

УДК 550.4: 577.4 (571.51)

ГЕОХИМИЧЕСКИЙ АСПЕКТ ПРОЖИВАНИЯ ЛЮДЕЙ В КРАСНОЯРСКОЙ ПРОВИНЦИИ

Т.П. Стримжа¹, П.Н.Самородский², М.В.Неустроева³, А.И.Фертиков⁴

^{1,2,4}Сибирский федеральный университет, 660025, Россия, г. Красноярск, пер. Вузовский, 3.

³Красноярский государственный педагогический университет им. В.П. Астафьева, 660049, Россия, г. Красноярск, ул. Ады Лебедевой, 89.

Геохимический аспект проживания людей является предметом пристального изучения: высокие содержания химических элементов в окружающей среде обычно рассматриваются как негативный фактор (загрязнение), но и низкие содержания (дефицит) жизненно важных элементов (Fe, Co, Ni, Cu, Zn) для места обитания человека также неблагоприятны.

Проживание людей на любой территории (индустриальный центр, рудный район, месторождение) относится к вопросам геоэкологии, и на условия жизни влияют состав горных пород этой территории, дополнительные поступления химических элементов в результате производственной деятельности людей (ТЭЦ, заводы, горные предприятия и т.д.), а также ландшафтно-геохимические условия конкретной территории.

Микроэлементный состав горных пород Красноярской провинции позволяет сделать вывод о том, что ее население начинало проживать и хозяйствовать в условиях природных положительных (Ag, As, B, Bi, Hg, Sb, Sn и др.) и отрицательных (Fe, Cd, Co, Ni, Cu, Zn и др.) геохимических аномалий.

Кислые и слабокислые ландшафтно-геохимические провинции с учетом поступления химических элементов в результате производственной деятельности людей поддерживают природные положительные и отрицательные аномалии и способствуют формированию новых техногенных положительных аномалий – Cd, Cr, Mn, Mo и др., что подтверждается результатами атомно-эмиссионного спектрального и рентгенофлуоресцентного анализов современных почв и донных отложений р. Енисея.

Ключевые слова: горные породы; химические элементы; кларк; геохимические аномалии; вынос; накопление; ландшафтно-геохимические условия.

GEOCHEMICAL ASPECTS OF HUMAN HABITATION IN KRASNOYARSK PROVINCE

T.P. Strimzha, P.N. Samorodsky, M.V. Neustroyeva, A.I. Fertikov

Siberian Federal University, 3 Vuzovsky per., Krasnoyarsk, 660025, Russia.

Astafyev Krasnoyarsk State Pedagogical University, 89 Ady Lebedevoy St., Krasnoyarsk, 660049, Russia.

Geochemical aspect of people habitation is the subject of intense study: a high content of chemical elements in environment is usually considered as an adverse factor (pollution), on the other hand a low content (deficit) of essential elements (Fe, Co, Ni, Cu, Zn) is also a negative factor for the human habitat.

The habitation of people on any territory (industrial center, ore district, deposit) relates to the issues of geoecology. The living conditions are affected by the composition of rocks in this area, additional intake of chemical elements resulting from the production activities of people (heating power plants, factories, mining enterprises,

¹Стримжа Тамара Петровна, кандидат геолого-минералогических наук, доцент кафедры геологии месторождений и методики разведки, тел.: 89048976802, e-mail: strimja@yandex.ru

Strimzha Tamara, Candidate of Geological and Mineralogical sciences, Associate Professor of the Department of Mining Geology and Exploration Methods, tel.: 89048976802, e-mail: strimja@yandex.ru

²Самородский Павел Николаевич, доцент кафедры геологии месторождений и методики разведки, тел.: 83912011326, e-mail: maria_s_76@mail.ru

Samorodsky Pavel, Associate Professor of the Department of Mining Geology and Exploration Methods, tel.: 83912011326, e-mail: maria_s_76@mail.ru

³Неустроева Марина Викторовна, доцент кафедры физической географии и геоэкологии, тел.: 89232744365, e-mail: neustroyeva@kspu.ru

Neustroyeva Marina, Associate Professor of the Department of Physical Geography and Geoecology, tel.: 89232744365, e-mail: neustroyeva@kspu.ru

⁴Фертиков Алексей Игоревич, аспирант кафедры экологии и природопользования Института экономики управления и природопользования, тел.: 89832869835, e-mail: fert_ov@mail.ru

Fertikov Aleksei, Postgraduate of the Department of Ecology and Environmental Management of the Institute of Economics and Environmental Management, tel.: 89832869835, e-mail: fert_ov@mail.ru

and so on), and landscape-geochemical conditions of a particular area.

