

УДК 581.89:551.9(519 + 520)

**РАСТИТЕЛЬНОСТЬ ЮЖНОГО ПОБЕРЕЖЬЯ ЯПОНСКОГО МОРЯ
НА РУБЕЖЕ ПЛЕЙСТОЦЕНА-ГОЛОЦЕНА****Евстигнеева Т.А.***Федеральный научный центр биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии ДВО РАН,
Владивосток, e-mail: melnikova@ibss.dvo.ru*

Изучены пыльца и споры из донных отложений южной части Японского моря. Выявлена реакция растительности на климатические события рубежа плейстоцена-голоцена. Около 25 тыс. л.н. значительные территории Корейского п-ова и о. Хонсю покрывали темнохвойные леса, состоящие из *Abies*, *Picea*, *Pinus*. Большие площади занимали ксерофитные луга. Климатические условия были значительно холоднее и суше, чем в настоящее время. После 13 тыс. л.н. бореальные леса постепенно замещаются листопадными широколиственными лесами, состоящими из *Quercus* и *Fagus*. Климат стал более влажный и теплый. Резких похолоданий в это время в районе исследования зафиксировано не было. О нестабильных климатических условиях этого времени свидетельствует значительный процент тератоморфных пыльцевых зерен сосен.

Ключевые слова: пыльца, споры, донные отложения, плейстоцен-голоцен, Япония, Корея**VEGETATION OF THE SOUTHERN COAST OF THE SEA OF JAPAN NEAR
THE BOUNDARY OF THE PLEISTOCENE-HOLOCENE****Evstigneeva T.A.***Federal Scientific Center of the East Asia terrestrial biodiversity FEB RAS, Vladivostok,
e-mail: melnikova@ibss.dvo.ru*

The pollen and spores from bottom sediments of the Sea of Japan were studied. Reaction of vegetation to climatic events of a boundary of a pleistocene-holocene is revealed. Dark-coniferous forests consist of *Abies*, *Picea*, *Pinus* covered considerable territories of the Korean peninsula and Honshu about 25 ka. Meadows occupied considerable territories. Climatic conditions were much colder and dry than now. After 13 ka boreal forest are gradually replaced by the deciduous broad-leaved trees consist of *Quercus* and *Fagus*. The climate becomes more wet and warm. Sharp cold snaps around a research haven't been recorded. The considerable percent the unusual of pollen grains of pines testifies to unstable climatic conditions of this time.

Keywords: pollen, spores, bottom sediments, pleistocene-holocene, Korea, Japan

Рубеж плейстоцена-голоцена (позднеледниковье) характеризуется крайне неустойчивым климатом. Потепления (бёллинг и аллерёд) прерывались чередой резких и глубоких похолоданий (дриас I, II, III), которые в свою очередь оказали влияние на смену типов растительности. Проследить такие перемены позволяет палинологическая летопись, сохранившаяся в осадках. При этом детальность и достоверность полученных данных во многом зависят от непрерывности изученного разреза и его мощности. По этой причине морские отложения из районов с относительно высокими скоростями осадконакопления, как объект исследования, представляют особый интерес. Реконструкция событий, которые произошли в это время, позволяет лучше понять процесс перехода от одной части климатического цикла к другому, т.е. от ледниковой эпохи к межледниковой.

Исследования пыльцы и спор из донных отложений в Японском море проводятся давно и плодотворно. Однако палинологически наиболее изученными оказались отложения северо-западной части моря.

Вместе с тем голоценовые осадки из южной части моря, для которой характерны высокие скорости осадконакопления, до сих пор оставались малоизученными.

Ежегодно растения продуцируют огромное количество пыльцы и спор. Большая часть их после своего созревания оказывается в воздухе и рассеивается на расстоянии, измеряемые от десятков метров до сотен километров. Постепенно пыльца и споры оседают и становятся одним из компонентов формирующихся континентальных или морских отложений. Внешняя оболочка микроспор обладает особой стойкостью и может сохраняться в отложениях миллионы лет. В ископаемом виде минерализованные в той или иной степени пыльца и споры представляют собой оболочки с характерными морфологическими признаками, позволяющими определить, к какому семейству, роду или виду растения они принадлежали. В морских донных осадках пыльца и споры являются аллохтонным компонентом. Они попадают в отложения благодаря воздушным и водным течениям [1]. Исследуемые глубоководные

