



О СООТВЕТСТВИИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В СОСТАВЕ СОВРЕМЕННЫХ БАКТЕРИЙ ЗАКОНУ ПЕРИОДИЧНОСТИ КОСМОГЕОХИМИЧЕСКОЙ РАСПРОСТРАНЕННОСТИ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ

А. В. Кокин¹, В. И. Силаев², Н. В. Павлович³, Д. В. Киселёва⁴, А. В. Слюсарь⁵

¹ Российская академия народного хозяйства и государственной службы при Президенте РФ, Ростов-на-Дону; alex@avkokin.ru

² Институт геологии Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар; silaev@geo.komisc.ru

³ Ростовский противочумный институт Роспотребнадзора, Ростов-на-Дону

⁴ Институт геологии и геохимии УрО РАН, Екатеринбург

⁵ Ростовская клиническая больница Южного окружного МЦ России, Ростов-на-Дону

На основе изучения состава 8 штаммов современных бактерий (*Escherichia coli*, *Vibrio cholerae* 0139, *Vibrio cholerae* Eltor, *Francisella. Tularensis* subsp. *holarctica*, *Staphylococcus aureus*) высокочувствительным методом ИСП-МС впервые установлено соответствие распространённости в них микроэлементов фундаментальному закону атомного распределения в Солнечной системе и земной коре. Это доказывает факт распространения на земное живое вещество универсального космогеохимического кода и свидетельствует в пользу теории о возникновении жизни в результате естественной эволюции первичного космического вещества. Выявленная в бактериях корреляция между сидерофильными металлами — естественными регуляторами синтеза белков, включая РНК и ДНК, — отражает законсервированные признаки первородства живого вещества на базальтоидном субстрате. Подтверждением этого являются выявленные недавно факты образования предбиологических форм органоидов в газовой-пепловой продуктах современных вулканов. Очень вероятно, что выявленное фундаментальное свойство современных бактерий унаследовано от первичных прокариот, появившихся на Земле 4 млрд лет назад, и, следовательно, представляет собой древнейший код живого вещества.

Ключевые слова: современные бактерии, микроэлементы, первичная распространённость в солнечной системе и земной коре, древнейший код живого вещества.

CORRESPONDENCE OF THE DISTRIBUTION OF MICROELEMENTS IN THE COMPOSITION OF MODERN BACTERIA TO THE LAW OF PERIODICITY OF THE COSMOGEO-CHEMICAL DISTRIBUTION OF CHEMICAL ELEMENTS

A. V. Kokin¹, V. I. Silaev², N. V. Pavlovich³, D. V. Kiseleva⁴, A. V. Slyusar⁵

¹ Russian Academy of National Economy and Public Administration under the President of the Russian Federation, Rostov-on-Don

² Institute of Geology, Komi Scientific Center, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Syktывkar,

³ FKUZ Rostov Antiplague Institute of Rospotrebnadzor, Rostov-on-Don

⁴ Institute of Geology and Geochemistry, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Yekaterinburg

⁵ Rostov Clinical Hospital of the Southern District MC of Russia, Rostov-on-Don

Based on the study of the composition of 8 strains of modern bacteria (*Escherichia coli*, *Vibrio cholerae* 0139, *Vibrio cholerae* Eltor, *Francisella. Tularensis* subsp. *holarctica*, *Staphylococcus aureus*), a highly sensitive ICP-MS method was used to establish for the first time that the abundance of trace elements in them in the fundamental law of atomic distribution the earth's crust. This proves the fact of the spread of the universal cosmochemochemical code to the living matter of the earth and testifies in favor of the theory of the origin of life as a result of the natural evolution of the primary cosmic matter. The correlation revealed in bacteria between siderophilic metals — natural regulators of the synthesis of proteins, RNA and DNA — reflects the conserved signs of primogeniture of living matter on a basalt substrate. This is confirmed by the recently revealed facts of the formation of prebiological forms of organelles in the gas-ash products of modern volcanoes. It is very likely that the revealed fundamental property of modern bacteria is inherited from the primary prokaryotes that appeared on the Earth 4 billion years ago and, therefore, is the most ancient code of living matter.

