

МОРФОЛОГИЯ И СОСТАВ ОБЛОМОЧНОГО ЗОЛОТА ИЗ ОТРАБОТАННЫХ РОССЫПЕЙ КОЖИМСКОГО РАЙОНА (ПОЛЯРНЫЙ УРАЛ)

В.А. Петровский, гл. науч. сотр. Институт геологии Коми НЦ УрО РАН, д-р геол.-минер. наук, petrovsky@geo.komisc.ru

А.Е. Сухарев, ст. науч. сотр. Институт геологии Коми НЦ УрО РАН, канд. геол.-минер. наук, sukharev@geo.komisc.ru

Охарактеризованы золотины извлеченные из гале-эфельных и аллювиальных отложений отработанных россыпей Кожимского района Приполярного Урала. На основе морфологии и химического состава золотин сделаны предположения об удаленности и зрелости россыпей.

Ключевые слова: минералогия, золото, россыпи.

THE MORPHOLOGY AND COMPOSITION OF DETRITAL GOLD FROM WASTE PLACERS OF KOZHIMSKY AREA (POLAR URALS)

V.A. Petrovsky, Chief Researcher, Institute of Geology Komi SC UB RAS, Ph. D., petrovsky@geo.komisc.ru

A.E. Sukharev, Senior Researcher, Institute of Geology Komi SC UB RAS, Doctor of Earth Sciences, sukharev@geo.komisc.ru

Characterized gold extracted from the pebble-sand-clay tailings and alluvial deposits of waste placers of Kozhinsky area of the Subpolar Urals. On the basis of morphology and chemical composition of gold made assumptions about the remoteness and maturity of placers.

Keywords: mineralogy, gold, placers.

Введение

Были исследованы золотины, извлеченные из аллювиальных отложений и гале-эфельных отвалов на полигонах, отработанных россыпей в Кожимском золото-россыпном районе во время плановых экспедиционных работ Института геологии Коми НЦ УрО РАН в 2013 г. (студент-геолог Сыктывкарского госуниверситета П. Смирнов, нач. отряда А.Ф. Хазов, гл. науч. сотр. В.А. Петровский, ст. науч. сотр. А.Е. Сухарев). Исследованные золотины подразделяются по облику на объемные, пластинчатые, чешуйчатые, лепешковидные, стержневидные, а по форме округлые и округло-угловатые зерна (рис. 1). В СЭМ их можно подразделить на четыре морфологические разновидности: вытянутые овалообразные, округлые с гладкой поверхностью, округлые с замятыми краями, угловатые и завернутые (рис. 2). Размер золотин колеблется в пределах 110—1800 мкм. По составу они варьируются в широком диапазоне, но очень неравномерно. Если использовать классификацию Н.В. Петровской [1], то упомянутую вариацию можно охарактеризовать следующим распределением (%): весьма высокопробные — 66,7; высокопробные — 16,7; умеренно высокопробные — 11,1; относительно низкопробные — 5,5 (табл. 1). При этом наибольший разброс установлен для Правитель-ственного и Центрального участков, в которых доля умеренно высокопробных и относительно низкопробных золотин составляет соответственно 50 и 21 %.

Методы исследований

В качестве основного метода исследований аллювиальных отложений был применен шлихоминералогический анализ. В Институте геологии Коми НЦ УрО РАН золотосодержащие шлихи были разделены в бромформе на тяжелую и легкую фракции. Затем тяже-

лая фракция магнитом была подразделена на 5 фракций: магнитную, I электромагнитную, II электромагнитную, III электромагнитную и неэлектромагнитную. После этого минеральный состав каждой фракции был изучен под бинокляром и оптическим микроскопом. Состав основных минералов определялся рентгеноспектральным микрозондовым методом на аналитическом растровом электронном микроскопе Tescan Vega 3 LMN.