колонки находятся на расстоянии около 50 км от южного побережья Корейского полуострова и 150 км от юго-западного побережья о. Хонсю (Японские острова). Следовательно, основным поставщиком пыльцы и спор в исследуемые осадки являлась растительность южной части Японских о-вов и Корейского п-ова. В настоящее время территории Корейского п-ова и о. Хонсю южнее 35° с.ш. занимают теплоумеренные леса [2, 3]. В них господствуют вечнозеленые дубы и кастанопсисы. Выше границы вечнозеленых лесов (200–300 м над уровнем моря) и к северу от 35° с.ш. распространены умеренные широколиственные леса. Их господствующими компонентами являются листопадные дубы. На о. Хонсю в этой зоне широко распространены буквые леса и леса из криптомерии. Однако четкой границы между вечнозеленым и листопадным лесом не существует. К северу от 35° с.ш. располагается обширная переходная зона. Леса этой зоны характеризуются значительным видовым разнообразием вечнозеленых и летнезеленых пород. Верхний предел листопадных широколиственных лесов располагается на высотах 1400–1600 м. Над листовым поясом обычно распространяется хвойный лес из сосны, ели и пихты.

Цель настоящего исследования – на основе палинологического анализа морских донных отложений проследить реакцию растительности на климатические события рубежа плейстоцена-голоцена на южном побережье Японского моря.

Материалы и методы исследования

Материалом для исследования послужили образцы из колонок, полученных из южной части Японского моря. Колонка J-3 (35° 53' с.ш., 130° 14' в.д.) поднята с глубины 1400 м, мощность исследованного керна – 562 см. Колонка 1603 (35° 55' с.ш., 130° 43' в.д.) поднята с глубины 1360 м, мощность исследованного керна – 360 см. Осадки колонок представлены пелитовыми илами [4, 5].

По разрезам получены радиоуглеродные датировки, позволяющие утверждать, что изученные отложения формировались в позднем плейстоцене-голоцене: колонка J-3, интервал 295–300 см – 5010 ± 70, интервал 510–512 см – 10100 ± 50 л.н.; колонка 1603, интервал 280–290 – 15250 ± 60 л.н. Дополнительными реперами, имеющими возрастную привязку, служат пепловые прослойки, установленные в колонке 1603: U-Оки

(9,3 тыс.л.н.) на глубине 180 см и K-Ah (6,3 тыс.л.н.) на глубине 128 см.

Извлечение пыльцы и спор из осадков выполнялось с использованием щелочной методики Поста, сепарационной Гричука и ацетолитной методики Эрдмана. Определение таксономической принадлежности пыльцы и спор осуществлялось с помощью светового микроскопа ZEISS AXIO Lab. A1 (x 400). В каждой пробе подсчитывалось 300–650 зерен пыльцы и спор, в зависимости от насыщенности образца палиноморфами. При просмотре препаратов в качестве среды использовался глицерин.

Результаты исследования и их обсуждение

Анализ палинологических данных позволил выделить в отложениях изученных колонок несколько горизонтов: нижний (колонка 1603, интервал 340–195 см, колонка J-3, интервал 562–510 см) и верхний (колонка 1603, интервал 195–0 см, колонка J-3, интервал 510–0 см). Возраст нижнего горизонта соответствует плейстоцену, а верхнего – голоцену. В данной работе рассмотрим более подробно палинологическую характеристику самого нижнего горизонта. По изменению содержания основных таксонов нижний горизонт можно подразделить на два интервала.

Последний ледниковый максимум (25,0–15,0 тыс.л.н) – колонка 1603, интервал 340–230 см. Пыльца деревьев представлена в основном хвойными (*Abies* до 7,4%, *Picea* до 15,5%, *Pinus* до 17,7%) и *Betula* (до 16%). Широколиственные таксоны в сумме составляют 15%. В небольших количествах присутствует пыльца *Tsuga* (до 6%) и *Larix* (до 2,5%). Встречены единичные зерна пыльцы *Cryptocarya*, *Fagus*, *Castanea* и *Castanopsis*, *Pterocarya*, *Arali*, *Ilex* и *Quercus* s/g *Cyclobalanopsis*. Из трав доминирует пыльца *Artemisia* (до 29%) и *Cyperaceae* (до 15%). Участие спор не превышает 15% (рис. 1). Содержание пыльцы деревьев и пыльцы трав имеют близкие значения. Это свидетельствует о преобладании лесостепного типа растительности на побережье.