Keywords: modern bacteria, microelements, primary abundance in the solar system and the earth's crust, the most ancient code of living matter.

Введение

Микроорганизмы — уникальные одноклеточные биологические системы, наиболее древние и неповторимо стабильные в истории Земли. При этом они со-

держат все фундаментальные компоненты живого вещества, а именно белки, липиды, углеводы, ДНК и РНК, а также практически все жизненно необходимые микроэлементы (эссенциалы). Последние участвуют

Для цитирования: Кокин А. В., Силаев В. И., Павлович Н. В., Киселёва Д. В., Слюсарь А. В. О соответствии распределения микроэлементов в составе современных бактерий закону периодичности космогеохимической распространённости химических элементов // Вестник геонаук. 2020. 7(307). С. 3—8. DOI: 10.19110/geov.2020.7.1.

For citation: A. V., Silaev V. I., Pavlovich N. V., Kiseleva D. V., Slyusar A. V. Correspondence of the distribution of microelements in the composition of modern bacteria to the law of periodicity of the cosmochemochemical distribution of chemical elements Kokin. Vestnik of Geosciences. 2020. 7(307). С. 3—8. DOI: 10.19110/geov.2020.7.1.

в регуляризации осмотического давления (функционирование клеточных мембран), РН- и Eh-условий среды, входят в состав ферментов, витаминов, структурных компонентов клеток, влияют на жизнеспособность и механизм размножения. При этом пропорции между микроэлементами заметно варьируются даже в пределах одного вида бактерий. Нами, вероятно, впервые осуществлено комплексное физико-химическое и биоизотопно-геохимическое исследование современных бактерий разной степени патогенности. В настоящей статье обсуждается космогеохимический аспект распределения в бактериях широкой ассоциации микроэлементов.

Объекты и метод исследований

Объектами биогеохимических исследований послужили штаммы грамотрицательных и грамположительных бактерий, выращенных в Ростовском противочумном институте Роспотребнадзора [8]: *Escherichia coli* (штамм 1015); *Vibrio cholerae* O139 (16077); *Vibrio cholerae* O139 (17918); *Vibrio cholerae* Eltor (19667); *Vibrio cholerae* Eltor (19430); *Francisella tularensis* subsp. *holarctica* (15 НИИЭГ); *Francisella tularensis* subsp. *holarctica* (503); *Staphylococcus aureus* (12617) (рис. 1). Эксперименты по выращиванию штаммов проводились в однообразных условиях с использованием стандартных питательных сред. Из суточных агаровых



Рис. 1. Внешний вид исследованных штаммов современных бактерий

Fig. 1. Appearance of the studied strains of modern bacteria



культур в физиологическом растворе ($pH = 7$) готовились бактериальные суспензии по оптическому стандарту (10^9 млн клеток/мл), которые потом по 0.5 мл засеивались на 5 чашек Петри с соответствующей питательной средой. Выросшие на третьи сутки бактериальные культуры смывались физиологическим фосфатным буфером с $pH = 7.2$. Бактериальная суспензия дважды отмывалась в физрастворе с помощью центрифугирования. Клеточная масса переносилась в термостойкие боросиликатные стеклянные бюксы. Озоление культур осуществлялось при температуре $+200\text{ }^{\circ}\text{C}$ в течение часа. Высушенные препараты отделялись, и кварта образцов проверялась на специфическую стерильность.

После получения отрицательных результатов на живучесть бактерий препараты взвешивались и передавались на анализ. Микроэлементы в бактериях определялись в Институте геологии и геохимии УрО РАН методом масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой (ИСП-МС) после кислотного вскрытия в блоке чистых помещений (6-й, 7-й классы чистоты).

Результаты анализа

Проведенный анализ выявил в составе исследованных штаммов бактерий 44 микроэлемента (см. таблицу), в число которых входят 9 элементов-эссенции.