Рис. 1. Обломочное золото из аллювильных отложений рек Кожим и Балбанью

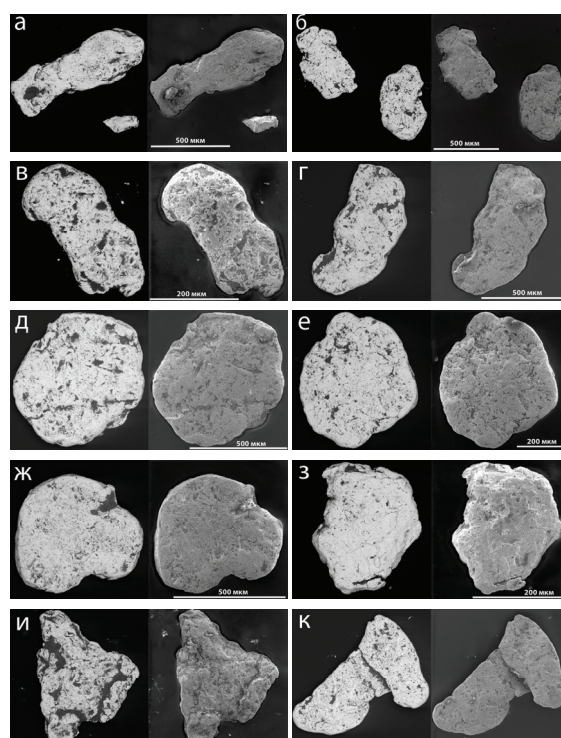


Рис. 2. Морфология исследованных золотин

а—г — вытянутые овалообразные; д—ж — округлые с гладкой поверхностью; з — золоти́на с замятыми краями; и — угловатая золоти́на; к — завернутая пластинка. СЭМ-изображения в режимах отраженных и вторичных электронов

Таблица 1

Характеристика исследованных золотин

№ п/п	Место отбора	Число золотин	Описание	Размер по бинокляром, мм	Размер по СЭМ-изобра- жениям, мкм	Параметр формы	Химический состав, масс. %	
							Au	Ag
р. Балбанью								
1	Участок Малдинский	2	Чешуйки	0,3–0,5	350×610 340×600	1,77 1,61	98,48 99,56 100 99,99	1,52 0,44 не обн. 0,01
р. Кожим								
2	Участок Пра- вительствен- ный	2	Пластинки различной формы	0,2–0,7	880×335 230×110	2,18 1,84	99,24 96,84 80,46 74,21	0,76 3,16 19,54 25,79
3	Участок Пра- вительствен- ный	1	Утолщенная чешуйка	0,3×0,5	370×425	1,34	83,82 93,08	16,18 6,92
4	Участок Центральный	1	Пластина завернутая	2×1	1800×1020	2,23	94,74 100	5,26 не обн.
5	Участок Центральный	3	Чешуйки причудливые, объемные, одна треугольная	0,5-1	615×905 1110×480 850×650	1,26 2,00 1,61	100 100 94,84 96,53 92,11 91,22	не обн. не обн. 5,16 3,47 7,89 8,78
6	Участок Центральный	4	Чешуйки и лепешко- видные	0,3–1	1075×650 360×225 310×205 520×450	1,37 1,36 1,45 1,20	73,9 97,18 81,28 85,61 92,69 99,02 100 99,98	26,1 2,82 18,72 14,39 7,31 0,98 не обн. 0,02
7	Устье р. Балбанью	1	Лепешко- видная	0,5	560×515	1,26	97,38 100	2,62 не обн.
8	Устье р. Балбанью	2	Утолщенные объемные чешуйки	0,3–1	870×420 725×640	1,82 1,20	100 100 99,8 100	не обн. не обн. 0,2 не обн.
9	Участок Таврота	1	Крючковатое	0,3	345×150	1,86	96,69 98,8	3,31 1,2
10	Участок Таврота	1	Угловатая чешуйка	0,3	280×200	1,39	99,39 100	0,61 не обн.

Результаты и их обсуждение

Традиционным источником информации о генезисе россыпей является форма претерпевших механический износ золотин, к определению которой существует несколько подходов. Наиболее известным и часто используемым до настоящего времени является метод бальной оценки степени окатанности золотин, реализуемый путем сравнения золотин с

набором эталонных изображений или путем испытания золотин перечнем руководящих признаков. Наряду с таким методом экспертной оценки существуют и количественные показатели, к числу которых можно отнести коэффициенты уплощения $K_y = (a+b)/2c$, округленности $(b/a)^{1/2}$, сферичности $(bc/a^2)^{1/2}$, в которых a , b , c — соответственно длина, ширина и толщина золотины. К такого рода показателям относится и так называемый коэффициент формы Б.В. Чеснокова [2]: $\Phi = P_1/P_2$, в котором P_1 — периметр круга, равновеликого по площади оцениваемой золотины, а P_2 — периметр самой золотины [2]. Общим недостатком всех упомянутых выше коэффициентов является их малая чувствительность к извилистости контуров золотин, которая как раз и несет информацию о важнейших подробностях окатывания и истирания.

