

Анализ семантики казахского жестового языка и классификация частей речи для компьютерного сурдоперевода

¹*НҰРҒАЗИНА Дана Маратқызы, докторант, nurgazina.d@gmail.com,

¹КУДУБАЕВА Сауле Альжановна, к.т.н., ассоциированный профессор, saule.kudubayeva@gmail.com,

²КРАК Юрий Васильевич, д.ф.-м.н., профессор, зав. кафедрой, yuri.krak@gmail.com,

¹НАО «Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева», ул. Сатпаева, 2, Астана, Казахстан,

²Киевский национальный университет имени Тараса Шевченко, ул. Владимирская, 60, Киев, Украина,

*автор-корреспондент.

Аннотация. Рассмотрены особенности казахского жестового языка, фокусируясь на принципах построения связей между объектами и субъектами. Авторы выделяют пространственные и субъектно-объектные отношения в жестовом языке, предоставляя примеры их использования. Утверждается, что для эффективного сурдоперевода важно учесть визуальные аспекты, такие как рамки и сцена, что сопровождается эмпирическими рекомендациями для сурдопереводчиков. Дополнительно обсуждаются вопросы классификации жестов по частям речи и проблемы перевода с текста на жестовый язык. Описан 3D аватар, связанный с базой данных казахских слов для автоматизированного сурдоперевода. Авторы выделяют его роль в улучшении условий работы сурдопереводчиков и обеспечении поддержки глухих людей в социальной среде.

Ключевые слова: казахский жестовый язык, субъект-объект, жестовая речь, семантика, сурдоперевод, части речи.

Введение

Современное исследование в области языков жестов активно развивается, отражая не только академический интерес, но и стремление создать инновационные инструменты для лучшего взаимодействия в обществе.

Изучены существующие методы и технологии сурдоперевода, включая использование искусственного интеллекта и компьютерных систем для эффективного перевода текста на жестовый язык. Рассмотрены преимущества и ограничения текущих подходов. Проанализирована концепция мультимодальной коммуникации в контексте жестового языка. Отмечено влияние визуальных компонентов, таких как взгляд, мимика и положение тела, на эффективность передачи смысла. Подчеркнуты современные тенденции и инновационные подходы в области сурдоперевода, включая использование трехмерных аватаров и разработку баз данных для оптимизации процесса перевода. Рассмотрены социальные аспекты

автоматизированных систем сурдоперевода и их вклад в обеспечение равных возможностей для глухих людей в различных сферах общества. Полный обзор вышесказанных исследований сделан в работе [1].

Проведен анализ предыдущих исследований, посвященных структуре казахского жестового языка, выявлены его особенности в семантике, пространственной организации и передаче субъектно-предметных отношений. Многие исследования направлены на разработку решения задачи преобразования жестового языка в последовательный текст с учетом интонационной разметки. Цель этих работ заключается в возможности последующего голосового синтеза жестовых выражений с сохранением интонационных особенностей в речевой форме [2].

После обзора этих работ было выявлено, что отсутствует автоматизированный сурдопереводчик с текста на жестовый язык, который поможет людям с ограниченными возможностями общаться и улучшать качество своей жизни. Также отсутствует алгоритм

для машинного перевода жестов, учитывающий морфологические, синтаксические и лексические особенности казахского языка. К тому же надо учитывать сведения о неполноценном исследовании казахского жестового языка.

На данный момент активно проводится ряд исследований в области казахского жестового языка (КЖЯ) для решения выявленных проблем. В данной статье основное внимание уделяется семантическому аспекту, в то время как будущие работы будут полностью посвящены описанию алгоритмов и формул для разработки автоматизированного сурдопереводчика с 3D-аватаром.

Методы исследования

Начнем с того, «что такое жесты?» и «как понимать семантику в жестовых языках?». Жесты встречаются в реальной жизни чаще, чем мы замечаем. При каждом разговоре люди машу руками, объясняя что-либо, указывая на что-то или же показывая какое-либо направление. То есть означает ли это, что наше невербальное общение похоже на жестовый язык? В какой-то мере они похожи, ведь первые языки в мире формировались на основе жестов – люди показывали на предметы рукой и издавали разные звуки, которые впоследствии превратились в полноценные слова [2]. Однако также уверенно можно сказать, что вербальный язык и жестовый отличаются друг от друга. В разговорном одно слово идет за другим, например, «КӨК АСПАН» (синее небо). А в жестовом языке можно сделать это одновременно, правой рукой указать «КӨК» (синий) – делая динамическое движение с указательным и большим пальцами в виде буквы С, а левой рукой показать «АСПАН» (небо) – раскрывая ладонь и делая круговое движение вокруг головы говорящего. КЖЯ – своеобразная лингвистическая система, обладающая собственной лексикой и грамматикой. Словосочетания «казахский жестовый язык» и «казахская жестовая речь» используются для называния системы общения глухих, живущих в Казахстане. Приведем пример высказывания КЖР, БАЛА ҚОЛШАТЫРДЫҢ АСТЫНДА КЕТИП БАРА ЖАТЫР. (Мальчик идет под зонтом).

