

## Усиление фундаментов административно-торгового здания при понижении отметок пола подвала

УДК 69.059.72

### Полищук Анатолий Иванович

д-р техн. наук, профессор, заслуженный строитель РФ, заведующий кафедрой «Основания и фундаменты» Кубанского государственного аграрного университета (Краснодар, Российская Федерация); e-mail: ofpai@mail.ru;

### Аркадий Александрович Петухов

доцент кафедры «Основания, фундаменты и испытания сооружений» Томского государственного архитектурно-строительного университета, e-mail: paa5579@mail.ru;

### Александр Александрович Тарасов

аспирант Томского государственного архитектурно-строительного университета, Томск, Россия; e-mail: tar.a.a@mail.ru

Статья получена: 07.02.2016. Рассмотрена: 14.02.2016. Одобрена: 28.02.2016. Опубликовано онлайн: 28.03.2016. ©РИОР

**Аннотация.** Рассматривается реконструкция подвальной части двухэтажного кирпичного здания в г. Томске. Основные задачи реконструкции включали углубление пола подвала с 2,5 до 4,5 м с устройством во внутренних несущих стенах проемов шириной до 3,5 м. Разработаны решения по усилению фундаментов, которые предусматривали переустройство бутовых ленточных фундаментов в железобетонные с использованием инъекционных свай. При этом отметка подошвы нового фундамента (ростверка) устраивается на 1,4 м ниже подошвы существующего фундамента.

**Ключевые слова:** реконструкция, обследование строительных конструкций, углубление подвала, усиление фундаментов здания.

Большинство каменных зданий исторической постройки города Томска возведены в период 1850–

1900 гг. За период их длительной эксплуатации (более 100 лет) в строительных конструкциях накопилось значительное количество дефектов и повреждений и они нуждаются в восстановлении. При реконструкции таких зданий часто ставится задача по увеличению рабочих площадей, переоборудования ранее неэксплуатируемых подвалов в эксплуатируемые помещения с их углублением. Характерным примером служит реконструкция здания административно-торгового центра «Аркада» по пр. Ленина, 113 в г. Томске. Научное обоснование его реконструкции осуществлялось сотрудниками кафедры «Основания, фундаменты и испытания сооружений» Томского государственного архитектурно-строительного университета в период с 2007 по 2010 г.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> В работе принимали участие: к.т.н., доц. С.В. Ющубе; к.т.н., доц. Г.И. Таюкин; инж. С.С. Нуйкин; инж. Р.В. Шалинов; маг. К.А. Полищук; инж. Р.В. Моисеенко.

### STRENGTHENING OF THE FOUNDATIONS ADMINISTRATIVE AND TRADE BUILDING AT DEEPENING OF THE FLOOR MARKS OF THE CELLAR Anatoly Polishchuk

Doctor of Engineering, Professor, Honored Builder of the Russian Federation, head of "Bases and foundations" Department, Kuban State Agrarian University (Krasnodar, Russian Federation); e-mail: ofpai@mail.ru;

### Arkadiy Petukhov

Associate Professor, Tomsk State architecture-construction university, e-mail: paa5579@mail.ru

### Aleksandr Tarasov

post-graduate student, Tomsk State university of architecture and building, Tomsk, Russia, e-mail: tar.a.a@mail.ru

Manuscript received: 07.02.2016. Revised: 14.02.2016. Accepted: 28.02.2016. Published online: 28.03.2016. ©РИОР

**Abstract.** Reconstruction of cellar part of the two-storeyed brick building in Tomsk is considered. The main objectives of reconstruction included deepening of a floor of the cellar with 2,5 to 4,5m with the construction in internal bearing walls of apertures width to 3,5 m. Decisions on strengthening of the foundations which provided a re-organization of the rubble tape foundations in concrete with use of injection piles are developed. Thus the mark of a sole of the new foundation is arranged 1,4 m below than a sole of the existing foundation. **Keywords:** reconstruction, inspection of construction designs, deepening of the cellar, strengthening of the foundations of the building.

Административно-торговое здание расположено в центральной части города Томска. За период длительной эксплуатации здание неоднократно реконструировалось, ремонтировалось и меняло свое функциональное назначение [1]. Здание двухэтажное, Г-образной формы в плане с размерами между габаритными осями  $36,9 \times 55,2$  м. Здание в плане состоит из нескольких частей, построенных в разное время и объединенных под одну крышу. Наиболее старой является часть здания в осях А-Д, 1–13 (год постройки ориентировочно 1862). По конструктивной схеме этот участок здания бескаркасный с несущими продольными и поперечными стенами.