Содержания микроэлементов в современных бактериях, г/т

The content of trace elements in modern bacteria, ppm

Элементы / Elements	Объекты / Objects							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Li	0.043	н. о. / n. a.	н. о. / n. a.	н. о. / n. a.	н. о. / n. a.	н. о. / n. a.	н. о. / n. a.	0.819
Sc	н. о. / n. a.	«	«	«	0.022	«	«	н. о. / n. a.
Ti	«	«	«	«	126.7	«	«	«
V	«	«	«	«	10.75	«	«	0.67
Cr	0.62	«	«	3.13	39.92	0.13	1.17	3.22
Mn	2.35	1.88	2.15	1.93	23.37	0.8	1.01	3.88
Co	0.042	0.014	0.008	0.015	1.045	н. о. / n. a.	0.014	0.085
Ni	0.396	5.734	2.003	1.005	17.107	1.927	0.855	2.738
Cu	1.501	5.536	2.661	2.204	83.303	6.242	4.714	6.365
Zn	33.83	16.62	15.06	21.01	42.66	13.62	16.67	10.73
Ga	0.127	0.07	0.073	0.047	0.534	0.169	0.207	0.277
As	0.886	н. о. / n. a.	н. о. / n. a.	н. о. / n. a.	1.843	0.320	0.332	0.582
Se	1.025	«	«	«	н. о. / n. a.	н. о. / n. a.	н. о. / n. a.	2.994
Rb	0.721	0.14	0.087	0.025	2.968	0.226	0.794	1.147
Sr	12.168	4.759	3.707	3.967	2.677	1.627	1.537	36.25
Y	0.028	0.041	0.028	0.027	0.173	0.025	н. о. / n. a.	0.064
Zr	н. о. / n. a.	н. о. / n. a.	н. о. / n. a.	н. о. / n. a.	0.334	н. о. / n. a.	«	н. о. / n. a.
Nb	0.025	«	«	«	0.13	«	«	«
Mo	0.453	«	«	«	0.137	«	«	0.735
Ag	0.2	0.854	0.338	0.121	0.095	0.269	0.187	0.425
Cd	0.112	0.19	0.277	0.161	0.205	0.278	0.205	0.128
Sn	н. о. / n. a.	н. о. / n. a.	н. о. / n. a.	0.022	н. о. / n. a.	н. о. / n. a.	н. о. / n. a.	н. о. / n. a.
Sb	0.126	«	«	н. о. / n. a.	0.081	«	0.01	«
Cs	0.007	«	«	«	0.027	«	0.003	0.014
Ba	3.161	19.8	13.09	14.68	13.60	7.38	8.37	10.95
La	0.039	н. о. / n. a.	н. о. / n. a.	н. о. / n. a.	н. о. / n. a.	н. о. / n. a.	н. о. / n. a.	0.083
Ce	0.069	«	«	«	«	«	«	0.254
Pr	0.016	«	«	«	«	«	«	0.053
Nd	0.076	«	«	«	«	«	«	0.267
Sm	н. о. / n. a.	«	«	«	«	«	«	0.072
Eu	«	«	«	«	«	«	«	0.032
Gd	«	«	«	«	«	«	«	0.074
Tb	«	«	«	«	«	«	«	0.010
Dy	«	«	«	«	«	«	«	0.040
Ho	«	«	«	«	«	«	«	0.008
Er	«	«	«	«	«	«	«	0.017
Tm	«	«	«	«	«	«	«	0.002
Yb	«	«	«	«	«	«	«	0.014
Lu	«	«	«	«	«	«	«	0.002
W	0.027	н. о. / n. a.	0.077	0.084	0.108	н. о. / n. a.	0.155	0.424
Tl	0.028	«	н. о. / n. a.	н. о. / n. a.	0.017	«	0.008	0.012
Pb	1.155	2.768	1.691	1.971	2.043	0.457	0.268	1.334
Bi	0.021	0.544	0.558	0.404	0.261	н. о. / n. a.	н. о. / n. a.	0.024