В высказывании участвуют два жеста, исполняющиеся одновременно двумя руками: жест БАЛА (МАЛЬЧИК) исполняется левой рукой, а жесты ҚОЛШАТЫРДЫҢ АСТЫНДА (ПОД ЗОНТОМ) – правой (рисунок 1). Такие слова как АСТЫНДА, ҮСТІНДЕ, ЖАНЫНДА и т.д., то есть такие слова, которые обозначают местоположение какого-либо объекта, могут быть пропущены в жестовом языке, но должно меняться расположение рук вверх,



Рисунок 1 – Обозначение «БАЛА ҚОЛШАТЫРДЫҢ АСТЫНДА»

вниз или надо держать руки близ корпуса левее или правее, указывая жест объекта. В этом приложении ҚОЛШАТЫР (зонт) будем показывать выше жеста БАЛА (мальчик), чтобы показать, что мальчик под зонтом, расположение объекта. Это жестовое высказывание можно записать так:

Пример 1

$$\left. \begin{array}{l} \text{БАЛА} \\ \text{ҚОЛШАТЫР} \\ \text{АСТЫНДА} \end{array} \right\} (\text{бір уақытта})$$

Известно, что для жестов может быть использована одна рука или же обе руки. Если движения рук схожи или полностью совпадают, то данный жест называется двуручно симметричным. В двуручных асимметричных жестах одна рука в основном малоподвижна и называется пассивной, а другая рука является активной и выполняет действия, которые объясняют значения жеста. У людей, у которых ведущая рука правая, активной рукой является правая рука, и наоборот. В некоторых случаях говорящий может поменять роли рук (активную на пассивную) для удобства объяснения ситуации и расположения предметов [3].

Однако в нашем выражении обе руки являются активными, так как используется два слова и два жеста. Надо понимать различие между активными жестами и пассивными. Активными обе руки считаются тогда, когда каждой рукой показываем отдельные слова, соответственно пассивными будут, когда указывается одно слово, а участвуют две руки.

В примере 1 устная речь не применяется, но, с другой стороны, человек не способен

сказать несколько слов одновременно. Несмотря на это, пример 1 передает всю информацию, которая необходима для описания ситуации [4].

Научные результаты

Казахский жестовый язык имеет особенности в принципах построения связей между объектами и явлениями (денотаты), такими как субъектно-предметные, пространственные и т.д.

Пространственные расположения предметов передаются с помощью изменения характеристик, которые описывают номинативный жест. Например, демонстрируя жест ТЕЛПЕК (ШЛЯПА) сверху или снизу, передается значение «шляпа сверху» или «шляпа снизу» соответственно. В зависимости от ситуации меняется как направление, так и качество жеста, передающего смысл выражения. Также можем взять пример как под столом и над столом или стульчиком. То есть, КІТАП ҮСТЕЛДІҢ ҮСТІНДЕ (КНИГА ЛЕЖИТ НА СТОЛЕ) или же БӘТЕҢКЕ ОРЫНДЫҚТЫҢ АСТЫНДА (БОТИНКИ НАХОДЯТСЯ ПОД СТУЛОМ), в таких выражениях будут задействованы две руки, так как указывается местоположение объекта.

Субъектно-объектные отношения – это определение роли говорящего основным лицом (подлежащий) или третьим лицом (дополнением) в высказывании, также выражается способом демонстрации жеста.