При анализе исследуемых золотин в качестве параметра их формы нами было использовано отношение периметра золотины к длине окружности, вписанной в эту золотину (рис. 3). Такой коэффициент является не только важной характеристикой степени окатанности, но и отражает степень извилистости контура золотины, которая при механическом износе золотин уменьшается, а при их дорастании в условиях захороненных россыпей увеличивается. Объектами измерений и расчетов послужили СЭМ-изображения золотин с современных аллювиальных россыпей Кожимского золотороссыпного района.

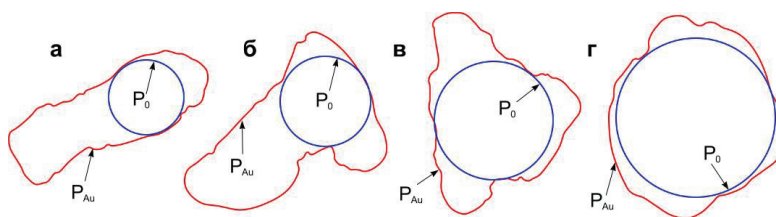


Рис. 3. Определение параметра формы как отношения периметра изображения золотины (P_{Au}) к периметру окружности, вписанной в это изображение (P_0)

а — золотина удлиненной формы; б — золотина сложной формы; в — угловатая золотина; г — изометричная золотина

Полученные данные обобщены в виде диаграммы в координатах среднего значения коэффициента вариации параметра формы (рис. 4). В центре диаграммы располагаются точки коренных золоторудных месторождений, характеризующихся сложными неоднородными по форме золотиными (рис. 4, поле А). При переходе от коренных месторождений к россыпям ближнего сноса золотины постепенно упрощаются и усредняются по форме с тенденцией к изометризации (рис. 4, поле Б). Золотины в речных россыпях дальнего сноса и многократного переотложения отличаются самыми изометричными и устойчивыми по форме золотиными (рис. 4, поле В). Именно в это попадает и точка, отвечающая исследованным нами золотинам с кожимских россыпей. Таким образом, эти золотины можно отнести к продуктам многократного переотложения, дальнего переноса и соответственно длительного на них механического воздействия внешней среды.

Внутренняя структура золотин пористая и неоднородная. В поперечном срезе отмечают каймы облагораживания, включения зерен кварца, рутила, плагиоклаза и каверны заполненные обломками тех же минералов и субмикронными частицами золота (рис. 5). Локальный анализ состава золотин показал, что проба на их поверхности систематически превышает таковую внутри золотин. На поверхности проба золотин колеблется в пределах 912—1000 %, составляя в среднем около 990 %. Содержание Ag соответственно варьируется от 1,65 до 8,8 мас.%, достигая в среднем лишь 4,6 мас.%. В центре золотин проба изменяется от 860

до 984 %, давая в среднем 919 %. Содержание Ag, отвечающее центральным частям золотин колеблется в пределах 1,6—14 мас. %, составляя в среднем 8 мас. %. В единичном случае в составе золотины обнаружено 0,92 мас. % ртути.