Схожие характеристики отмечаются и в одновозрастных отложениях о. Хонсю, южной части Корейского п-ова и в глубоководных колонках, отобранных вблизи Японских о-вов [6–8].

Вероятнее всего, в это время бореальные леса, состоящие из *Abies*, *Picea*, *Pinus*, покрывали значительные территории Ко-

рейского п-ова и о. Хонсю. Леса из *Betula* и *Larix* имели подчиненное значение. В местах с благоприятным микроклиматом произрастали умеренные широколиственные (*Quercus s/g Lepidobalanus, Ulmus, Carpinus, Juglans, Tilia, Fagus, Castanea*) и хвойные породы (*Tsuga* и *Cryptomeria*), а также некоторые теплолюбивые деревья (*Quercus s/g Cyclobalanopsis* и *Castanopsis*). Леса сочетались с обширными безлесными ландшафтами. В составе травянистых растений преобладали *Artemisia, Cyperaceae* и разнотравье. Уровень Японского моря в это время был на 130 метров ниже современного. Вероятнее всего, свободные участки материкового шельфа были благоприятным местом для развития луговой растительности. Климатические условия были более холодными и сухими, чем в настоящее время.

Позднеледниковый период (15.0–10.0 тыс.л.н.) – колонка 1603, интервал 225–195 см; колонка J-3, интервал 562–510 см. Сокращается участие пыльцы *Picea, Pinus* и *Betula*. Среди сосновых возрастает доля *Abies*, более теплолюбивого и менее морозостойчивого растения, чем *Picea* и *Larix*. Одновременно происходит увеличение содержания пыльцы *Quercus, Ulmus, Juglans, Carpinus, Tilia, Castanea* и *Castanopsis*. Доля пыльцы *Artemisia* и *Cyperaceae* также уменьшается. Участие спор папоротников увеличивается (до 22,5%). Содержание пыльцы деревьев в два раза превосходит процент пыльцы

трав и спор (рис. 1). Это свидетельствует о преобладании лесного типа растительности. Спектры данного интервала свидетельствуют о том, что климат становится более влажным и теплым.

Сходные тенденции изменения содержания пыльцы и спор можно наблюдать и в спорово-пыльцевых спектрах из континентальных отложений южной части Корейского п-ова и о. Хонсю [6–8]. Стоит отметить, что в палиноспектрах о. Хонсю в небольшом количестве присутствует пыльца *Fagus* (до 15%). В изученных колонках она также обнаружена, но ее участие едва достигает 5%. Вероятнее всего, это связано с тем, что она плохо переносится ветром и подавляющая ее часть оседает в местах произрастания растений.

В это время происходит коренная перестройка растительных сообществ побережья. Потепление климата вызвало сокращение площадей хвойных лесов на низменных участках и в предгорьях. Широколиственные породы расширили свои ареалы, распространились к северу и в горные районы. Значительно сократились площади степной растительности. В Японии это время считают началом активного распространения в лесах дуба и бука. Японские палинологи связывают повышение концентрации пыльцы бука в отложениях с возможным увеличением количества атмосферных осадков, так как известно, что бук является влаголюбивым растением.

