

Conclusions. Forest fires are an important factor of functioning and dynamics of many natural ecosystems. Forest fires occur across all territories of the boreal zone. After analysis of remote sensing data, the most affected by fires region in the study

area are Smolensk and Pskov regions. The largest burned areas are detected on the territory of mixed coniferous forests and southern taiga.

Reviewer:

PhD in Geography N. N. Kalutskova

References:

1. Исаченко А. Г. Ландшафты СССР/А. Г. Исаченко. — Л.: ЛГУ, 1985. — 320 с.
2. Boschetti L. MODIS Collection 5 Burned Area Product MCD45. User Guide. Version 2.0/L. Boschetti, D. Roy, A. A. Hoffmann [Electronic resource]. — 2009. — 35 p. — Access mode: http://modis-fire.umd.edu/files/MODIS_Burned_Area_Collection5_User_Guide_2.0.pdf
3. Perera A. Ecology of a Managed Terrestrial Landscape: Patterns and Processes of Forest Landscapes in Ontario/A. Perera, D. Euler. — Seattle: University of Washington Press, 2002. — 336 p.
4. Rücker G., Tiemann J. Eleven Years of MODIS Burned Area: A GIS Analysis for the Territory of the United Republic of Tanzania. Project report/G. Rücker, J. Tiemann [Electronic resource]. — Zebris GIS and Consulting, 2012. — 54 p. — Access mode: <http://www.daressalam.diplo.de/contentblob/3655960/Daten/2661431/>

УДК 528.94: 551.4: 574.9

О. І. Сінна, А. Ю. Утевський, В. С. Попов

Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна

ЦИФРОВЕ МОДЕЛЮВАННЯ РЕЛЬЄФУ ДНА АКВАТОРІЙ У РАЙОНІ УКРАЇНСЬКОЇ АНТАРКТИЧНОЇ СТАНЦІЇ «АКАДЕМІК ВЕРНАДСЬКИЙ»

У статті викладено досвід розробки цифрових моделей рельєфу (ЦМР) дна акваторій у районі української антарктичної станції «Академік Вернадський». Оглядові цифрові моделі створено із використанням існуючих навігаційних та батиметричних карт, згодом їх деталізовано на основі даних ехолотної зйомки, здійсненої під час сезонних експедиційних досліджень 2014 р. При обробці та візуалізації даних застосовані геоінформаційні та веб-технології. ЦМР слугують основою для комплексного вивчення підводного біорізноманіття та обґрунтування ідеї створення морських охоронних районів у протоках Stella Creek та Skua Creek поблизу станції «Академік Вернадський».

Ключові слова: цифрові моделі рельєфу (ЦМР), Антарктика, біорізноманіття, морські охоронні райони, ГИС.

Е. И. Сенная, А. Ю. Утевский, В. С. Попов

ЦИФРОВОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РЕЛЬЕФА ДНА АКВАТОРИЙ В РАЙОНЕ УКРАИНСКОЙ АНТАРКТИЧЕСКОЙ СТАНЦИИ «АКАДЕМИК ВЕРНАДСКИЙ»

В статье изложен опыт разработки цифровых моделей рельефа (ЦМР) дна акваторий в районе украинской антарктической станции «Академик Вернадский». Обзорные цифровые модели созданы с использованием существующих навигационных и батиметрических карт, в последствии модели детализированы на основе данных эхолотной съёмки, осуществлённой во время сезонных экспедиционных исследований 2014 г. При обработке и визуализации данных применены геоинформационные и веб-технологии. ЦМР служат основой для комплексного изучения подводного биоразнообразия и обоснования идеи создания морских охранных районов в проливах Stella Creek и Skua Creek вблизи станции «Академик Вернадский».

Ключевые слова: цифровые модели рельефа (ЦМР), Антарктика, биоразнообразие, морские охранные районы, ГИС.

O. I. Sinna, A. Yu. Utevsky, V. S. Popov

DIGITAL SIMULATION OF THE SEA-BOTTOM RELIEF NEAR THE UKRAINIAN ANTARCTIC STATION «ACADEMIC VERNADSKY»

The article describes the experience of the development of the digital terrain models (DTM) of the sea-bottom near the Ukrainian Antarctic Station «Academic Vernadsky». Survey digital models were created by using existing navigation and bathymetric maps; later, models were based on detailed data of the echolocation survey that was conducted during the seasonal field research in 2014. During the processing and visualization of data, GIS and web technologies were used. DTMs provide the basis for a comprehensive study of underwater biodiversity and support the idea of the establishment of marine protected areas in the Stella Creek and Skua Creek straits near the station «Academic Vernadsky».