Trace element composition of rocks in the Krasnoyarsk province allows to make a conclusion that people began to live and work in this area under conditions of natural positive (Ag, As, B, Bi, Hg, Sb, Sn and others) and negative (Fe, Cd, Co, Ni, Cu, Zn and others) geochemical anomalies.

Taking into account the intake of chemical elements resulting from human production activities it is noted that acidic and slightly acidic landscape-geochemical provinces support natural positive and negative anomalies and contribute to the formation of new technogenic positive anomalies – Cd, Cr, Mn, Mo, etc. It is confirmed by the results of atomic emission spectrum and x-ray fluorescence analysis of the modern soils and bottom sediments of the Yenisei river.

Keywords: rocks; chemical elements; clark; geochemical anomalies; removal; accumulation; landscape-geochemical conditions.

Введение. В статье рассматриваются природные и техногенные геохимические аномалии, имеющие положительное и отрицательное влияние на среду обитания людей в Красноярском крае. Основным источником поступления химических элементов в почву и растения является горная порода. К настоящему времени проявляется и второй, техногенный источник, особенно в пределах крупных индустриальных центров – это пылевые выбросы в атмосферу и затем их закрепление в почвах и/или смыв поверхностными водами в водоемы.

Химические элементы пылевых выбросов, попадая в почвы с атмосферными осадками, как правило, перераспределяются с учетом геохимической обстановки, которая обусловлена химизмом коренных пород и климатическими факторами: температурой воздуха и количеством атмосферных осадков. На рассматриваемой территории доминирует слабокислая и кислая геохимическая обстановка, которая в условиях биосферы в региональном плане работает как природный кислый геохимический барьер. Кислые условия работают в двух направлениях: с одной стороны, они способствуют переходу двухвалентных катионогенных элементов в растворимую форму и их выносу из почв, то есть идет самоочищение почв от этих элементов; с другой стороны, на ней закрепляются и концентрируются анионогенные элементы с образованием положительных геохимических аномалий.

Геохимия горных пород. Большая (90%) часть населения г. Красноярска и его окрестностей (Красноярская провинция) проживает и хозяйствует на терри-

тории, сложенной горными породами, которые можно подразделить на породы преимущественно *терригенного* (населенные пункты Студгородок, Торгашино, Бугач, ст. Митино, Элита, Коркино, Солнечный, Творогово, Емельяново, Березовка и др.) и *карбонатного* (Солонцы, Дрокино, Кузнецовское плато, Зыково, Базаиха) составов. Остальная территория сложена *вулканогенными* и *магматическими* породами.

Терригенные породы – конгломераты, туфоконгломераты, гравелиты, песчаники, алевролиты, часто красноцветные, линзы аргиллитов, редкие прослои известняков, линзы бурого угля и др. – формировались в морских условиях и датируются возрастом от нижнедевонского до среднеюрского.

Карбонатные породы по возрасту от венда до верхнего девона [2] – доломиты, известняки, пласты фосфоритов, археоциато-водорослевые биогермы с редкими прослоями песчаников, алевролитов, известковистых и кремнистых брекчий; мергели, известняки с линзами и прослоями алевролитов, песчаников, гравелитов, реже конгломератов

Вулканогенные породы ордовикского возраста – дациты, риодациты, трахидациты, трахиты, трахириолиты, риолиты их туфы и игнимбриты, андезиты, туфопесчаники, потоки базальтов, эпизодически отмечены субвулканические тела сиенит-порфиоров, трахит-порфиоров (Николаевская сопка) и др.

Интрузивные породы представлены столбовским сиенит-граносиенитовым комплексом верхнеордовикского возраста, слагают территорию заповедника «Красноярские Столбы».

Соответственно, геохимический фон территории г. Красноярска и его окрестностей (Красноярская провинция) в доиндустриальный период теоретически обусловлен геохимической составляющей (более 90%) осадочных терригенно-карбонатных пород [1].

Осадочные породы, формирующиеся в открытых бассейнах, изначально могут быть обогащены металлогенными элементами, например, осадочные породы Западной Сибири обогащены Mo, V, Ni юрского возраста, Pb-мел-

палеогенового [12, 14]. В свою очередь, эти же породы могут характеризоваться дефицитом ряда элементов.