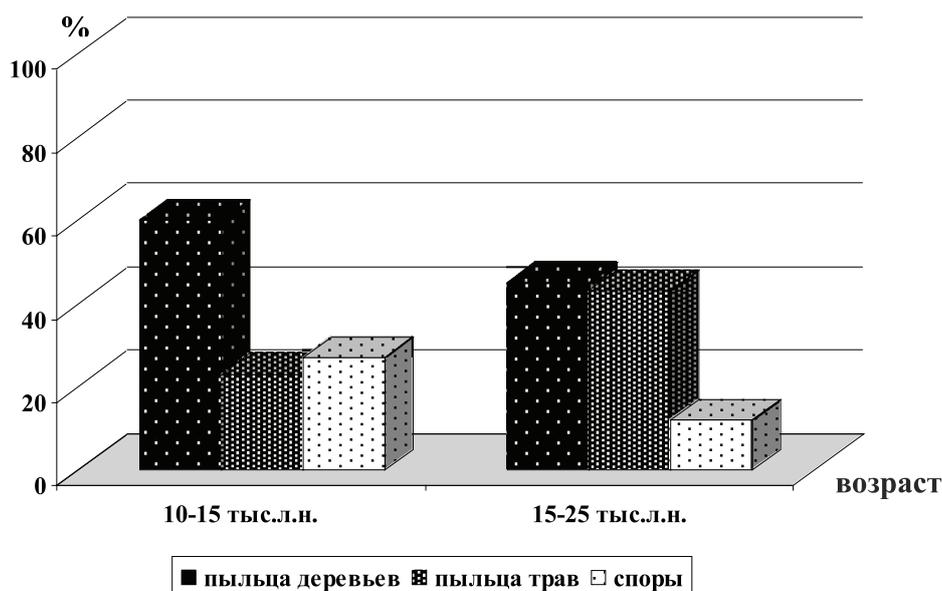


Рис. 1. Средние значения содержания пыльцы основных групп растений в изученных осадках

Интересной особенностью позднеледниковых отложений является присутствие тератоморфной (отличающейся от обычной формы) пыльцы сосен в изученном интервале колонки J-3. Аномальные пыльцевые зерна отличались от нормальных размерами, формой, количеством и способом соединения воздушных мешков [9]. На основании этого было выделено несколько типов тератоморфной пыльцы (рис. 2): пыльцевые зерна с двумя воздушными мешками, слившимися между собой; пыльцевые зерна с двумя воздушными мешками разных размеров (один мешок почти в два раза больше другого); пыльцевые зерна с двумя воздушными мешками очень маленьких размеров. Причины образования тератоморфных пыльцевых зерен неоднозначны и разными исследователями трактуются по-разному. Они могут быть связаны как с антропогенной деятельностью (уровень радиации, концентрация тяжелых металлов и пестицидов, промышленные выбросы, пожары), так и с воздействием природных факторов (интенсивная вулканическая деятельность, пожары, гибридизация, климатические изменения: низкие температуры, недостаточная влажность

и т.п.). Несмотря на многообразие факторов можно однозначно утверждать, что нарушение условий существования растений может способствовать появлению тератоморфных пыльцевых зерен. Известно, что в благоприятных условиях содержание тератоморфных форм не превышает 3–7%, зато в стрессовых ситуациях их количество значительно усиливается [10].

В изученном интервале содержание тератоморфных пыльцевых зерен достигает 15,8%. Следовательно, можно говорить о том, что растения, продуцирующие аномальную пыльцу, подвергались воздействию негативных факторов окружающей среды и это воздействие было относительно длительным и интенсивным. Антропогенный фактор во время накопления изученных осадков скорее всего, не играл значительной роли, так как влияние человека на окружающую среду носило более локальный характер. Вероятнее всего, появлению нарушений в морфологическом строении оболочек пыльцы способствовали климатические изменения, а именно – колебания температуры и влажности (вероятнее всего, понижение температур и иссушение), которые неоднократно отмечались в позднем плейстоцене.