Keywords: digital elevation model (DEM), Antarctica, biodiversity, marine protected areas, GIS.

Вступ. Навесні 2015 р. на антарктичну станцію «Академік Вернадський» урочисто відкрито 20-ту ювілейну українську експедицію, однією із головних задач якої визначено узагальнення чималого досвіду комплексних досліджень на станції у попередні роки [5]. Безсумнівно, дослідження в Антарктиці є стратегічно важливими для України. На ряду із політичними перевагами, результати антарктичних досліджень дозволяють українським вченим залишатися на передовій лінії розвитку науки, адже геофізичні, геологічні, метеорологічні, біологічні та багато інших даних, отриманих на станції «Академік Вернадський», є справді унікальними. Тематика даної статті має відношення до декількох найбільш актуальних напрямів в області наук про Землю, а саме охоплює сучасну проблематику досліджень в Антарктиці, детального вивчення різних ділянок Світового океану, використання найбільш сучасних технічних засобів збору, обробки та презентації даних, зокрема ГІС та веб-технологій.

Вихідні передумови. Одним із пріоритетних напрямів досліджень в Антарктичному регіоні на міжнародному та національному рівнях визначено вдосконалення гідрографічного обстеження і картографування з метою забезпечення потреб мореплавства та охорони навколишнього середовища [4, 6]. Робоча програма Міжнародної гідрографічної організації (МГО) на 2013–2017 р. р. передбачає покращення тематичного картографування районів наукового інтересу, морського промислу, туристичної діяльності, а також районів Антарктики з особливим статусом охорони і управління. В рамках цих завдань Гідрографічна комісія з питань Антарктики при МГО координує питання гідрографічної зйомки та морської картографії в регіоні, збирає всі батиметричні дані, накопичені в рамках національних антарктичних програм [6].

У районі української антарктичної станції «Академік Вернадський» батиметричну карту архіпелагу Аргентинські острови було складено понад десятиліття тому, за результатами катерних ехолотних зйомок у 1998 р. і 2002 р. [2]. Карта стала складовою частиною Міжнародної батиметричної карти Південного океану. Крім того, існуючі карти району, складені Британським адміралтейством понад десятиліття тому, стали основою окремих картографічних сюжетів Національного атласу України [3]. Однак всі подібні матеріа-

ли у районі станції «Академік Вернадський» наразі вимагають перегляду та оновлення із необхідністю підвищення точності даних, використання більш сучасних технологій та можливостей не лише картографування, але й створення моделей підводного рельєфу та різноманітних процесів і явищ у межах акваторій досліджуваного району.

Ідея більш детального та сучасного вивчення рельєфу дна акваторій в районі станції «Академік Вернадський» з'явилася як результат багаторічних досліджень підводного біорізноманіття, організованих під час українських антарктичних експедицій. У межах біологічних досліджень для визначення структури та різноманіття бентосних угруповань в акваторії Аргентинських островів, було виконано більше, ніж 100 дослідницьких занурень під воду на глибини до 60 метрів у 2003–2004 р. р., більше, ніж 40 занурень на глибини до 50 метрів у 2011–2012 р. р. Занурення здійснювалися для досліджень видового різноманіття, якісного та кількісного складу бентосних угруповань, біомаси окремих видів, збору зразків фіто- та зообентосу, а також для отримання фото- та відеозображень. У процесі досліджень було встановлено, що біота є прекрасним ідентифікатором динамічних умов навколишнього середовища (температури та хімічного складу води, глибин, умов освітленості тощо), а також історичних факторів, виявлено просторові закономірності розподілу біоти у залежності від положення у рельєфі дна акваторій, зв'язок біотичних особливостей з існуючими підводними мезо- та мікроформами рельєфу [7]. Виходячи з цього, при подальшій камеральній обробці результатів експедиційних досліджень, виникла ідея організації єдиної бази даних про підводне біорізноманіття та продовження відповідних досліджень на комплексно-географічній основі — із залученням сучасних можливостей цифрового моделювання рельєфу та просторового аналізу біорізноманіття акваторій.