Субъектно-объектные отношения – это обозначение, кем является говорящий, «дополнением» или «подлежащим» высказывания, также выражаются способом исполнения жеста [6]. Различные (по направлению) характеристики движения позволяют дифференцировать роли субъекта и объекта (движение от себя: АЙТЫП ТҰРМЫН, СӨЙЛЕП ТҰРМЫН; движение к себе: МАҒАН АЙТЫП ТҰР, МАҒАН СӨЙЛЕП ТҰР и др.). Таким образом распределяются роли субъектов и объектов при исполнении многих жестов: ҮЙРЕТУ, СӨЙЛЕУ, САТЫП АЛУ, КӨРСЕТУ, БЕРУ, ТАҒАЙЫНДАУ и др.

А сколько всего жестов в казахском жестовом языке? Конечно, никто не знает, сколько жестов в КЖЯ, как никто не может точно сказать, сколько слов в казахском, английском и других языках. Все же на этот вопрос можно ответить: жестов в КЖЯ столько, сколько необходимо для того, чтобы успешно выполнять свою функцию – обеспечивать полноценную коммуникацию между слабослышащими людьми. Специфика функции является одним из двух основных факторов, определяющих особенности лексического состава КЖЯ. Второй фактор – своеобразии двигательной субстанции

определяет структуру целого класса жестов, выражающих определенные значения, передавая какие-либо внешние признаки предметов, действий и т.д. (в языкознании обычно употребляется термин «денотация» – обозначенный) [5].

Для полного разбора текста с казахского языка на КЖЯ надо понять «Существуют ли части речи в жестовом языке?». Ответить на этот вопрос точно невозможно. Многие профессора годами дискуссияруют на эту тему. Но сказать наверняка не могут. Однако проанализировав слова и жесты можно расклассифицировать такие части речи, как жесты-существительные, жесты-глаголы, жесты-прилагательные и т.д.

По причине особенностей и лексикологических значений слов казахского языка, некоторые жесты КЖЯ можно разделить на группы. Например, группа существительных жестов: АЛМҰРТ, КЕСЕ, ОЙЫНШЫҚ и т.д. Но в казахском языке существительные делятся на единственное и множественное число, в таком случае к жестам добавляется ключевое слово КӨП: АЛМҰРТТАР – АЛМҰРТ КӨП, ОЙЫНШЫҚТАР – ОЙЫНШЫҚ КӨП. Но и в жестовом языке есть слова исключения, такие как БАЛА и БАЛАЛАР, где не используется слово КӨП. Следующий способ передачи множественного числа – повторение слов несколько раз. Например, показывая слова ДОП, ОРЫНДЫҚ, КІРПІШ, соответственно получаем слова «доптар», «орындықтар», «кірпіштер» и т.д. При выражении слов одноручным жестом вторая рука может одновременно демонстрировать «множественность», то есть параллельно исполняется два ненормативных жеста двумя руками. При этом особенно выражено противопоставление единственного числа (жесты одной рукой, обычно правой) и множественного числа ТАҒЫ БАСҚА (и так далее) (обеими руками) [5].

В классификации жесты-глаголы останемся на временах. Из-за того, что жесты используются в инфинитиве, очень важно понимать, когда это происходило. Временные значения выражаются двумя основными способами. Во-первых – жестами БОЛДЫ, БОЛЫП ЖАТЫР, БОЛАДЫ. При этом жест БОЛЫП ЖАТЫР(БАР) для сообщения о том, что действие относится к настоящему времени, как правило, не употребляется. Чтобы передать значения 'демалып жатырмын', 'демалдым', 'демаламын', используются соответственно жест-номинатив ДЕМАЛУ, высказывания ДЕМАЛУ БОЛДЫ(ӨТТІ) в прошедшем времени и ДЕМАЛУ БОЛАДЫ в будущем времени. Во-вторых, к жесту-номинативу присоединяются жесты, обозначающие время, то есть наречие: КЕШЕ, БҮГІН, АРҒЫ

КҮНІ, БЫЛТЫР, КЕЛЕСІ АПТА и т.д. В жестовом языке роль наречия очень важна и даже используется больше, чем в словесном [6].

Так как казахский жестовый язык является визуальным языком, как и остальные языки, эмпирическим правилом рекомендуется определить рамки, сцену, где будет идти демонстрация жестов. По этой причине сурдопереводчики ждут несколько секунд перед тем, как начинать перевод [7].