U	н. о. / п. а.	н. о. / п. а.	н. о. / п. а.	н. о. / п. а.	0.027	«	0.004	0.128
Сумма элементов-эссенциалов (Э) The sum of the elements of the essentials (E)	38.403	21.116	18.011	23.692	50.212	15.17	18.456	18.099
Сумма элементов физиоактивных (ФА) The sum of the elements of the physio-logically active (FA)	20.569	37.834	23.72	27.005	182.198	18.3	17.894	65.46
Сумма элементов-антибионтов (АБ) Sum of items antibiotics (AB)	0.28	0	0.077	0.084	0.255	0	0.163	1.364
Общая сумма Total amount	59.252	58.95	41.808	50.781	232.665	33.47	36.513	84.923
Э/АБ E/AB	137.15	не опр. n. d.	233.91	282.05	196.91	не опр. n. d.	113.23	13.27

Примечание. «н. о.» — не обнаружено, «не опр.» — не определялось. Объекты исследований: 1— *Escherichia coli*, штамм 1015; 2—5 — *Vibrio cholerae*, штаммы соответственно 16077, 17918, 19667, 19430; 6, 7 — *Francisella tularensis*, штаммы соответственно 15 НИИГА и 503; 8 — *Staphylococcus aureus*, штамм 12617.

Note. «н. а.» — not found, «n. d.» — not determined. Objects of research: 1— *Escherichia coli*, strain 1015; 2—5 — *Vibrio cholerae*, strains respectively 16077, 17918, 19667, 19430; 6, 7 — *Francisella tularensis*, strains respectively 15 NIIGA and 503; 8 — *Staphylococcus aureus*, strain 12617.

алов (Ag, As, Bi, Cd, Mo, Pb, Rb, Se, Zn) — Э; 17 физиоактивных (Ba, Ga, V, Y, Co, Cu, Li, Mn, Ni, Sb, Sn, Sr, Ti, Cr, Cs, Zr, U) — ФА; 18 элементов-антибионтов (W, Ln, Nb, Sc, Tl) — АБ. Валовое содержание микроэлементов варьируется в пределах 33—233 (74.79 ± 65.85) г/т, но в большинстве штаммов оно ограничивается гораздо более узким диапазоном (30—60 г/т). Единичные исключения из этого диапазона представлены штаммом золотистого стафилококка (около 85 г/т) и еще более аномальным штаммом 19430 холерного вибриона (более 232 г/т). Общая последовательность возрастания валового содержания микроэлементов в культурах исследованных бактерий имеет следующий вид: *Francisella tularensis* < *Vibrio cholerae* 0139 < *Escheria coli* < *Staphylococcus aureus* < *Vibrio cholera* Eltor.

В балансе микроэлементов в большинстве штаммов бактерий физиоактивные элементы преобладают над элементами-эссенциалами при исчезающе малой роли элементов-антибионтов. Исключение составляет штамм *Escheria coli*, в котором заметно преобладают элементы-эссенциалы. Несколько другую картину показывают удельные (в расчете на один элемент) концентрации. Наибольшей удельной концентрацией характеризуются элементы-эссенциалы (1.685—5.579, в среднем 2.821 г/т), им несколько уступают физиоактивные элементы (1.052—10.718, в среднем 1.771 г/т), а элементы-антибионты отличаются от первых двух групп на два порядка меньшей удельной концентрацией (0—0.076, в среднем 0.015 г/т). Отношение групповых концентраций Э/АБ изменяется от 13.27 в штамме золотистого стафилококка до 282.05 в штамме одного из холерных вибрионов, составляя в среднем 162.75, что характерно именно для живого вещества. В ходе фоссилизации отмерших организмов пропорция между микроэлементами-эссенциалами и антибионтами неуклонно изменяется в пользу последних.

Особое значение имеет вопрос неоднородности обогащения бактерий микроэлементами, который

можно рассмотреть на примере холерного вибриона (*Vibrio cholerae*) и возбудителя туляремии (*Francisella tularensis*). В обоих случаях упомянутая неоднородность регистрируется вполне отчетливо, но в разных масштабах. В холерном вибрионе для 75 % микроэлементов значения коэффициентов вариации лежат в пределах 100—250 %, а в возбудителе туляремии таких элементов только 40 %. Да и размах колебаний значений коэффициентов вариации во втором случае демонстрирует более узкий интервал в 100—150 %. Получается, что холерный вибрион раза в два более неоднороден по распределению микроэлементов, чем возбудитель туляремии. При этом в обоих случаях среди групп элементов именно эссенциалы характеризуются наиболее стабильным и равномерным распределением (6—52 %).