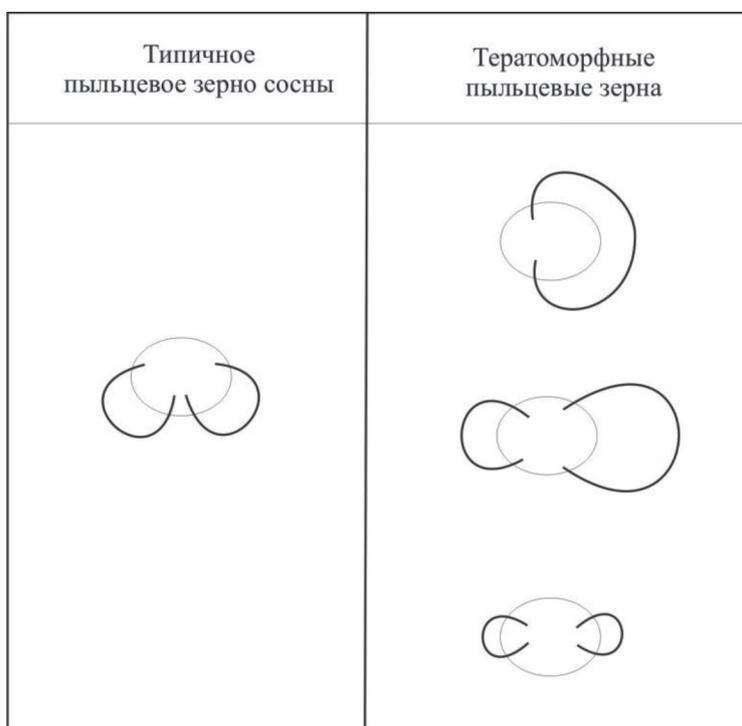


Рис. 2. Типичное и аномальные пыльцевые зерна сосны

Заключение

В последний ледниковый максимум бореальные темнохвойные леса состоящие из *Abies*, *Picea*, *Pinus*, покрывали значительные территории Корейского п-ова и о. Хонсю. Леса из *Betula* и *Larix* имели подчиненное значение. В местах с благоприятным микроклиматом произрастали умеренные широколиственные (*Quercus* s/g *Lepidobalanus*, *Ulmus*, *Carpinus*, *Juglans*, *Tilia*, *Fagus*, *Castanea*) и хвойные породы (*Tsuga* и *Cryptomeria*), а также некоторые теплолюбивые деревья (*Quercus* s/g *Cyclobalanopsis* и *Castanopsis*). Большие площади занимали ксерофитные луга. Климатические условия были значительно холоднее и суше, чем в настоящее время. Начавшееся около 13 тыс.л.н. потепление климата привело к постепенному вытеснению темнохвойных лесов листопадными широколиственными, состоящими из *Quercus* и *Fagus*. Резких похолоданий в районе исследования в позднеледниковье зафиксировано не было. Однако о нестабильных климатических условиях этого времени может свидетельствовать значительный процент тератоморфных пыльцевых зерен сосен. Не ярко выраженная по сравнению с бореальными областями реакция растительного покрова региона на резкие похолодания климата обусловлена, во-первых, положением района исследования в низких широтах, а во-вторых, нивелирующим действием теплого Цусимского течения.

Список литературы

1. Евстигнеева Т.А. Пыльца и споры в донных осадках Японского моря / Т.А. Евстигнеева // Фундаментальные исследования. – 2013. – № 6–6. – С. 1402–1405.
2. Takahara H. Millennial-scale in vegetation records from the East Asian Islands: Taiwan, Japan and Sakhalin / H. Takahara, Y. Igarashi, R. Hayashi, F. Kumon, P.-M. Liew, M. Yamamoto, S. Kawai, T. Oba, T. Irino // Quatern. Sci. Rev. – 2010. – V. 29. – P. 2900–2917.
3. Yi S. Holocene Vegetation Responses to East Asian Monsoonal Changes in South Korea // Climate Change – Geophysical Foundations and Ecological Effects, Juan Blanco (Ed.), 2011. – P. 157–178.
4. Gorbarenko S.A. Detailed Japan Sea paleoceanography during the last 25 kyr: constraints from AMS dating and $\delta^{18}O$ of planktonic foraminifera / S.A. Gorbarenko, J.R. Southon // Paleogeography, Paleoclimatology, Paleoecology. – 2000. – Vol. 156. – P. 177–193.
5. Верховская Н.Б. Изменения природной среды юга Японского моря и прилегающей суши в конце плейстоцена – голоцене / Н.Б. Верховская, С.А. Горбаренко, М.В. Черепанова // Тихоокеанская геология. – 1992. – № 2. – С. 12–21.
6. Chung C.H. Vegetation and climate history during the late Pleistocene and early Holocene from pollen record in Gwangju area, South Korea / C.H. Chung, H.S. Lim, H.J. Lee // Quaternary International. – 2010. – Vol. 227. – P. 61–67.
7. Hayashi R. Millennial-scale vegetation changes during the last 40,000 yr based on pollen records from Lake Biwa,

Japan / R. Hayashi, H. Takahara, A. Hayashida, K. Takemura // Quaternary Research. – 2010. – № 74. – P. 91–99.

8. Tarasov P.E. Progress in the reconstruction of Quaternary climate dynamics in the Northwest Pacific: A new modern analogue reference dataset and its application to the 430-kyr pollen record from Lake Biwa / P.E. Tarasov, T. Nakagawa, D. Demske, H. Österle, Y. Igarashi, J. Kitagawa, L. Mokhova, V. Bazarova, M. Okuda, K. Gotanda, N. Miyoshi, T. Fujiki, K. Takemura, H. Yonenobu, A. Flecka // Earth-Science Reviews. – 2011. – Vol. 108. – P. 64–79.