Сравнительный анализ среднего (кларкового) содержания элементов в осадочных породах к кларку этого же элемента в земной коре позволяет судить о возможном наличии положительных (кларк концентрации *КК* и отрицательных (кларк рассеяния *КР*) геохимических аномалий [1] в пределах Красноярской провинции (табл. 1, 2).

Таблица 1

Отрицательные геохимические аномалии в горных породах

Элемент	Кларк в земной коре, % [5]	Породы [10]		Кларк рассеяния <i>КР</i>
		осадочные		
		терригенные	карбонатные	
Вольфрам	$1,4 \cdot 10^{-3}$	$0,2 \cdot 10^{-3}$		0,14
Железо	6,64	3,33		0,4–0,9
Кадмий	$1,3 \cdot 10^{-5}$	$0,3 \cdot 10^{-5}$		0,2
Кобальт	$3,6 \cdot 10^{-3}$	$3 \cdot 10^{-5}$	$1 \cdot 10^{-5}$	0,3–0,8
Марганец	$9 \cdot 10^{-2}$	$6,7 \cdot 10^{-2}$		0,7
Медь	$6 \cdot 10^{-3}$	$5,7 \cdot 10^{-3}$		0,9
Молибден	$1 \cdot 10^{-4}$	$2 \cdot 10^{-5}$	$4 \cdot 10^{-5}$	0,2–0,4
Никель	$1 \cdot 10^{-2}$	$2 \cdot 10^{-4}$	$2 \cdot 10^{-3}$	0,02–0,2
Ниобий	$2,1 \cdot 10^{-3}$	$2 \cdot 10^{-3}$		0,9
Титан	0,49	0,15	0,04	0,08–0,3
Фосфор	$1 \cdot 10^{-1}$	$1,7 \cdot 10^{-2}$	$4 \cdot 10^{-2}$	0,2–0,7
Хром	$1 \cdot 10^{-2}$	$3,5 \cdot 10^{-3}$	$1,1 \cdot 10^{-3}$	0,1–0,5
Цинк	$8 \cdot 10^{-3}$	$1,6 \cdot 10^{-3}$	$2 \cdot 10^{-3}$	0,2–0,9
Церий	$7 \cdot 10^{-3}$	$5 \cdot 10^{-3}$		0,7

Таблица 2

Положительные геохимические аномалии в горных породах

Элемент	Кларк в земной коре, % [5]	Породы [10]		Кларк концентрации <i>КК</i>
		осадочные		
		терригенные	карбонатные	
Барий	$4,7 \cdot 10^{-2}$	$8 \cdot 10^{-2}$		1,7
Бериллий	$2 \cdot 10^{-4}$	$3 \cdot 10^{-4}$		1,5
Бор	$9 \cdot 10^{-4}$	$3,5 \cdot 10^{-3}$	$2 \cdot 10^{-3}$	1,7–3,9
Ванадий	$1,9 \cdot 10^{-3}$	$2 \cdot 10^{-3}$		1,1
Висмут	$9 \cdot 10^{-7}$	$1,3 \cdot 10^{-6}$		1,4
Иттрий	$2,9 \cdot 10^{-3}$	$4 \cdot 10^{-3}$	$3 \cdot 10^{-3}$	1,03–1,4
Лантан	$3,6 \cdot 10^{-3}$	$4 \cdot 10^{-3}$		1,1
Мышьяк	$1 \cdot 10^{-4}$	$6,6 \cdot 10^{-4}$		6,6
Олово	$2 \cdot 10^{-4}$	$1 \cdot 10^{-3}$		5
Ртуть*	$4 \cdot 10^{-7}$	$3 \cdot 10^{-6}$	$4 \cdot 10^{-6}$	7,5–20,0
Серебро	$9 \cdot 10^{-6}$	$1 \cdot 10^{-5}$		1,1
Свинец	$8 \cdot 10^{-4}$	$2 \cdot 10^{-3}$		2,5
Стронций	$3,7 \cdot 10^{-2}$	$4,5 \cdot 10^{-2}$		1,2
Сурьма	$2 \cdot 10^{-5}$	$2 \cdot 10^{-4}$		10
Цирконий	$1,6 \cdot 10^{-2}$	$2 \cdot 10^{-2}$		1,3