Метою даної статті є викладення досвіду розробки цифрових моделей рельєфу дна акваторій у районі української антарктичної станції «Академік Вернадський» (на основі існуючих картографічних матеріалів та даних ехолотної зйомки), ознайомлення з напрямками їх використання із застосуванням геоінформаційних та веб-технологій, визначення перспектив досліджень на основі розроблених ЦМР.

Виклад основного матеріалу. На первинному етапі реалізації ідеї щодо комплексного аналізу даних про біоту акваторій на основі прив'язки до особливостей підводного рельєфу, в 2013 р. було створено оглядову цифрову модель рельєфу (ЦМР) дна акваторій у районі станції «Академік Вернадський». На той момент, за умов відсутності інших даних про глибини району досліджень, для побудови ЦМР було використано існуючі навігаційні та батиметричні карти району Аргентинських островів. На окремих ділянках дані уточнювалися за рахунок інформації про глибини, які фіксувалися під час дослідницьких занурень для вивчення біоти під час антарктичних експедицій. Оглядова ЦМР мала порівняно невисоку точність, однак дозволила виявити та картографічно представити структуру рельєфу досліджуваного регіону, а також виділити деякі характерні причинно-наслідкові закономірності розповсюдження біоти.

Картографічні матеріали та тривимірні моделі на основі ЦМР були використані при обґрунтуванні ідеї створення морських охорон-

них районів (МОР) поблизу станції (Рис. 1). Підкреслюючи високе природоохоронне значення даних розробок, було рекомендовано окремі нові складові в змісті експедиційних досліджень українських вчених в Антарктиці на 2014 р. Зокрема, виділено ключові ділянки для вивчення біорізноманіття потенційних МОР, у межах яких протягом літнього сезону 19-ої Української антарктичної експедиції у 2014 р. виконано 20 дослідницьких занурень. При цьому, було рекомендовано традиційні методи досліджень бентосних угруповань доповнити акустичними спостереженнями із використанням ехолота-картплотера LOWRANCE HDS7® (Echosounder+GPS), який включено до переліку експедиційного спорядження. По завершенню експедиційних досліджень зібрані дані у форматах sl2, usr та grx були опрацьовані у програмних пакетах DrDepth® і Sonar Viewer, конвертовані для подальших досліджень в ArcGIS®. Дані було відредаговано із фільтрацією похибок значень замірів. Обробка даних ехолотної зйомки проводилася переважно за допомогою інструменту «Topo to Raster» додатку