Обсуждение результатов

Средние содержания элементов в Солнечной системе, по оценке Г. Зюсса и Г. Юри [4], и кларки земной коры [3] довольно строго подчиняются закону периодичности ядерных свойств и концентраций химических элементов относительно их атомных масс [1, 2, 10]. Считается [7], что в условиях геохимической дифференциации подчиненность этому закону распределения элементов должна сохраняться, независимо от колебаний их валовых содержаний.

Полученные нами аналитические данные и соответствующие расчеты показали, что распределения атомных масс в Солнечной системе и земной коре прямо коррелируются с вероятностью 65—70 %, а атомные распределения микроэлементов в бактериях коррелируются с таковыми в Солнечной системе и земной коре с вероятностью соответственно 60—64 и 55—64 % (оценка сделана по коэффициентам корреляции). Следовательно, в современных микроорганизмах, несмотря на значительные колебания валового содержания микроэлементов и пропорций между ни-



ми, статистически реализуется единый для космоса и Земли фундаментальный закон периодичности атомной распространенности элементов. Принципиально важно, что этому закону подчиняются и средние содержания микроэлементов в бактериях (рис. 2), и содержания в рядовых конкретных штаммах (рис. 3), и в штаммах, аномально обогащенных микроэлементами (рис. 4). Некоторое отклонение от этого правила обнаруживается лишь у эссенциала Se, но это может быть обусловлено неточностью оценки его содержания в Солнечной системе.

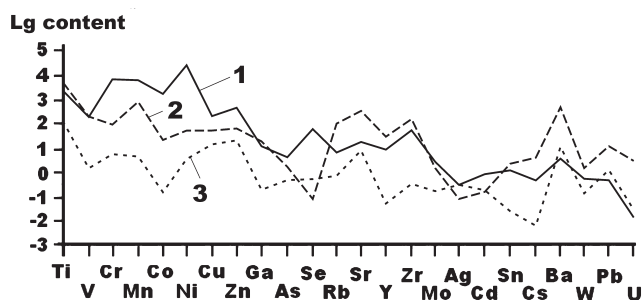


Рис. 2. Логарифмы средних содержаний микроэлементов в исследованных бактериях (1), в земной коре (2) и Солнечной системе (3) по отношению к Si = 10^6 [4]

Fig. 2. Logarithms of average trace elements in the studied bacteria (1), in the earth's crust (2) and the solar system (3) with respect to Si = 10^6 [4]

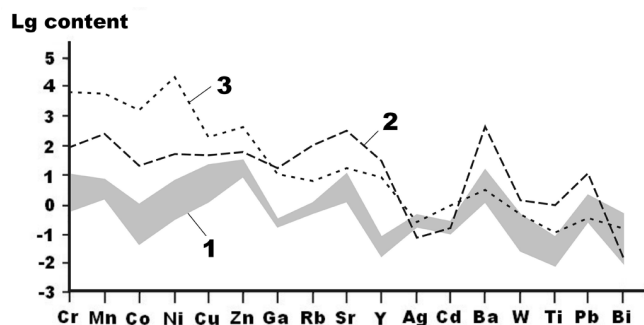


Рис. 3. Логарифмы содержаний элементов в конкретных штаммах исследованных бактерий (1), в земной коре (2) и Солнечной системе (3)

Fig. 3. Logarithms of the contents of elements in specific strains of the studied bacteria (1), the Earth's crust (2) and the Solar system (3)

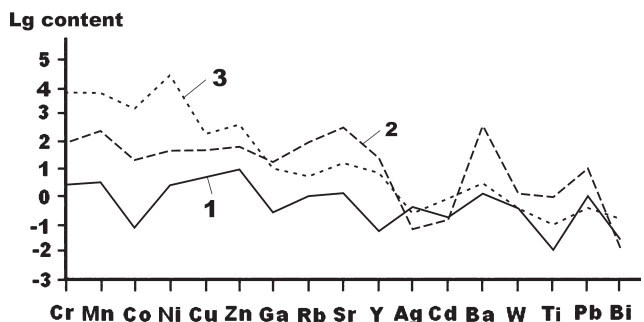


Рис. 4. Логарифмы содержаний элементов в Staphylococcus aureus (1), в земной коре (2) и Солнечной системе (3)