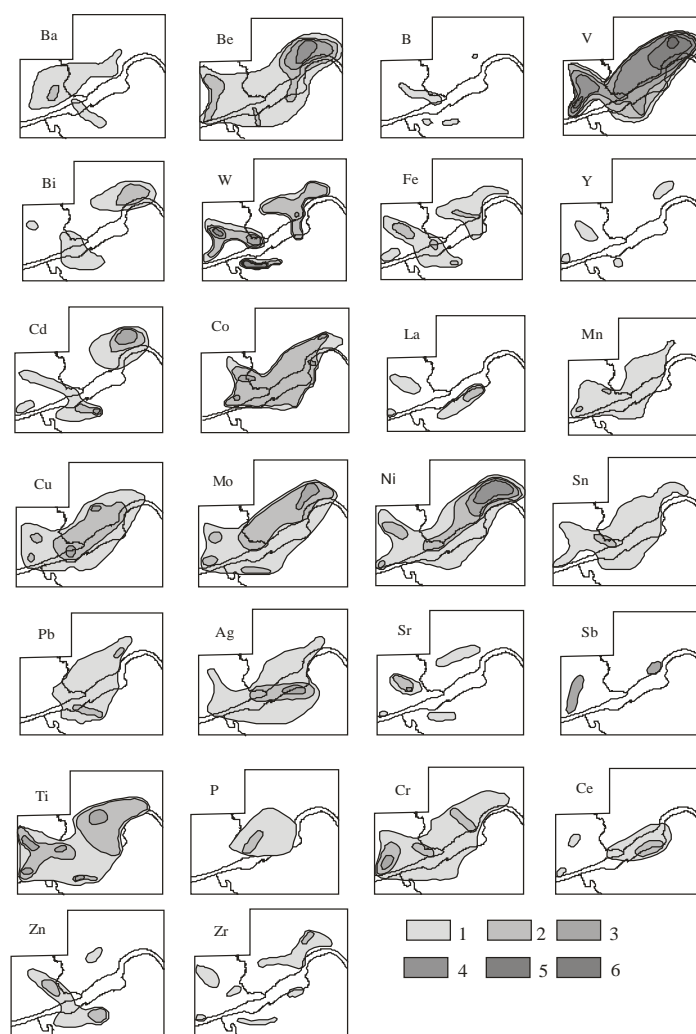
*В пределах Красноярской провинции установлена природная Столбовско-Арысканская комплексная положительная аномалия, содержащая Hg [8]; подземные питьевые воды рассматриваемой территории содержат Hg [4].

Соотношение содержания химических элементов в осадочных горных породах по отношению к их кларку в земной коре позволяет говорить о тенденции наличия природных положительных геохимических аномалий [9] следующих элементов: Ba, Be, B, V, Bi, Y, La, As, Sn, Hg, Ag, Pb, Sr, Sb, Zr и, соответственно, об отрицательных аномалиях: W, Fe, Cd, Co, Mn, Cu, Mo, Ni, Nb, Ti, P, Cr, Zn, Ce. Как положительные, так и отрицательные геохимические аномалии в горных породах в той или иной степени должны отразиться в окружающей среде (почвы, растения, донные отложения).

Геохимия атмосферных выпадений. Об атмосферных (пылевых) выпадениях можно судить по результатам анализа твердого осадка снеговых проб

в г. Красноярске. В 2010 г. было отобрано и изучено 47 проб. Обнаруженные в результате атомно-эмиссионного спектрального анализа химические элементы можно разделить на две группы: элементы, которые встречаются в единичных пробах (B, Bi, Cd, Zn, Sb и др.), и элементы, которые присутствуют во всех пробах и превышают фон в десятки и сотни раз (Be, Co, Cu, Ni, Ti, Cr), (рисунок) [7].

Результаты анализов твердого осадка снеговых проб свидетельствуют о том, что практически все элементы попадают в окружающую среду. Затем в соответствии с ландшафтно-геохимическими условиями данной территории перераспределяются, некоторые элементы закрепляются в почвах,



Коэффициенты концентраций K_c химических элементов в снеговом покрове:
 1 – 2,0–4,9; 2 – 5,0–9,9; 3 – 10,0–19,9; 4 – 20,0–99,9; 5 – 100,0–999,9; 6 – 1000 [7]

донных отложениях, а некоторые уносятся в растворенном состоянии за пределы этой территории.