Их перевод на казахский язык может означать, что им придется подождать, чтобы увидеть полную структуру предложения и понять точный смысл. Так как в основном сначала идет подлежащее (субъект), затем определение (атрибут), следующее дополнение – объект и сказуемое – предикат. Но это не всегда так работает, и иногда сурдопереводчики могут попросить разъяснений, чтобы сделать точную интерпретацию. Если в казахском языке определение идет впереди, то в жестовом языке с подлежащим расположится после него, то есть за объектом, а с дополнением так и остается впереди. Однако точно утверждать что-либо нельзя. Так как предложение «СҰР БҰЛТ ТҮСІ СУЫҚ ҚАПТАЙДЫ АСПАН» можно по-разному интерпретировать:

- 1) БҰЛТ СҰР ТҮС СУЫҚ ҚАПТАУ АСПАН.
- 2) СҰР БҰЛТ ТҮС СУЫҚ ҚАПТАУ АСПАН.
- 3) БҰЛТ СҰР СУЫҚ ТҮС ҚАПТАУ АСПАН.

В первом пункте получается субъект – атрибут – атрибут – объект – предикат СА-АОП. А во второй версии атрибут – субъект – атрибут – объект – предикат АСАОП, и это по смыслу является самым верным. А в последнем высказывании субъект – атрибут – объект – атрибут – предикат САОАП. Во всех в этих трех версиях если убрать атрибут, то есть определение, получаем такую формулу (1) и будем брать это на основу при переводе.

СОП = субъект – объект – предикат. (1)

Для того чтобы переводить с текста на жестовый язык, перевести все слова на начальную форму (инфинитив) недостаточно. Каждое предложение должно анализироваться, и в некоторых местах надо добавлять наречия времени, а субъект, атрибут, объект иногда меняются местами. Для полного понимания переведем текст, беря за основу формулу (1).

Основной текст:

КҮЗ КЕЛДІ. АСПАН БҰЛТТАНДЫ. ДАЛАДА ЖАҢБЫР ЖАУЫП ТҰР. АҒАШТАРДЫҢ ЖАПЫРАҚТАРЫ САРҒАЙДЫ. ҚҰСТАР ЖЫЛЫ ЖАҚҚА ҰШЫП КЕТТІ. КҮННІҢ ҚЫЗУЫ АЗАЙҒАН. АҢДАР ДА ӨЗ ТІРШІЛІКТЕРІНЕ КІРІСКЕН.

Перевод на ЖЯ:

КҮЗ КЕЛУ. АСПАН БҰЛТ. ҚАЗІР ДАЛА

ЖАҢБЫР. АҒАШ ЖАПЫРАҚТАР САРЫ. ҚҰСТАР ЖЫЛЫ ЖАҚ ҰШУ БОЛДЫ. КҮН ЖЫЛУ АЗАЮ. АҢДАР ЖҰМЫС ІСТЕУ БОЛДЫ.

Исходя из этого текста можно сказать, что все предложения практически переводятся в виде формулы (1). Однако именно первое предложение в тексте может иметь несколько форм: ҚАЗІР ДАЛА ЖАҢБЫР – ҚАЗІР ЖАҢБЫР ДАЛА ЖАУУ. К тому же заменяются некоторые слова, такие как, ТІРШІЛІК на ЖҰМЫС, КІРІСКЕН на ІСТЕУ БОЛДЫ. Главной причиной является то, что эти слова имеют переносный смысл. Из-за этого заменяются такими словами, которые по смыслу ближе этому контексту.

Все эти аргументы и исследования представляют собой лишь начальный этап анализа семантики жестового языка, направленный на создание автоматизированной компьютерной системы сурдоперевода. После завершения всех исследований начаты работы по разработке базы данных и Backend-части. На текущем этапе активно создается 3D-аватар, предназначенный для перевода текста на жестовый язык (рисунок 2), а также база данных, содержащая сто ключевых слов на казахском языке, сопровождаемых соответствующими жестами. Подробные сведения о базе данных и основных алгоритмах перевода текста на жесты будут представлены в последующей работе авторов.

3D-аватар на рисунке 2 представляет собой автоматизированную систему сурдопереводчика, разработанную для перевода казахского текста в жестовый язык. Основная цель данного аватара заключается в улучшении условий работы сурдопереводчиков и обеспечении поддержки глухих людей в социальной среде.

Надо понимать, что жестовый язык – это отдельный язык, который требует научных исследований, также это многомодальное средство коммуникации. Поэтому необходимо знать и иметь общую картину, как будет происходить классификация слов и семантический разбор текста. Смысловую нагрузку в нем могут нести не только жесты, но и немануальные компоненты: взгляд, мимика, выражение лица, положение головы и тела говорящего. Коммуникация на вербальном языке также многомодальна, но в гораздо меньшей степени, кроме того, она может иметь одномодальный вариант (письменный текст). Письменные нотации жестового языка не используются как средство коммуникации [8].