9. Мельникова Т.А. Аномальная пыльца рода *Pinus* L. как индикатор палеоклиматических флюктуаций в позднем голоцене / Т.А. Мельникова // Вестник ДВО РАН. – 2004. – № 3. – С. 178–182.

10. Дзюба О.Ф. Качественный состав палинологических спектров Санкт-Петербурга во время пыления сосны обыкновенной на территории города спутника ЛАЭС Со-сновый бор / О.Ф. Дзюба, С.В. Подойницyna // Проблемы современной палинологии: мат-лы XIII Росс. палинол. конф. Т. 2. – Сыктывкар: ИГ Коми НЦ УрО РАН, 2011. – С. 253–257.

References

1. Evstigneeva T.A. Pylca i spory v donnyh osadkah Japon-skogo morja / T.A. Evstigneeva // Fundamentalnye issledovani-ja. 2013. no. 6–6. pp. 1402–1405.
2. Takahara H. Millennial-scale in vegetation records from the East Asian Islands: Taiwan, Japan and Sakhalin / H. Takahara, Y. Igarashi, R. Hayashi, F. Kumon, P.-M. Liew, M. Yamamoto, S. Kawai, T. Oba, T. Irino // Quatern. Sci. Rev. 2010. V. 29. P. 2900–2917.
3. Yi S. Holocene Vegetation Responses to East Asian Monsoonal Changes in South Korea // Climate Change Geophysical Foundations and Ecological Effects, Juan Blanco (Ed.), 2011. pp. 157–178.
4. Gorbarenko S.A. Detailed Japan Sea paleoceanography during the last 25 kyr: constraints from AMS dating and $\delta^{18}O$ of planktonic foraminifera / S.A. Gorbarenko, J.R. Southon // Paleogeography, Paleoclimatology, Paleoecology. 2000. Vol. 156. pp. 177–193.
5. Verhovskaja N.B. Izmeneniya prirodnoj sredy juga Japon-skogo morja i priliegajushhej sushi v konce plejstocena golo-cene / N.B. Verhovskaja, S.A. Gorbarenko, M.V. Cherepanova // Tihookeanskaja geologija. 1992. no. 2. pp. 12–21.
6. Chung C.H. Vegetation and climate history during the late Pleistocene and early Holocene from pollen record in Gwangju area, South Korea / C.H. Chung, H.S. Lim, H.J. Lee // Quaternary International. 2010. Vol. 227. pp. 61–67.
7. Hayashi R. Millennial-scale vegetation changes during the last 40,000 yr based on pollen records from Lake Biwa, Japan / R. Hayashi, H. Takahara, A. Hayashida, K. Takemura // Quaternary Research. 2010. no. 74. pp. 91–99.
8. Tarasov P.E. Progress in the reconstruction of Quaternary climate dynamics in the Northwest Pacific: A new modern analogue reference dataset and its application to the 430-kyr pollen record from Lake Biwa / P.E. Tarasov, T. Nakagawa, D. Demske, H. Österle, Y. Igarashi, J. Kitagawa, L. Mokhova, V. Bazarova, M. Okuda, K. Gotanda, N. Miyoshi, T. Fujiki, K. Takemura, H. Yonenobu, A. Flecka // Earth-Science Reviews. 2011. Vol. 108. pp. 64–79.
9. Melnikova T.A. Anomalnaja pylca roda *Pinus* L. kak indikator paleoklimaticheskikh fljuktucij v pozdnem golo-cene / T.A. Melnikova // Vestnik DVO RAN. 2004. no. 3. pp. 178–182.
10. Dzubja O.F. Kachestvennyj sostav palinologicheskikh spektrov Sankt-Peterburga vo vremja pylenija sosny obyknovennoj na territorii goroda sputnika LAJeS Sosnovyj bor / O.F. Dzubja, S.V. Podojnicyna // Problemy sovremennoj palinologii: mat-ly XIII Ross. palinol. konf. T. 2. Syktyvkar: IG Komi NC UrO RAN, 2011. pp. 253–257.