Геохимия почв. Литогеохимическое опробование почв проведено достаточно равномерно в пределах территории города и примыкающей к нему с западной стороны Николаевской сопки, которая рассматривается как автономный элювиальный ландшафт. Этот ландшафт

помимо почвоматеринских пород «питается» атмосферными осадками. Принципиальных отличий в содержании элементов Николаевской сопки и городской территории не наблюдается, поэтому здесь приводится среднее содержание по 59 пробам и их сравнение с кларком в земной коре [5] и кларком в почвах континентов [13] (табл. 3, 4).

Таблица 3

Отрицательные геохимические аномалии в почвах

Элемент	Кларк		Среднее содержание элемента в почвах (n=59) $C_{cp}, n \cdot 10^{-3}, \%$	Кларк рассеяния KP относительно	
	в земной коре $K, n \cdot 10^{-3}, \%$	в почвах континентов $Kn, n \cdot 10^{-3}, \%$		кларка в земной коре, C_{cp}/K	кларка в почвах, C_{cp}/Kn
Ba	47,0	50	20,10*	KP	KP
Ce	7,0 [10]	5,0	4,77	KP	KP
Co	3,6	0,9	2,04	KP	2,3
Cu	6,0	2,3	5,12	KP	KP
Fe, %	6,64	3,8	3,84	KP	KP
La	3,6	4,0	2,64	KP	KP
Mo	0,1	0,2	0,20	2	1
Ni	10,0	2,0	5,69	KP	2,8
P	70	80	74,34	1,6	KP
Sr	37	22	5,9	KP	KP
Ti	490	370	459	KP	1,2
W	1,4	0,1	0,25	KP	2,5
Y	2,9 [10]	2,5	2,86	KP	1,1
Zn	8,0	6,0	5,22	KP	KP
Zr	16,0	30	10,10	KP	KP

*Результаты атомно-эмиссионного спектрального анализа, выполненного в лаборатории ООО ЦГИ «Прогноз».

Таблица 4

Положительные геохимические аномалии в почвах

Элемент	Кларк		Среднее содержание элемента в почвах (n=59) $C_{cp}, n \cdot 10^{-3}, \%$	Кларк концентрации KK относительно	
	в земной коре $K, n \cdot 10^{-3}, \%$	в почвах континентов $Kn, n \cdot 10^{-3}, \%$		кларка в земной коре, C_{cp}/K	кларка в почвах, C_{cp}/Kn
Ag	0,0096	0,01	0,025	2,6	2,5
As	0,1	0,6	2,62	26,2	4,4
B	0,9	3,1	3,81	4,2	1,2
Be	0,2	0,15	0,28	1,4	1,9
Bi	0,0009 [10]	0,02	4,74	5267	237
Cd	0,016	0,016	0,17	10,6	10,6
Cr	10,0	6,0	11,36	1,4	1,9
Hg	0,0004	0,01	0,63	1575	63
Mn	90,0	50	136,58	1,5	2,7
Nb	2,1	1,1	2,5	1,2	2,3
Pb	0,8	2,0	4,21	5,3	2,1
Sb	0,02	0,09	3,69	184	41
Sn	0,2	0,11	0,39	2,0	3,5
V	1,9	9,0	15,57	8,2	1,7

Особенностью микроэлементного состава почв Красноярской провинции является высокое содержание Cd, который теоретически должен выноситься в кислородных кислых условиях. Его малое содержание в горных породах и накопление в почвах [14] можно объяснить следующим образом. Основными источниками поступления Cd в атмосферу г. Красноярска можно рассматривать производство алюминия, сжигание углей Канско-Ачинского бассейна на трех ТЭЦ, в составе которых присутствует Cd и другие химические элементы. Другие источники – предприятия машиностроительного, приборостроительного, металлургического и другого подобного профиля.

К настоящему моменту в г. Красноярске сжигается достаточно много ископаемого топлива; при этом в воздушное пространство выделяется большое количество CO₂. За счет CO₂ и атмосферных осадков в почве закрепляется CdCO₃ или CdHCO₃⁺. При наличии Cd и Zn Cd может накапливаться в количествах, преобладающих над Zn, что при наличии CO₂ характерно для окислительных условий [11]. Закреплению Cd²⁺ способствует его большой ионный радиус – 0,099 нм, у Zn²⁺ и Ni²⁺ 0,083 и 0,074 нм соответственно [5]. При изучении зависимости миграции элемента от радиуса иона было установлено, что при

свободной миграции с увеличением радиуса при диффузии дальность миграции уменьшается [1].