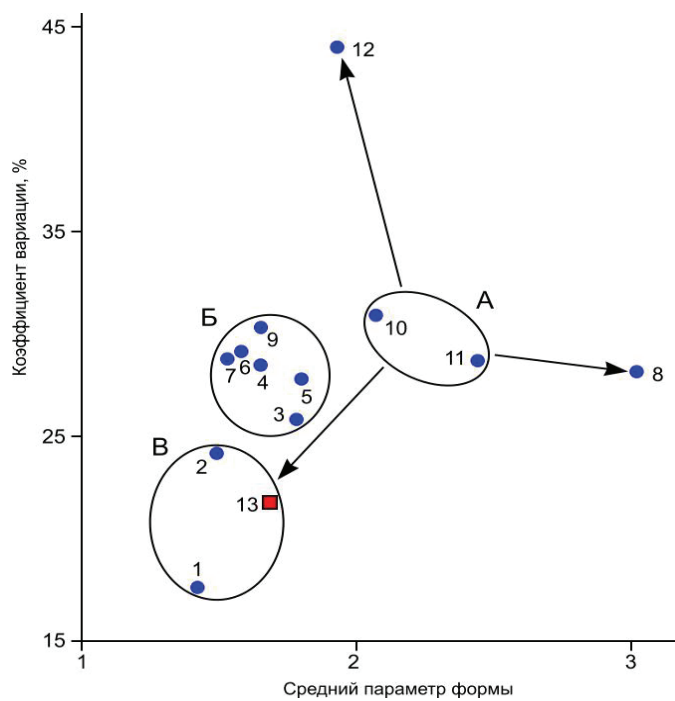


Рис. 4. Статистические различия формы золотин из проявлений и месторождений различного происхождения

1 — современный аллювий на гряде Чернышева [3]; 2 — юрские терригенные отложения в Вятско-Камской впадине [4]; 3—7 — аллювиальные россыпи, соответственно, на Тимане и Приполярном Урале [5], в Западной Якутии [6], на Северном Урале и в Предуральском краевом прогибе [7—9]; 8 — «живая» Большешалдинская россыпь на Среднем Урале [10]; 9 — золото-алмазные россыпи в бассейне р. Макаубас (Восточная Бразилия); 10, 11 — золото-сульфидно-углеродистые руды на месторождениях, соответственно, Мурунтау [11] и в Западной Калбе [12]; 12 — золотоносная кора выветривания Каталамбинского месторождения (Приполярный Урал) [13]; 13 — аллювиальные россыпи на р. Кожим (Приполярный Урал). Условные поля: А — коренных золоторудных месторождений; Б — россыпей ближнего сноса; В — россыпей дальнего сноса

Заключение

Размер и морфология золотин в речных россыпях широко варьируется и явно коррелируется с историей образования россыпей, а именно с дальностью переноса, кратностью переотложений, особенностью диагенеза золотин.

В качестве количественного критерия степени модифицирования золотин в процессе формирования речных россыпей может быть эффективно использован так называемый фактор формы, который вычисляется как отношение реального периметра золотины к длине окружности вписанной в золотину окружности. Проведенный анализ показал, что колебания величины такого фактора хорошо коррелируется с генезисом россыпей, давая возможность не только различать речные россыпи ближнего и дальнего сноса, речные россыпи, претерпевшие и не претерпевшие значительные диагенетические изменения, но и отличать речные россыпи от золотоносных кор выветривания.

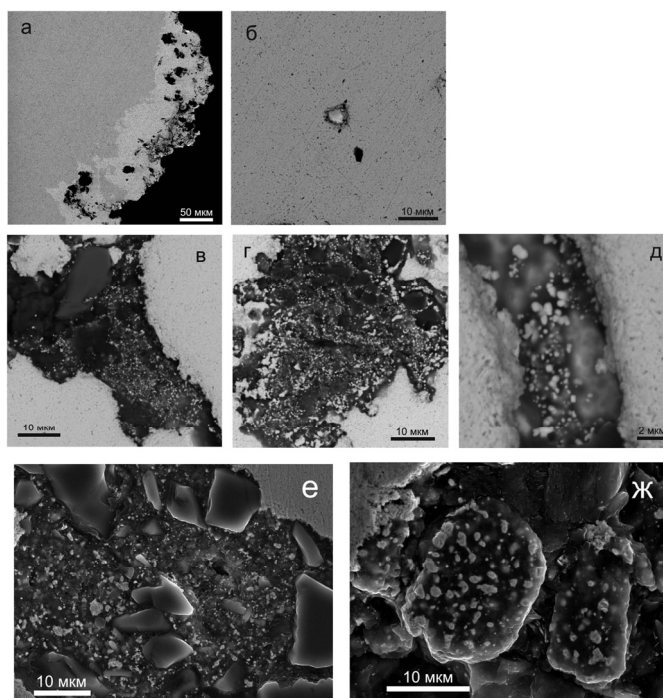


Рис. 5. Внутреннее строение золотины

а — кайма обогащения; б — микровключение кварца; в—ж — каверна в золотине (темное), заполненная зернами рутила, кварца и субмикронными частицами тонкодисперсного золота

Установлено, что изменение золотинок по размеру и форме в ходе образования речных россыпей коррелируется с изменением их состава, а именно с увеличением их пробы, экстремальной формой чего является образование на золотилах высокопробных оболочек.