Fig. 4. Logarithms of the contents of elements in Staphylococcus aureus (1) the earth's crust (2) and Solar system (3)

Закключение

Результаты проведенных исследований микроэлементного состава современных бактерий достаточно убедительно свидетельствуют о значительной вероятности реализации в земном живом веществе единого космогеохимического кода, что говорит в пользу теории о возникновении жизни в результате естественной эволюции первичной космической материи. При этом выявленные для бактерий положительные корреляции между сидерофильными металлами — Cr, Mn, Ni — на уровне 94–99 % и Cu, Zn на уровне 74 % являются сугубо биологическим признаком, поскольку отражают участие этих элементов в электрофильном катализе и переносе электронов при образовании белков, РНК, ДНК [5, 6, 13]. Такой ассортимент регуляторных микроэлементов объясняется тем, что на рубеже зарождения жизни (4–3.9 млрд лет) именно эти химические элементы обогащали первичную, еще геохимически не дифференцированную оболочку Земли. То есть первичное зарождение живого вещества с наибольшей вероятностью могло происходить на базальтоидном субстрате. Сохранение ассортимента микроэлементов-регуляторов в современных бактериях свидетельствует о проявлении в микроорганизмах устойчивой консервативности на протяжении всей геологической истории. Подтверждение этому можно видеть в открытых недавно предбиологических формах органоидов, образующихся в газовой-пепловой среде андезитобазальтовых продуктов извержения современных вулканов [9, 12]. Не исключено, что обнаруженные в продуктах вулканизма органоиды могут рассматриваться как абиогенная предпосылка для возникновения живых организмов [11].

Из результатов проведенных нами исследований следует, что атомное распределение химических элементов в современных бактериях не только соответствует первичному космогеохимическому распределению элементов, но, в принципе, коррелируется и с периодическим законом изменения свойств химических элементов. Очень вероятно, что выявленное фундаментальное свойство современных бактерий унаследовано от первичных прокариот, появившихся на Земле 4 млрд лет назад, и, следовательно, представляет собой древнейший код живого вещества.

ИСП-МС-анализы выполнены в ЦКП УрО РАН «Геоаналитик» при поддержке темы № АААА-А18-118053090045-8 государственного задания ИГГ УрО РАН.

За поддержку и ценные советы авторы благодарят докторов г.-м. наук А. И. Антошкину и Ю. Л. Войтеховского.

Литература

1. Браунлоу А. Х. Геохимия. М.: Недра, 1984. 463 с.
2. Вернадский В. И. Химическое строение биосферы Земли и её окружения. М.: Наука, 1987. 430 с.
3. Виноградов А. П. Среднее содержание химических элементов в горных породах // Геохимия. 1962. № 7. С. 555–571.
4. Войткевич Г. В., Кокин А. В., Мирошников А. Е., Прохоров В. Г. Справочник по геохимии. М.: Недра, 1990. 480 с.