а)



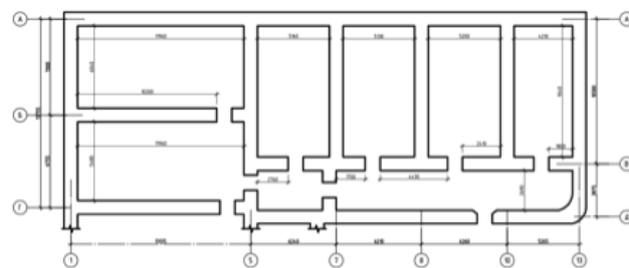
б)

**Рис. 1.** Общий вид здания по пр. Ленина, 113 в г. Томске: а – по состоянию на 1890г (ориентировочно); б – по состоянию на 2010г.

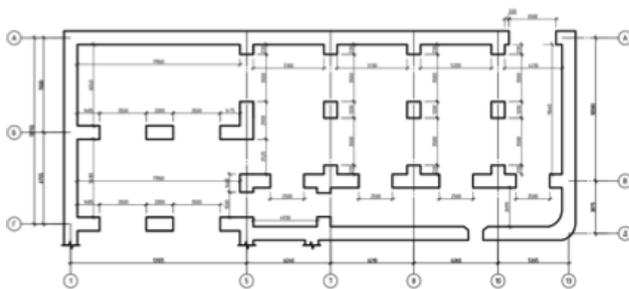
Собственник подвальных помещений здания по пр. Ленина, 113 планирует организовать в них кафе и ресторан. План-схема подвала здания по пр. Ленина, 113 до и после реконструкции на участке в осях А-Д, 1–13 приведены на рис. 2 и рис. 3 соответственно. Заказчик ставил перед исполнителем следующие основные задачи [1]: увеличить существующие площади подвального этажа; расширить существующие дверные проемы до 2,0 м и устроить новые проемы во внутренних несущих стенах до

3,5 м; увеличить высоту помещений подвала до 4,5 м с устройством новых фундаментов на отметке 1,2–1,5 м ниже отметки существующих.

Фундаменты здания под наружные и внутренние стены на участке в осях А-Д, 1–13 – мелкозаложенные, ленточные, бутовые на известково-песчаном растворе. Ширина подошвы фундаментов под наружные стены составляет 1,2–1,9 м, глубина заложения фундаментов под наружные стены составляет 0,5–1,2 м от пола подвала (2,5–3,7 м от уровня наружной планировки). Ширина подошвы фундаментов под внутренние стены составляет 1,1–2,1 м, а глубина их заложения составляет 0,8–2,0 м от пола подвала (3,2–4,0 м от уровня наружной планировки).



**Рис. 2.** План подвала здания на участке в осях А-Д, 1-13 (до реконструкции)



**Рис. 3.** План подвала здания на участке в осях А-Д, 1-13 (после реконструкции, проектное решение)

Установлено, что фундаменты здания в целом находятся в ограниченно работоспособном, а частично в недопустимом техническом состоянии (по СП 13-102-2003). В недопустимом состоянии находятся преимущественно фундаменты под внутренние несущие стены, особенно на участках примыкания к наружным стенам, а также большинство фундаментов под наружные несущие стены здания. При этом наблюдается расслоение бутовой кладки фундаментов, вывал бутовых камней кладки, оседание фундаментов. Кроме того, известково-пес-

чаный раствор в бутовой кладке фундаментов под наружные стены по осям выкрашивается, ранее подвергался интенсивному увлажнению. Прочность бутовой кладки фундаментов на этих участках снижена. Установлено, что на действующие в настоящее время нагрузки и при существующем конструктивном решении подвала (без перепланировки помещений и без понижения отметки его пола) в основном выполняются требования расчетов основания фундаментов по деформациям [2]. При этом обеспечивается прочность, устойчивость основания фундаментов здания. В случае же выполнения работ по перепланировке помещений и понижению пола подвала до существующих отметок подошвы фундаментов будет нарушена прочность и устойчивость основания (требования расчетов по несущей способности не выполняются).