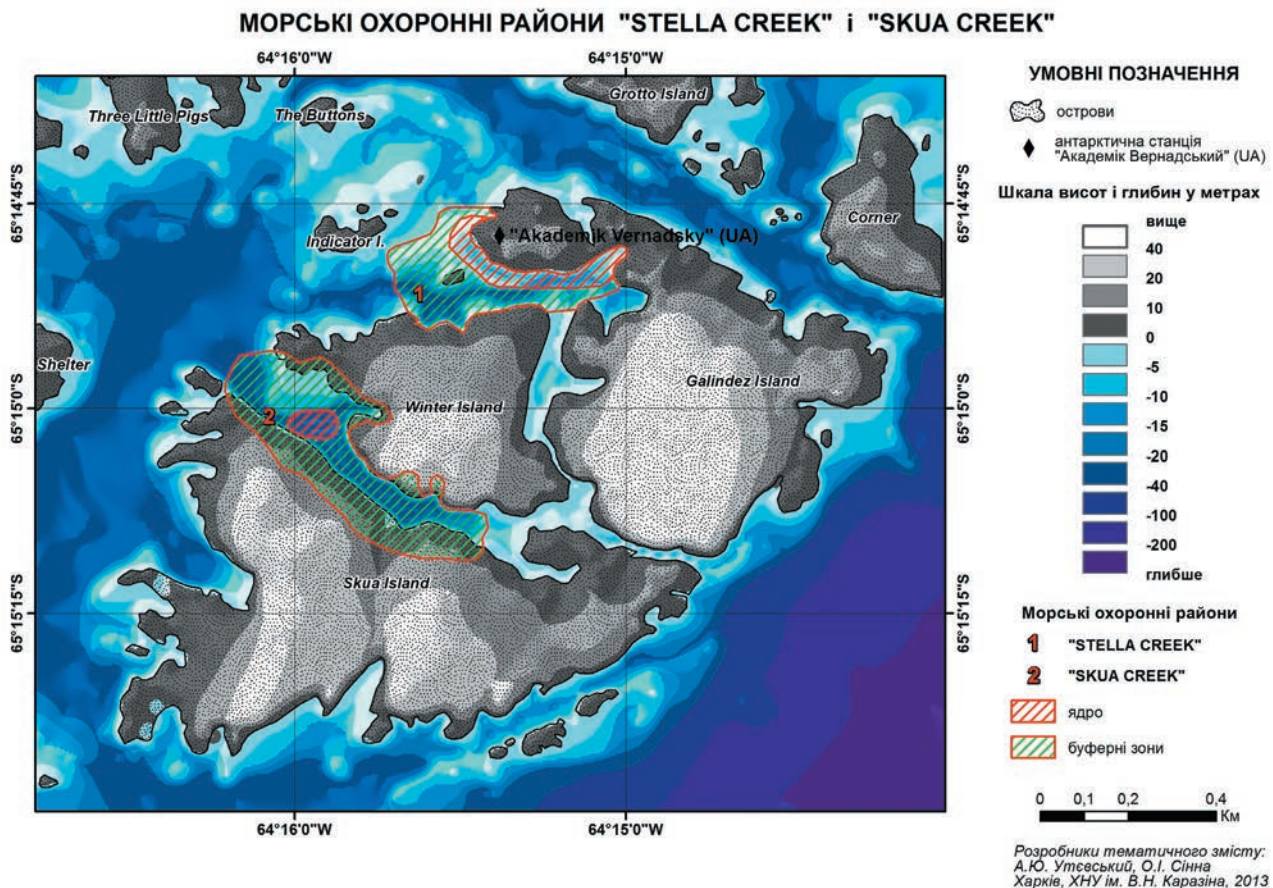


Рис. 1. Морські охоронні райони, пропоновані для створення в акваторіях поблизу станції «Академік Вернадський».

Spatial Analyst. На основі даних за маршрутами ехолотної зйомки розроблено декілька деталізованих цифрових моделей рельєфу дна ключових ділянок акваторій, у тому числі для проток Stella Creek (Рис. 2) та Skua Creek поблизу станції «Академік Вернадський», які плануються для включення до складу морських охоронних районів. Різні варіанти тривимірної візуалізації рельєфу на основі оглядової та деталізованих ЦМР було налаштовано в додатку ArcScene (Рис. 3).

Подальше обґрунтування створення МОР, у тому числі — завдання детального зонування районів охорони біорізноманіття, буде виконуватися на основі ЦМР з комплексним аналізом геоморфологічних контурів дна та просторового розподілу біоти, оформленням відповідних картографічних творів та тривимірних зображень.

Висновки і перспективи досліджень.

Цифрові моделі рельєфу дна акваторій у районі станції «Академік Вернадський», створені на основі спеціальної зйомки глибин, побудовані за допомогою найбільш сучасних геоінформаційних засобів, мають стати основою для продовження досліджень біорізноманіття. Одним із пріоритетних завдань досліджень є створення морських охоронних районів у протоках Stella Creek та Skua Creek.

У перспективі авторським колективом пропонується отримані результати цифрового моделювання рельєфу дна акваторій поблизу станції «Академік Вернадський» доповнити даними про підводний живий світ (як у вигляді наукоємних кількісних та якісних показників про біоту, так і у вигляді унікальних фото та відеокадрів) та представити у двох версіях реалізації: науковій та популярній. Наукова