Анализ почв на макроэлементы показал, что их содержание в почвах ниже их кларков в земной коре (табл. 5).

Сравнение табл. 1–5 позволяет разделить элементы на 5 групп и говорить о тенденциях в их распределении:

1) элементы Fe, Cu, Zn, Se – ниже кларка как в горных породах, так и в почвах;

2) Ba, La, Sr, Zr – в горных породах выше кларка, но в почвах не накапливаются, несмотря на атмосферные поступления;

3) Co, Ni, Ti, W, Y – проявляют тенденцию к накоплению в почвах;

4) Cd, Cr, Mn, Nb – элементы, которые формируют техногенные положительные геохимические аномалии, особенно Cd;

5) Ag, As, B, Be, Bi, Hg, Pb, Sb, Sn, V – элементы, которые изначально образуют положительные аномалии в горных породах; в индустриальный период в большом количестве выбрасываются в атмосферу, в кислых условиях не выносятся из почв, т.е. закрепляются.

Более ранние исследования в пределах г. Красноярска [6] показывают также высокие содержания элементов в почвах, отмеченные выше в группах 3, 4, 5.

Таблица 5

Содержание макроэлементов в почвах г. Красноярска

Элемент	Кларк		Места взятия проб							Среднее
	в земной коре K, %	в почвах континентов Kn, %	о. Татышев	г. Караульная	Парк им. М. Горького	Кузнецовское плато (n=2)	д. Бадалык	Базаиха (n=2)	Академгородок (n=2)	
Fe	6,64	3,8	2,2**	1,0	2,3	1,7	2,1	2,4	2,6	2,10
Mn	0,09	0,05	0,04	0,02	0,04	0,03	0,03	0,08	0,05	0,04
Ca	3,81	1,37	1,6	7,5	1,1	3,2	1,7	0,6	0,7	2,05
K	2,13	1,36	1,0	0,92	1,2	1,2	1,1	1,1	0,96	1,07
Si	27,99	33,0	27,0	19,0	28,0	24,0	26,0	26,0	27,0	25,4
Al	8,07	7,13	6,4	3,5	6,0	5,0	7,0	5,9	5,7	5,00
Mg	2,26	0,63	1,5	1,2	1,1	1,7	1,2	0,8	1,2	1,24
Ti	0,49	0,37	0,34	0,18	0,35	0,26	0,28	0,35	0,34	0,30

*Результаты рентгенофлуоресцентного анализа, выполненного в ЦКП СФУ.

Современные пылевые выбросы усиливают естественные положительные геохимические «породные» аномалии.

Геохимия донных отложений.
Донные отложения р. Енисея, илистая (глинистая) фракция которых рассмат-

ривается как сорбционный барьер, на котором должны осаждаться элементы с большим ионным радиусом, поступающие в больших количествах с поверхностным стоком, представлены в табл. 6, 7.

Таблица 6

Содержание элементов в донных отложениях р. Енисея и их кларки концентраций *КК* и коэффициенты концентраций *Кс*

Элемент	Кларк в земной коре <i>K</i> , $n \cdot 10^{-3}, \%$	Содержание элементов в донных отложениях р. Енисея		Кларк концентрации <i>КК</i> , <i>Сср/К</i>	Коэффициент концентрации <i>Кс</i> , <i>Сср/Сф</i>
		фоновое (по течению выше Красноярска) <i>Сф</i> , $n \cdot 10^{-3}, \%$	среднее ($n=24$) <i>Сср</i> , $n \cdot 10^{-3}, \%$		
Ag	0,0096	0,005	0,015	1,6	3
As	0,1	1,3	1,5	10,0	1,2
B	0,9	2,8	3,12	3,5	1,1
Be	0,2	0,1	0,26	1,3	2,6
Bi	0,0009 [5]	1,9	3,8	4222	2
Cd	0,016	0,05	0,12	7,5	2,4
Cr	10,0	14,0	15,38	1,5	1,1
Hg	0,0004	0,0053	0,18	450	34
Mn	90,0	50	102,42	1,1	2,0
Mo	0,1	0,12	0,15	1,5	1,2
Pb	0,8	1,0	3,26	4,1	3,3
Sb	0,02	1,4	3,0	150	2,1
Sn	0,2	0,19	0,34	1,7	1,8
V	1,9	7,5	12,87	6,8	1,7
Y	2,9*	1,5	3,7	1,3	2,5
Zn	8,0	5,7	14,86	1,8	2,6