5. Волькенштейн М. В., Догондзе Р. Р., Мадумаров А. К., Урушадзе З. Д., Харкац Ю. И. К теории ферментативного катализа // Молекулярная биология. 1972. Т. 6. Вып. 3. С. 431—439.
6. Диксон М. Ферменты. М.: Мир, 1982. Т. 1—2. 808 с.
7. Кокин А. В. Подobie в последовательности распределения содержаний элементов-примесей в минералах их первичной космохимической распространенности // Проблемы минералогии, петрографии и металлогении: Научные чтения памяти П. Н. Чирвинского. Пермь: Изд-во Пермского университета, 2018. Вып. 21. С. 347—361.
8. Павлович Н. В., Кокин А. В., Силаев В. И., Аронова Н. В., Цимбалистова М. В., Киселёва Д. В., Слюсарь А. В. Сравнительный анализ состава микроэлементов у бактерий различных видов // Актуальные вопросы изучения особо опасных и природно-очаговых болезней: Материалы науч.-практ. конф. Ростов н/Д, 2019. С. 309—313.
9. Силаев В. И., Аникин Л. П., Шанина С. Н., Карпов Г. А., Васильев Е. А., Шуйский А. С., Смолева И. В., Киселёва Д. В., Мартирисян О. В., Вергасова Л. П. Абиогенные конденсированные органические полимеры в продуктах современного вулканизма в связи с проблемой возникновения жизни на Земле. Сыктывкар: Геопринт, 2018. 128 с.
10. Ферсман А. Е. Избранные труды. М.: Изд-во АН СССР, 1955. Т. III. 802 с.
11. Юшкин Н. П. Минеральный мир и биосфера: Из программного доклада на IV международном семинаре «Минералогия и жизнь» // Вестник Института геологии Коми НЦ УрО РАН. 2007. № 6. С. 2—5.
12. Silaev V., Anikin L., Petrovsky V., Karpov G. A biogenic organ polymers in products of modern volcanism // Уральский геологический журнал. 2018. № 3. С. 40—51.
13. Urushadze Z. About a Real Conceptual Frame Work for Enzyme Catalysis // Bull. Georg. Natl. Acad. Sci. 2006. Vol. 173, No. 2. P. 421—424.
14. Vinogradov A. P. *Srednee soderganie himicheskikh elementov v gornih porodah* (Average content of chemical elements in rocks). Geohimiya, 1962, No. 7, pp. 555—571.
15. Voitkevich G. V., Kokin A. V., Miroshnichenko A. E., Prohorov V. G. *Spravochnik po geohimii* (Handbook of geochemistry). Moscow: Nedra, 1990, 480 p.
16. Dikson M. *Fermenti* (Ferments). Moscow: Mir, 1982, V. 1—2, 808 p.
17. Kokin A. V. *Podobie v posledovatelnosti raspredeleniya sodergany elementov-primesey v mineralah ih pervichnoy kosmohimicheskoy rasprostranennosti. Problemi mineralogii, petrografii i metallogenii: Nauchnie chteniya pamyati P. N. Chirvinskogo* (Comparative analysis of the composition of microelements in bacteria of various types. Actual problems of studying especially dangerous and natural focal diseases: Materials of the scientific and practical conference). Perm: Perm University, 2018, 21, pp. 347—361.
18. Pavlovich N. V., Kokin A. V., Silaev V. I., Aronova N. V., Tsimbalistova M. V., Kiseleva D. V., Slyusar A. V. *Sravnitelnyy analiz sostava mikroelementov u bakteriy razlichnykh vidov* (Comparative analysis of microelement composition in bacteria). Proceedings of conference. Rostov-on-Don, 2019, pp. 309—313.
19. Silaev V. I., Anikin L. P., Shanina S. N., Karpov G. A., Vasiliev E. A., Shuyskiy A. S., Smoleva I. V., Kiseleva D. V., Martirosyan O. V., Vergasova L. P. *Abiogennoe kondensirovaniye organicheskikh polimerov v produktakh sovremennogo vulkanizma v svyazi s problemoy bozhnikoveniya gizni na Zemle* (Abiogenic condensed organic polymers in the products of modern volcanism in connection with the problem of the origin of life on Earth). Syktyvkar: Geoprint, 2018, 128 p.
20. Fersman A. E. *Izbrannye trudi* (Selected Works). Moscow: AS USSR, 1955, V. III, 802 p.
21. Yushkin N. P. *Mineralny mir i biosfera. Iz programmno-go dollada na IV megdunarodnom seminare «Mineralogiya i gizn»* (Mineral world and biosphere. From the program report at the IV international seminar "Mineralogy and Life"). Vestnik of Institute of geology Komi SC UB RAS, 2007, No. 6, pp. 2—5.
22. Silaev V., Anikin L., Petrovsky V., Karpov G. A biogenic organ polymers in products of modern volcanism. Ural geological journal, 2018, No. 3, pp. 40—51.
23. Urushadze Z. About a Real Conceptual Frame Work for Enzyme Catalysis. Bull. Georg. Natl. Acad. Sci., 2006, V. 173, No. 2, pp. 421—424.

Поступила в редакцию / Received 15.07.2020