Важным результатом наших исследований является обнаружение в кожимских россыпях тонкодисперсных золотинок субмикронного размера, которые подтверждают предположение А.А. Котова о существовании в кожимских россыпях «плавучей» фации аллювиального золота, теряемой при использовании традиционных методов обработки россыпей.

Список литературы

1. Голованов И.М., Хорват В.А., Шаякубов Т.Ш. и др. Золоторудное месторождение Мурунтау // Ташкент: Изд-во ФАН, 1998. 539 с.
2. Илалтдинов И.Я., Осовецкий Б.М. Золото юрских отложений Вятско-Камской впадины // Пермь: Изд-во Пермского ун-та, 2009. 230 с.
3. Коробейников А.Ф., Масленников В.В. Закономерности формирования и размещения месторождений благородных металлов Северо-Восточного Казахстана // Томск: Изд-во Томского ун-та, 1994. 337 с.
4. Майорова Т.П. Минералогия россыпного золота Тимано-Североуральской провинции // Екатеринбург: Наука. 1998. 148 с.
5. Наумов В.А., Силаев В.И., Чайковский И.И. и др. Золотоносная россыпь на реке Большой Шалдинке на Среднем Урале // Пермь: Изд-во Пермского ун-та, 2005. 92 с.
6. Округин А.В. Россыпные месторождения Западной Якутии // Наука и техника в Якутии, 2002. № 2 (3). С. 28–31.
7. Петровская Н.В. Самородное золото // М.: Наука. 1973. 347 с.

8. Петровский Д.В., Силаев В.И., Жарков В.А и др. Самородное золото в кайнозойских отложениях Предуральского краевого прогиба // Геология и минеральные ресурсы Европейского Северо-Востока России: Материалы XV Геологического съезда Республики Коми. Т. II. Сыктывкар: Геопринт, 2009. С. 405–409.

9. Петровский Д.В., Силаев В.И., Жарков В.А. и др. Самородное золото Предуралья // Самородное золото: типоморфизм минеральных ассоциаций, условия образования месторождений, задачи прикладных исследований. Т. II: Материалы Всероссийской конференции. М.: Изд-во ИГЕМ РАН, 2010. С. 135–137.

10. Петровский Д.В., Силаев В.И., Жарков В.А., Петровский В.А. Самородное золото и его пара-стерические спутники в кайнозойских отложениях Предуральского краевого прогиба // Геология рудных месторождений, 2012. Т. 54. № 6. С. 557–570.

11. Силаев В.И., Хазов А.Ф., Жарков В.А., Сокерин М.Ю., Филиппов В.Н. Геологическая информативность обломочного золота в современных отложениях (на примере Предуральского краевого прогиба) // Уральский геологический журнал. 2013. № 6 (96). С. 21–32.

12. Хазов А.Ф. Минералогия золотоносной коры выветривания на Приполярном Урале // Автореферат кандидатской диссертации. Сыктывкар, 2004. 21 с.

13. Чесноков Б.В. Особенности формы золотин разных размеров в шлифах из руд Березовского месторождения на Среднем Урале // Минералогические исследования гидротермалитов Урала. Екатеринбург: УНЦ АН СССР, 1980. С. 31–32.

References

1. Golovanov I.M., Horvat V.A., Shayakubov T.Sh. et al. *Zolotorudnoe mestorozhdenie Muruntau* [Gold-ore deposit Muruntau] *Izd-vo FAN* [FAN Publishing House]. Tashkent. 1998. P. 539.

2. Ilaltdinov I.Ya., Osovetsky B.M. (2009) *Zoloto yurskikh otlozheniy Vyatsko-Kamskoy vpadiny* [Gold Jurassic Vyatka-Kama cavity] *Perm': Izd-vo Permskogo un-ta* [Publishing house of Perm State University]. Perm. 230 p.

3. Korobeynikov A.F., Maslennikov V.V. (1994) *Zakonomernosti formirovaniya i razmeshcheniya mestorozhdeniy blagorodnykh metallov Severo-Vostochnogo Kazakhstana* [Patterns of formation and location of deposits of precious metals of North-East Kazakhstan] *Izd-vo Tomskogo un-ta* [Publishing house of Tomsk State University]. Tomsk. P. 337.