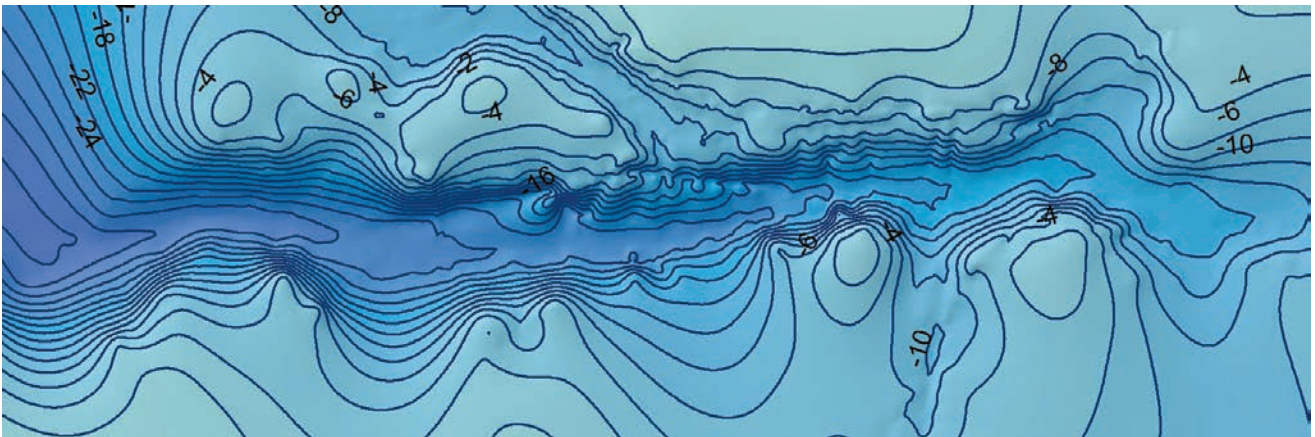


Рис. 2. Моделювання підводного рельєфу затоки Stella Creek (за даними ехолотної зйомки).

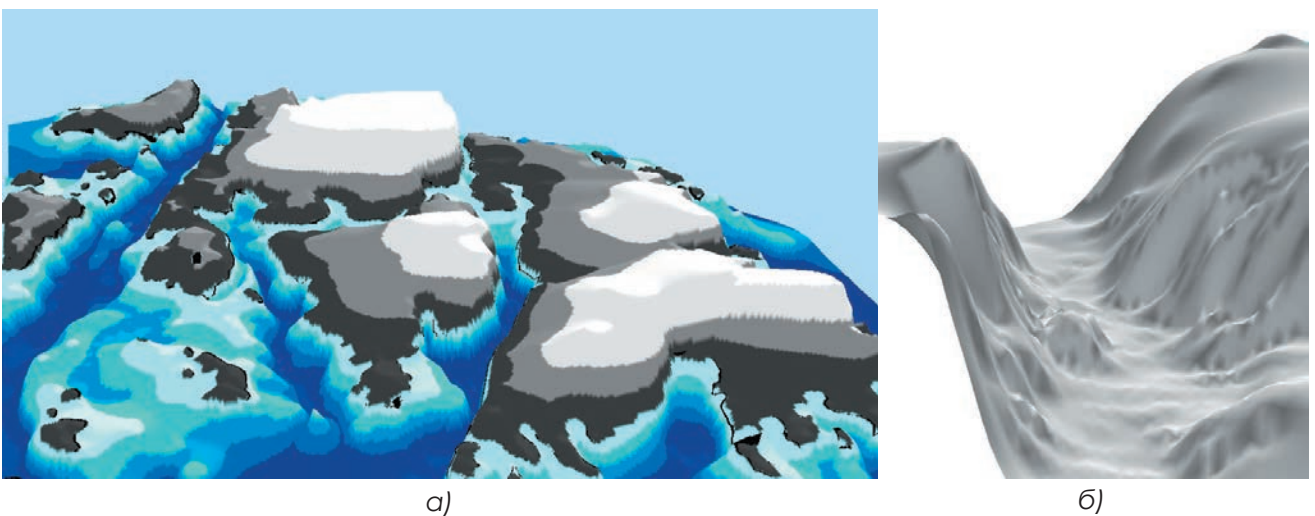


Рис. 3. Сцени тривимірної візуалізації цифрових моделей рельєфу в середовищі ArcGIS ArcScene: а) оглядова модель (за даними картографічних матеріалів); б) ділянка дна затоки Skua Creek (за даними ехолотної зйомки).

версія розробки, орієнтована на реалізацію засобами геоінформаційних систем та функціонування переважно у середовищі ArcGIS®, об'єднає всі наявні дані про біоту та постійно розширюватиметься за рахунок нових даних експедиційних досліджень. На даному етапі в її основу покладено набори базових геоінформаційних шарів у районі станції та цифрові моделі рельєфу дна, розроблені в рамках наших досліджень. Після узгодження всіх матеріалів даних тематичних досліджень планується інтегрувати наукову версію розробки до складу ГІС Національного антарктичного наукового центру [1] з метою забезпечення можливостей доступу до матеріалів для всіх українських дослідників Антарктики.