Стены здания на участке в осях А-Д, 1–13 – кирпичные из красного керамического кирпича на известковом и известково-песчаном растворе. Стены подвала бутовые на известково-песчаном растворе и кирпичные из красного керамического кирпича. Ширина наружных стен подвала составляет 1,2–1,3 м, внутренних – 0,9–1,9 м. Кирпичная кладка стен подвала не армирована. Большинство стен подвала имеют дефекты и повреждения в виде трещин, вывалов кирпича и бутового камня. Установлено, что несущая способность стен без учета повреждений и дефектов обеспечена.

Перекрытие подвала – железобетонное, монолитное по металлическим и железобетонным балкам, а на отдельных участках – кирпичные своды по стальным балкам. Междуетажное и чердачное перекрытия – монолитные железобетонные с использованием в качестве жесткой арматуры металлических прокатных балок.

Крыша здания стропильная, скатная. Несущими конструкциями крыши являются деревянные наслонные стропила. Кровля устроена из металочерепицы по деревянной обрешетке.

Площадка здания приурочена к высокой пойме реки Томи, примыкающей к склону Томь-Яйского водораздела. В геолого-литологическом строении площадки до разведанной глубины 12,0–15,0 м принимают участие верхнечетвертичные (аQIV) отложения высокой поймы реки Томи на контакте с отложениями склона Томь-Яйского водораздела, перекрытые с поверхности современными техногенными отложениями (tQIV). Инженерно-геологический разрез площадки (рис. 4) с поверхности

представлен: суглинками от текучей до мягкопластичной консистенции; супесями текучими; песком мелким водонасыщенными гравийно-галечниковыми отложениями с песчаным заполнителем. На площадке здания вскрыт комплекс подземных вод, состоящий из трех горизонтов, складывающийся крайне сложные гидрогеологические условия [3].

Несущим слоем фундаментов здания является суглинок мягкопластичный (ИГЭ № 2), залегающий до глубины 4,2–4,8 м от поверхности. Вблизи подошвы фундаментов здания проходят подземные воды типа «верховодка», которые имеют локальное распространение по подошве насыпных грунтов.

Для обеспечения возможности углубления подвала были организованы наблюдения за появлением подземных вод в основании фундаментов [4]. Проведенные наблюдения позволили выявить участки здания, где уровень подземных находился вблизи подошвы существующих фундаментов, установить и исключить источники замачивания основания.

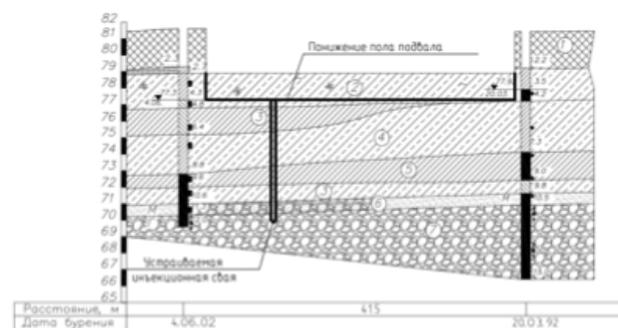


Рис. 4. Инженерно-геологический разрез площадки и схема посадки здания и инъекционных свай усиления (ООО «НТФ Геостройпроект», 2003 г.)

Для повышения эксплуатационной надежности строительных конструкций подвала здания необходимо выполнить целый комплекс ремонтно-восстановительных работ, включающих усиление фундаментов, стен и перекрытия подвала здания [1].

По результатам моделирования работы грунтов в основании фундаментов на ПК Plaxis [5] было выявлено, что понижение отметок пола подвала приводит к появлению дополнительных осадков фундаментов, превышающих на 15–20% существующие. Это объясняется появлением дополнительных нагрузок на грунт основания за счет перепланировки помещений и изменением его напряженного состояния при понижении отметок пола подвала.

Данные моделирования в совокупности с инженерными методами расчета позволили разработать конструктивные решения для реконструкции подвала здания.