Выводы

В заключение подчеркивается значимость проведенного исследования для луч-



Рисунок 2 – Создание 3D-аватара для автоматизированного сурдопереводчика

шего понимания особенностей казахского жестового языка и его семантической структуры. Результаты исследования выявили, что казахский жестовый язык обладает уникальными чертами в пространственной и субъектно-предметной организации, а также в выражении временных значений.

Сурдопереводчики, осуществляющие перевод текста на жестовый язык, сталкиваются с необходимостью определения сцены и рамок демонстрации жестов, что подчеркивает важность визуальных аспектов в этом процессе. Внедрение автоматизированных систем, таких как разработанный 3D-аватар,

в процесс сурдоперевода имеет потенциал улучшить условия работы переводчиков и обеспечить дополнительную поддержку для глухих людей в различных социальных сферах.

Заключение также подчеркивает, что жестовый язык – это не просто средство передачи слов, но и многомодальное средство коммуникации, включающее в себя взгляд, мимику, выражение лица и положение тела. Развитие автоматизированных систем сурдоперевода требует дополнительных исследований и баз данных для более эффективного перевода текста на жестовый язык.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кудубаева С.А., Нургазина Д.М. Сравнительный анализ алгоритмов перевода с текста на жестовый язык // Журнал Речевые технологии / speech technology. Москва, 2022. № 1. С. 47-57.
2. Amangeldy N., Ukenova A., Bekmanova G., Razakhova B., Milosz M., Kudubayeva S., Continuous Sign Language Recognition and Its Translation into Intonation-Colored Speech. Sensors, 2023, no. 23 (14), pp. 2-30. <https://doi.org/10.3390/s23146383>.
3. Кудубаева С.А., Жусупова Б.Т. Проектирование системы компьютерного перевода с казахского языка на казахский язык жестов с возможностью демонстрации жестов персонажем. VII Международная научно-практическая конференция. Москва, 2021. С. 29-38.
4. Zucchi S. Formal Semantics of Sign Languages. Language and Linguistics Compass. Boston, 2012, no. 6/11, pp. 719-734.
5. Зайцева Г.Л. Жестовая речь Дактилология: учебник, М.: Изд-во Владос Центр, 2010. 192 с.
6. Waldemar Schwager and Ulrike Zeshan. Word classes in sign languages. Studies in Language. Wilkinson: Publ. John Benjamins Publishing Company, 2010, no. 32/3, pp. 509-545.
7. Kimmelman V. Russian grammar features in Russian Sign Language discourse. International Conference on Minority Languages XII «Language contact and change in multiply and multimodally bilingual minority

situations». Tartu, 2009, pp. 58-79.

8. Мануева, Ю.С., Гриф, М.Г. (2016). Разработка алгоритма семантического анализа речи (текста) для перевода на русский жестовый язык. Научный вестник НГТУ. Новосибирск, 2016, № 1, С. 106-119.

Қазақ ым тілінің семантикасын талдау және компьютерлік сурдоаударма үшін сөз таптарына жіктеу

¹***НҰРҒАЗИНА Дана Маратқызы**, докторант, nurgazina.d@gmail.com,

¹**КУДУБАЕВА Сауле Альжановна**, т.ғ.к., қауымдастырылған профессор, saule.kudubayeva@gmail.com,

²**КРАК Юрий Васильевич**, ф.-м.ғ.д., профессор, кафедра меңгерушісі, yuri.krak@gmail.com,

¹«Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті» КеАҚ, Сәтпаев көшесі, 2, Астана, Қазақстан,

²Тарас Шевченко атындағы Киев ұлттық университеті, Владимирская көшесі, 60, Киев, Украина,

*автор-корреспондент.