4. Mayorova T.P. (1998) *Mineralogiya rossypnogo zolota Timano-Severoural'skoy provintsii* [Mineralogy of placer gold in the Timan-Severouralsk province] *Nauka* [Science]. Yekaterinburg. P. 148.

5. Naumov V.A., Silaev V.I., Tchaikovsky I.I. et al (2005) *Zolotonosnaya rossyp' na reke Bol'shoy Shaldinke na Srednem Urale* [Gold-bearing placers on the Bolshaya Shaldinka River in the Middle Urals] *Izd-vo Permskogo un-ta* [Publishing house of Perm State University]. Perm. P. 92.

6. Okrugin A.V. (2002) *Rossypnye mestorozhdeniya Zapadnoy Yakutii* [Placer deposits of Western Yakutia] *Nauka i tekhnika v Yakutii* [Science and technology in Yakutia]. No. 2(3). Pp. 28–31.

7. Petrovskaya N.V. (1973) *Samorodnoe zoloto* [Native gold] *Nauka* [Science] Moscow. 347 p.

8. Petrovsky D.V., Silaev V.I., Zharkov V.A., et al (2009) *Samorodnoe zoloto v kaynozoysskikh otlozheniyakh Predural'skogo kraevogo progiba* [Native gold in the Cenozoic sediments of the Pre-Ural regional trough] *Geologiya i mineral'nye resursy Evropeyskogo Severo-Vostoka Rossii. Materialy XV Geologicheskogo s"ezda Respubliki Komi. T. II.* [Geology and mineral resources of the European North-East of Russia: Materials of the XV Geological Congress of the Republic of Komi. T. II] *Geoprint* [Geoprint]. Syktyvkar. Pp. 405–409.

9. Petrovsky D.V., Silaev V.I., Zharkov V.A. et al. (2010) *Samorodnoe zoloto Predural'ya* [Pre-Urals Gold Nugget] *Samorodnoe zoloto: tipomorfizm mineral'nykh assotsiatsiy, usloviya obrazovaniya mestorozhdeniy, zadachi prikladnykh issledovaniy. T. II: Materialy Vserossiyskoy konferentsii* [Native Gold: Typo-morphism of Mineral Associations, Conditions for the Formation of Deposits, Problems of Applied Research. T. II: Materials of the All-Russian Conference] *Izd-vo IGEM RAN* [Publishing House IGEM RAS]. Moscow. Pp. 135–137.

10. Petrovsky D.V., Silaev V.I., Zharkov V.A., Petrovsky V.A. (2012) *Samorodnoe zoloto i ego parastericheskie sputniki v kaynozoysskikh otlozheniyakh Predural'skogo kraevogo progiba* [Native gold and its parasteric satellites in the Cenozoic sediments of the Pre-Ural regional trough] *Geologiya rudnykh mestorozhdeniy* [Geology of ore deposits]. Moscow. V. 54. No. 6. Pp. 557–570.

11. Silaev V.I., Khazov A.F., Zharkov V.A., Sokerin M.Yu., Fillipov V.N. (2013) *Geologicheskaya informativnost' oblomochnogo zolota v sovremennykh otlozheniyakh (na primere Predural'skogo kraevogo progiba)* [Geological informational content of detrital gold in modern sediments (on the example of the Pre-Ural regional trough)] *Ural'skiy geologicheskiy zhurnal* [Ural Geological Journal]. No. 6 (96). Pp. 21–32.

12. Khazov A.F. (2004) *Mineralogiya zolotonosnoy kory vyvetrivaniya na Pripolyarnom Urale* [Mineralogy of the gold-bearing weathering crust in the Polar Urals] *Avto-referat kandidatskoy dissertatsii* [Auto-abstract of the candidate's theses]. Syktyvkar. 21 p.

13. Chesnokov B.V. (1980) *Osobennosti formy zolotin raznykh razmerov v shlifakh iz rud Berezovskogo mestorozhdeniya na Srednem Urale* [Features of the form of gold of different sizes in thin sections of the ores of the Berezovsky deposit in the Middle Urals] *Mineralogicheskie issledovaniya gidrotermal'nykh Urala* [Mineralogical studies of hydrothermal rocks of the Urals] *UNTs AN SSSR* [UC, USSR Academy of Sciences]. Ekaterinburg. Pp. 31–32.