Таблица 7

Содержание элементов в донных отложениях р. Енисея и их кларки рассеяния *КР*

Элемент	Кларк в земной коре <i>K</i> , $n \cdot 10^{-3}, \%$	Содержание элементов в донных отложениях р. Енисея		Кларки рассеяния <i>КР</i> относительно	
		Фоновое (по течению выше Красноярска) <i>Сф</i> , $n \cdot 10^{-3}, \%$	среднее ($n=24$) <i>Сср</i> , $n \cdot 10^{-3}, \%$	кларка в земной коре, <i>Сср/К</i>	фоновое содержания, <i>Сср/Сф</i>
Ba	47,0	3,0	15,82	КР	5,3
Ce	7,0 [5]	3,0	5,12	КР	1,7
Co	3,6	0,58	1,26	КР	2,2
Cu	6,0	1,8	3,17	КР	1,8
Fe, %	6,64	2,0	2,93	КР	1,5
La	3,6	0,31	0,47	КР	1,5
Nb	2,1	0,85	1,1	КР	1,3
Ni	10,0	4,6	5,26	КР	1,1
P	70	29,0	52,38	КР	1,8
Sr	37	18,0	13,04	КР	КР
Ti	490	245	395	КР	1,6
W	1,4	0,1	0,14	КР	1,4
Zr	16,0	3,3	8,48	КР	2,6

Результаты анализа донных отложений свидетельствуют о том, что все элементы в той или иной степени накапливаются в донных отложениях р. Енисей в пределах г. Красноярска по сравнению с их содержанием в фоновых пробах, взятых по течению выше г. Красноярска. В фоновых пробах набор элементов с повышенным содержанием примерно тот же, что и в горных породах Ag, As, В, Ве, Bi, Cd, Cr, Hg, Mn, Mo, Pb, Sn, V, Y.

Ландшафтно-геохимическая обстановка. В миграции химических элементов немаловажную роль играет геохимическая обстановка почвенных вод [3], которая обусловлена кислотнo-щелочными условиями ландшафтов территории. На осадочных породах терригенного состава, интрузивных породах кислого состава, то есть на породах, в которых содержание CaO ниже 7,0 вес. %, как правило, формируются кислые и слабокислые условия почвенных вод [8].

Этим условиям способствует климатический фактор: количество атмосферных осадков *A* и количество испарения *И*. В зависимости от количества атмосферных осадков выделяются ландшафты влажного (гумидного) и сухого (аридного, семиаридного) климата. Критическим количеством осадков является 450 мм в год. За последнее десятилетие на территории г. Красноярска ежегодно выпадает 540–568 мм атмосферных осадков при испарении в 358 мм, что свидетельствует о влажном климате, который работает в пользу кислых и слабокислых условий почвенных вод.

Таким образом, состав почвомаатеринских пород и количество атмосферных осадков на территории Красноярской провинции формируют *кислые и*

слабокислые условия миграции химических элементов. Эти условия подтверждаются хвойной растительностью, что соответствует условиям подтайги. Хвойные деревья беднее золой. В хвое больше SiO₂, меньше Ca, Mg, Na, K. Клеточный сок хвои и таежные травы (кислица) содержат свободные органические кислоты (их pH – 4,5–6,5). Следовательно, уже в живых растениях формируется характерная геохимическая особенность таежного ландшафта – *кислая среда*.

Создается возможность кислого выщелачивания, которая реализуется на всех бескарбонатных породах. В этих условиях ведущим элементом выступает H⁺. В кислых условиях идет разложение большой массы органического вещества, что обогащает почвенные воды CO₂ и органическими кислотами, причем катионов для их нейтрализации не хватает. Поэтому почвенные воды, имея *кислую* реакцию, энергично выносят из почв Sr, Ba, Cu, Zn, Cd, Fe²⁺, Ni, Co и др., а анионогенные элементы (Cr⁶⁺, Mo⁶⁺, V⁵⁺, В, As⁵⁺ и др.) задерживаются (табл. 8). Подвижность и миграционная способность В как анионогенного элемента в кислых условиях среды уменьшается, а его количество, соответственно, накапливается [9].

