности его ис-пользования //ЭВМ и проблемы музыкального образования. - Меж-вузовский сб. научн. трудов, вып. 8. - Новосибирск. - 1989. - С. 89-106.

6. ЗАХАРЬИНА Н.Б. Интонационный словарь и композиция пес-нопений - осмогласников знаменного роспева: Автор. дис. ... канд. искусствоведения: 17.00.02. - Санкт-Петербург, 1992.

7. БРАЖНИКОВ М. Лица и фиты знаменного роспева. - Л.:Музы-ка, 1984. - 302 с.

Поступила в ред.-изд.отд.  
30 ноября 1994 года