Аңдатпа. Объектілер мен субъектілер арасында байланыс орнату принциптеріне тоқталып қазақ ым тілінің ерекшеліктері қарастырылады. Авторлар ым тілінде кеңістік пен субъект-объектілік қатынастарды бөліп көрсетеді, оларды қолдану мысалдарын келтіреді. Сурдоаударма дұрыс жүргізу үшін сурдоаудармашыларға эмпирикалық ұсынымдармен бірге келетін кадрлар мен сахна сияқты көрнекі аспектілерді ескеру маңызды екендігі айтылады. Сонымен қатар, ым-ишараны сөйлеу бөліктері бойынша жіктеу мәселелері және мәтіннен ым тіліне аудару мәселелері қарастырылады. Автоматтандырылған сурдоаудармаға арналған қазақ сөздерінің дерекқорымен байланыстырылған 3D аватардың сипаттамасымен қорытындылай келе, авторлар оның сурдоаудармашылардың жұмыс жағдайын жақсартудағы және әлеуметтік ортада саңырау адамдарға қолдау көрсетудегі рөлін атап көрсетеді.

Кілт сөздер: қазақ ым тілі, субъект-объект, ым тілі, семантика, сурдоаударма, сөз таптары.

Semantic Analysis of the Kazakh Sign Language and Classification of Parts of Speech for Computer Sign Language Translation

¹***NURGAZINA Dana**, Doctoral Student, nurgazina.d@gmail.com,

¹**KUDUBAYEVA Saule**, Cand. of Tech. Sci., Associate Professor, saule.kudubayeva@gmail.com,

²**KRAK Iurii**, Dr. of Phys. and Math. Sci., Professor, Head of Department, yuri.krak@gmail.com,

¹NPJSC «L.N. Gumilyov Eurasian National University», Satpayev Street, 2, Astana, Kazakhstan,

²Taras Shevchenko National University of Kyiv, Vladimirska Street, 60, Kyiv, Ukraine,

*corresponding author.

Abstract. The features of the Kazakh sign language are considered, focusing on the principles of building connections between objects and subjects. The authors highlight spatial and subject-object relationships in sign language, providing examples of their use. It is argued that for effective sign language interpreting it is important to consider visual aspects such as frames and stage, which is accompanied by empirical recommendations for sign language interpreters. Additionally, the issues of classification of gestures by parts of speech and the problems of translation from text to sign language are discussed. A 3D avatar associated with a database of Kazakh words for automated sign language interpretation is described. The authors highlight its role in improving the working conditions of sign language interpreters and providing support for deaf people in social environments.

Keywords: kazakh sign language, subject-object, sign language translation, sign speech, parts of speech, semantics.

REFERENCES

1. Kudubaeva S.A., Nurgazina D.M. Sravnitelnyi analiz algoritmov perevoda s teksta na jestovyi iazyk [Comparative analysis of translation algorithms from text to sign language] // Jurnal Rechevye tehnologii / speech technology. Moscow, 2022. No. 1. Pp. 47-57.
2. Amangeldy N., Ukenova A., Bekmanova G., Razakhova B., Milosz M., Kudubayeva S., Continuous Sign Language Recognition and Its Translation into Intonation-Colored Speech. *Sensors*, 2023, no. 23 (14), pp. 2-30. <https://doi.org/10.3390/s23146383>.
3. Kudubaeva S.A., Zhussupova B.T. Proektirovanie sistemy kompyuternogo perevoda s kazahskogo yazika na kazahskii yazik zhestov s vozmozhnostyu demonstracii zhestov personazhem [Designing a computer translation system from Kazakh into Kazakh sign language with the ability to demonstrate gestures by a character]. VII Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferenciya [VII International Scientific and Practical Conference]. Moscow, 2021. Pp. 29-38.
4. Zucchi S. Formal Semantics of Sign Languages. *Language and Linguistics Compass*. Boston, 2012, no. 6/11, pp. 719-734.
5. Zaitseva G.L. Zhestovaya rech Daktilogiya: uchebnik [Sign language Dactylology]. Moscow: Publ. VLADOS Center, 2010. 192 p.
6. Waldemar Schwager and Ulrike Zeshan. Word classes in sign languages. *Studies in Language*. Wilkinon: Publ. John Benjamins Publishing Company, 2010, no. 32/3, pp. 509-545.
7. Kimmelman V. Russian grammar features in Russian Sign Language discourse. *International Conference on Minority Languages XII «Language contact and change in multiply and multimodally bilingual minority situations»*. Tartu, 2009, pp. 58-79.
8. Manueva Yu.S., Grif M.G. Razrabotka algoritma semanticheskogo analiza rechi (teksta) dlya perevoda na russkii zhestovyi yazik [Development of an algorithm for semantic analysis of speech (text) for translation into Russian sign language] // *Nauchnii vestnik NGTU [Scientific Bulletin of NSTU]*. Novosibirsk, 2016. No. 1. Pp. 106-119.