Популярна версія представлення підводного рельєфу та біоти у районі станції має бути розрахована на широке коло користувачів, що передбачає презентацію найбільш цікавих результатів, однак із неможливістю редагування та обмеженням доступу до всього набору первинних даних. Пілотний проект популярної версії розробки створено на основі авторських програмних кодів та відкритих веб-рішень (HTML, CSS, Java-script). Основою для розробки популярної версії стали матеріали із бази даних наукової версії, сформовані в середовищі ArcGIS, а також архіви зібраних даних по підводній біоті. Зокрема, оглядова тривимірна модель території із налаштованими графічними текстурами виду, візуалізована в ArcGIS ArcScene, була експортована у формат широкого використання VRML. В якості візуалізатора тривимірних

моделей формату VRML використано плагін для веб-браузера «Cortona 3D», що є безкоштовним для академічного використання. За авторськими програмними кодами його було вбудовано до складу веб-оболонки популярної версії із можливістю користуватися динамічною тривимірною моделлю з функціоналом візуалізації, близьким до моделі у науковій версії в ArcGIS ArcScene (вільно переміщуватися по моделі, наближати окремі ділянки, повертати модель та виконувати інші навігаційні дії). За первинною ідеєю, популярна версія може переглядатися через більшість сучасних веб-браузерів на основі Web-Kit та HTML. Цифрові моделі рельєфу дна акваторій та статичні карти території, які включені до популярної версії, були доповнені інтерактивними функціями виведення додаткових даних у певних точках за запитом користувача (фото, текстів, діаграм значень, рисунків гіпсометричних профілей за лініями досліджень біоти). У перспективі веб-додаток планується розповсюдити у вільному доступі у локальній мережі серед спеціалістів, що працюють з територіями в районі станції «Академік Вернадський», у відкритому доступі в Інтернет-середовищі для більш широкої аудиторії, а також використовувати в навчальних цілях і для виступів на наукових заходах.

Рецензент:

д. геогр. н., проф. В.А. Пересацько

Автори висловлюють подяку Національному антарктичному науковому центру за підтримку проведених досліджень.

Література:

1. ГИС Украинского антарктического центра [Електронний ресурс]//ECOMM Co. — 18.01.2013. — Режим доступу: http://www.ecomm.kiev.ua/images/docs/projects/project_antarktida.pdf
2. Гожик П. Ф. Карта рельефа дна мелководной зоны архипелага Аргентинских островов в районе украинской антарктической станции Академик Вернадский/П. Ф. Гожик, Р. Х. Греку, В. П. Усенко та ін.]/Геологічний журнал. — 2002. — № 1. — С. 128–131.
3. Ляшенко Д. О. Українські антарктичні дослідження. Антарктичний півострів [карта]/Д. О. Ляшенко, А. П. Федчук//Національний атлас України. — К.: ДНВП «Картографія», 2007. — 33 с.
4. Федчук А. П. Стан картографічного забезпечення Антарктики/А. П. Федчук//Часопис картографії. — 2013. — Вип. 6. — С. 84–93. — Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/j-pdf/ktvsh_2013_6_10.pdf
5. Фельдман В. Двадцять антарктична — на старт! [Електронний ресурс]//Національний антарктичний науковий центр. — 27.03.2015. — Режим доступу: http://www.uac.gov.ua/SitePages/News/News.aspx?news_list=custom_news_list_3_2015&item=5
6. Report by the International Hydrographic Organization (IHO) on «Cooperation in Hydrographic Surveying and Charting of Antarctic Waters»//Information Paper IP-70, XXXV Antarctic Treaty Consultative Meeting. — Hobart, 2012. — 13 p.
7. Utevska A. Yu. Development of the Marine Protected Area Network in the Argentine Islands area (Akademik Vernadsky Station, Ukraine)/A. Yu. Utevska, M. Yu. Kolesnykova, D.V. Shmyrov, O.I. Sinna//Ukrainian Antarctic journal. — No.13, 2014. — P. 225–230.