Технические решения по углублению пола подвала до 4,5 м на участке в осях А-Д, 1–13 предусматривало устройство новых фундаментов взамен существующих [1]. Основной сложностью в решаемой задаче явилось не столько углубление пола подвала, сколько необходимость устройства во внутренних и наружных несущих стенах подвала новых проемов шириной до 3,5 м (рис. 3). При устройстве таких проемов пришлось демонтировать основную часть внутренних несущих стен, что фактически изменило конструктивную схему здания в уровне подвала. При устройстве таких проемов в подвале здания нагрузка на основание от внутренних столбов (после демонтажа участков стен) стала сосредоточенной вместо погонной. Несущей способности фундаментов [2], даже при увеличении площади их подошвы на новой отметке (с учетом углубления) было недостаточно.

Было принято решение об устройстве на рассматриваемом участке подвала (в осях А-Д, 1–13) свайных фундаментов из инъекционных свай [6, 7] под внутренние столбы и наружные стены (рис. 5). Кроме того, с учетом реконструкции подвала без вывода здания из эксплуатации основную сложность составляла технологическая последовательность выполнения работ по усилению. Технологическая последовательность [1] усиления фундаментов включала 21 этап под внутренние стены и 8 этапов под наружные стены. Один из этапов усиления приведен на рис. 6.

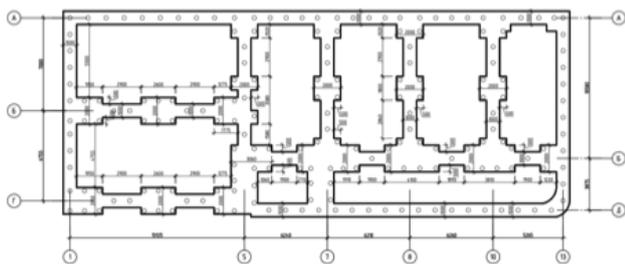


Рис. 5. Схема устройства инъекционных свай на участке в осях А-Д, 1-13 с углублением пола подвала до 4,5 м

Рассмотрим основное решение по усилению внутренних стен подвала с углублением пола до 4,5 м и устройством проемов в стенах (на примере стены в осях 10, А-В). Вначале выполнялось устрой-

ство временных разгружающих деревянных рам вдоль стены с двух сторон, воспринимающих нагрузку от перекрытия подвала. Затем выполнялось устройство монолитной железобетонной балки по всей длине стены, впоследствии выполняющей роль перемычки (рис. 7а). Производилась разборка участка стены подвала шириной 2,0 м в месте устройства нового железобетонного столба в центре стены по оси 10 и откопка приямка до отметки подошвы фундамента. На этом участке возводился монолитный железобетонный столб сечением 1,2х1,0 м в плане (рис. 7б). Столб устраивался на железобетонном монолитном фундаменте размером 2,0х1,2 м, выполняющем в последствии роль ростверка.