Таким образом, слабокислая и кислая геохимическая обстановка способствует выносу тех же самых элементов (см. табл. 8): Fe, Co, Cu, Ni, Zn и др., которые изначально являются дефицитными для почв рассматриваемой территории, и накоплению тех, которые изначально являются избыточными: V, В, As, Pb и др.

Заключение. В пределах Красноярской провинции люди проживают на фоне:

– природных положительных

Таблица 8

Геохимические аномалии в кислых и слабокислых условиях

Вид аномалии	
отрицательные	положительные
вынос Sr, Ba, Cu, Zn, Cd, Fe ²⁺ , Ni, Co и др.	накопление Cr ⁶⁺ , Mo ⁶⁺ , V ⁵⁺ , В, As ⁵⁺ и др.

геохимических аномалий (Ag, As, B, Be, Bi, Hg, Pb, Sb), которые, в свою очередь, подпитываются этими же элементами, поступающими в окружающую среду с атмосферными выбросами;

– техногенных положительных геохимических аномалий в почвах и донных отложениях (Cd, Cr, Mo, Mn);

– отрицательных геохимических аномалий в горных породах и почвах макро- (Fe, Ca, Mg, K, Al) и микроэлементов (Cu, Ni, Zn, Co).

Геохимический аспект проживания людей является предметом пристального изучения: высокие содержания химических элементов в окружающей среде обычно рассматриваются как негативный фактор (загрязнение), но и низкие содержания (дефицит) жизненно важных химических элементов (Fe, Co, Ni, Cu, Zn) – это тоже негативный фактор.

Таким образом, геохимический аспект проживания людей является важным научным и практическим компонентом в системах поддержки принятия решений в области охраны окружающей среды и здоровья населения.

Библиографический список

1. Алексеенко В.А. Экологическая геохимия. М.: Логос, 2000. 627 с.
2. Геологическая карта г. Красноярска и его окрестностей (создана на топографической основе масштаба 1:200000 ГУГК СССР 1990 г. с использованием геологических материалов ОАО «Красноярскгеолсъёмка») / отв. исп. Ю.А. Задисенский.
3. Глазовская М.А. Геохимия природных и техногенных ландшафтов СССР. М.: Высшая школа, 1988. 327 с.
4. Государственный доклад о состоянии и охране окружающей среды Красноярского края в 2002 году. Красноярск, 2002. 103 с.
5. Иванов В.В. Экологическая геохимия элементов: справочник. В 6 кн. Кн. 1–3. М.: Недра, 1994–1996. Кн. 1–6. М.: Экология, 1996–1997.
6. Минаков А.Н., Черненко Н.Я. Особенности загрязнения почвенного покрова города Красноярска тяжелыми металлами и фтором // Проблемы использования и охраны природных ресурсов Центральной Сибири. Красноярск: Изд-во КНИИГиМС, 2011. Вып. 3. С. 104–107.
7. Оценка атмосферного воздуха города Красноярска по снеговому покрову / Т.П. Стримжа, М.В. Неустроева, О.Ю. Перфилова [и др.] // Вестник Красноярского государственного педагогического университета им. В.П. Астафьева. № 3. С. 319–327.
8. Оценка территориального экологического равновесия Центральной Сибири / А.Е. Мирошников, Т.П. Стримжа, Н.А. Кочнева [и др.]. Красноярск, 2003. 191 с.
9. Перельман А.И. Касимов Н.С. Геохимия ландшафта. М.: Изд-во МГУ, 1999. 610 с.
10. Справочник по геохимии / Г.В. Войткевич, А.В. Кокин, А.Е. Мирошников, В.Г. Прохоров. М.: Недра, 1990. 480 с.
11. Стримжа Т.П. Фертиков А.И. Особенности микроэлементного состава почв Николаевской сопки // Вестник Красноярского государственного педагогического университета им. В.П. Астафьева. 2012. № 1. С. 378–381.
12. Сысо А.И. Закономерности распределения химических элементов в почвообразующих породах и почвах Западной Сибири. Новосибирск: Изд-во СО РАН. 2007. 274 с.
13. Ярошевский А.А. Проблемы современной геохимии: конспект лекций, прочитанных в ГЕОХИ РАН в зимнем сезоне 2003–2004 г. [Электронный ресурс]. URL: <http://geo.web.ru> (12.12.2014 г.).
14. Release of cadmium, copper and lead from urban soils of Copenhagen. Environmental Pollution / L. Li [et al]. 2014. № 87. P. 90–97.

Статья поступила 24.12.2014 г.