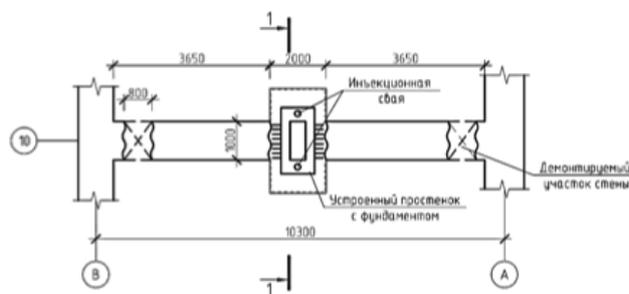
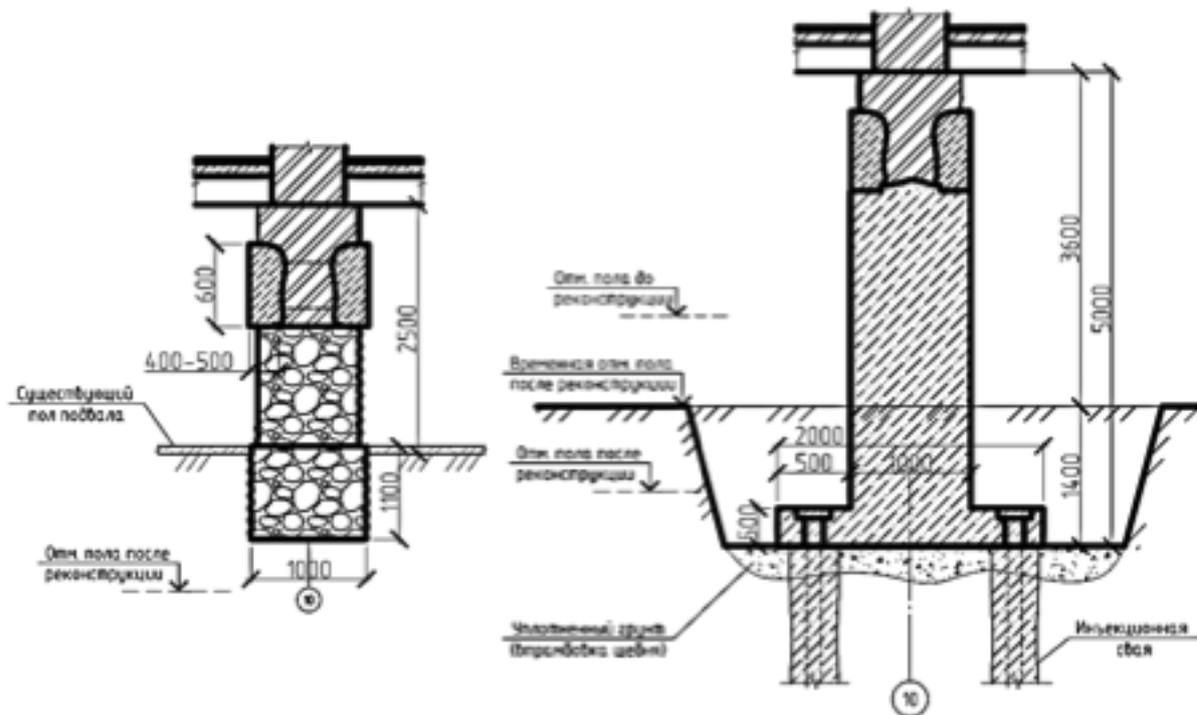


Рис. 6. Решение по усилению фундаментов здания на участке в осях А-Д, 1-13 с углублением пола подвала до 4,5 м; – этап № 10 – демонтаж участка фундамента и стены подвала

В уширении фундамента (ростверке) предусматривалось установка закладных деталей в виде гильз, которые позволяли устраивать инъекционные сваи через тело ростверка (рис. 6, рис. 7б). После набора прочности бетона столба и ростверка производилось изготовление инъекционных свай (рис. 7б). Аналогичным способом на участках примыкания стены по оси 10 к продольным стенам здания под монолитной железобетонной балкой устраивались монолитные железобетонные пилоны с ростверком и инъекционными сваями (рис. 6). После изготовления железобетонного столба и пилонов включалась в работу устроенная ранее (рис. 7а) монолитная железобетонная балка и вся нагрузка от надземных конструкций передавалась на вновь устроенные столб, пилоны и их фундаменты. Затем производилась разборка участков стен между столбом и пилонами, образуя проемы в стенах шириной 3,5 м (рис. 3). Для повышения жесткости участка стен ростверка столба и пилонов объединялись монолитной железобетонной лентой с устройством инъекционных свай (рис. 5).



**Рис. 7.** Решение по усилению фундаментов здания на участке в осях А-Д, 1-13 с углублением пола подвала до 4,5 м: а – этап № 4 – устройство монолитной железобетонной балки; б – этап № 9 устройство инъекционных свай под внутренний железобетонный столб

Усиление фундаментов под наружные стены производилось путем подведения под подошву существующего фундамента инъекционных свай с шагом 1,1–1,4 м (рис. 5) с формированием монолитного железобетонного ленточного ростверка. Наружная стена, учитывая ее состояние, была усилена с помощью железобетонной рубашки с внутренней стороны стены подвала. После усиления фундаментов под внутренние и наружные стены производилась

откопка пола подвала до проектной отметки и устройство железобетонного пола подвала.

Таким образом, для рассматриваемого здания разработаны технические решения по реконструкции подвала административно-торгового здания, включающие: перепланировку его помещений; углубление пола до 4,5 м на участке в осях А-Д, 1–13; расширение существующих дверных проемов; устройство новых дверных проемов и входных узлов.

## Литература

1. Заключение на тему: «Усиление фундаментов и надфундаментных строительных конструкций подвала здания по пр. Ленина, 113 в г. Томске при увеличении его высоты (участок в осях А-Д, 1-13)». Том 1, 2 – Томск: ООО «СНПО Геотом», 2007 г.
2. Полищук, А.И. Основы проектирования и устройства фундаментов реконструируемых зданий / А.И. Полищук. – Нортхэмптон: STT; Томск: STT, 2007. – 476 с. – ISBN 0-9702353-6-4 (STT, Нортхэмптон); ISBN 5-93629-128-6 (STT, Томск).
3. Отчет. Инженерно-геологические условия площадки реконструкции административного двухэтажного здания для торгового центра по пр.Ленина, 113 в г.Томске». – Томск: ООО НПФ«Геостройпроект», 2002. – 27 с.
4. Петухов А.А., Полищук К.А.О закономерностях изменения уровня подземных вод в основании фундаментов реконструируемого здания // Труды VI Международной конференции студентов и молодых ученых «Перспективы развития фундаментальных наук» / Томский политехнический университет. – Томск, 2009. – т. 2. – С. 769-771.
5. Полищук А.И., Петухов А.А., Шалгинов Р.В., Полищук К.А. Оценка работы оснований фундаментов реконструируемых зданий при понижении отметок пола подвала // Труды международной конференции «Фундаменты глубокого заложения и проблемы освоения подземного пространства» / Пермский национальный исследовательский политехнический университет. – Пермь, 2011. – т. 1. – С. 235-241.
6. Пат. 2238366. Российская Федерация, МПК7 Е 02 D 5/34. Способ устройства инъекционной сваи / Полищук А.И., Герасимов О.В., Петухов А.А., Андриенко Ю.Б., Нуйкин С.С.; опубл. 20.10.04, Бюл. № 29.
7. Полищук А.И., Петухов А.А. Усиление фундаментов зданий в г.Томске с использованием свай // Геотехнические проблемы строительства на просадочных грунтах в сейсмических районах: тр. III-го Центрально-Азиатского междунар. геотехнического симпозиума в 2 т. / Научн.-иссл. и проект.- изыск. инст. «САНИИОСП» гос. комитета стр-ва и арх. респ. Таджикистан. – Душанбе, 2005. – т. 1. – С. 198-201.

## References

1. Conclusion on the theme: «Strengthening foundations and building structures advancement in the basement of a building on Lenin Avenue, 113 in the city of Tomsk with increasing height (the plot in the axes A – L, 1-13)». Volume 1, 2 Tomsk open company «SNPO of Geocom», 2007
2. Polishuk A.I. Osnovi proektirovaniya i ustroystva fundamentov rekonstruirovannykh zdaniy [Fundamentals of design and installation of foundations reconstructed buildings]. Northampton, Tomsk, 2007, 476 p.
3. Report. Engineering-geological conditions of the site of the reconstruction of two-storied office building for a shopping center on Lenin Avenue, 113 in Tomsk». – Tomsk: OOO NPF «Geostrophic», 2002. – 27
4. Petuhov A.A., Polishuk K.A. The patterns of change in groundwater level at the base of foundations reconstructed buildings. Trudy 6 Mezhdunarodnoy konferencii studentov i molodih uchenih «Perspektivi razvitiya fundamentalnih nauk [Proc. 6th Int. conference students and younger scientist «Prospects of development fundamental sciences»]. Tomsk. Politechnical university, 2009, t.2., pp.769–771 (In Russian)
5. Polishuk A.I., Petuhov A.A., Shalginov R.V., Polishuk K.A. Evaluation of work of foundations reconstructed buildings at lower elevations of the basement floor. Trudi Mezhdunarodnoy konferencii «Deep foundations and problems of underground space development». [Proc Int. conference Deep foundations and problems of underground space development]. Perm national politechnical university, 201. T 1, pp.235–241 (In Russian)
6. Polishuk A.I., Gerasimov O.V., Petuhov A.A., Andrienko Yu.B., Nyikin S.S. Pat. 2238366. Russian Federation, IPC 7 E 02 D 5/34. Method of device for injecting piles, bul.29
7. Polishuk A.I., Petuhov A.A. Strengthening the foundations of buildings in the city of Tomsk with piles. Geotechnical problems of construction on subsiding soils in seismic regions. Trudi 3 Centralnogo Aziatskogo mezhdunarodnogo geotekhnicheskogo simpoziuma [Central Asian Intern. geotechnical Symposium]. Dushanbe, 2005, t.1, pp.198–201 (In Russian)