



===== ЭКОЛОГИЯ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ =====

**ЭКОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ СНЕЖНОГО
ПОКРОВА ГОРОДА КЫЗЫЛА
(РЕСПУБЛИКА ТЫВА)**

Мананков А.В., Кара-Сал И.Д.

*Томский государственный архитектурно-строительный университет,
Томск,*

Тувинский государственный университет, Кызыл

**THE ECOLOGICAL AND GEOCHEMICAL CONDITION OF THE
SNOW COVER IN KYZYL
(REPUBLIC OF TUVA)**

Manankov A.V., Kara-Sal I.D.

Tomsk State University, Tuvan State University

В статье рассматриваются данные эколого-геохимического исследования снежного покрова города Кызыла. На территории столицы Республики Тыва был проведен анализ жидкой и твердой фазы снега с 2008 по 2010 год. Определялось содержание химических элементов в снеге и pH среды. Обработка аналитических данных заключалась в расчете среднего значения коэффициента (K_c) концентрации и суммарного показателя (Z_c) загрязнения снежного покрова тяжелыми металлами и мышьяком.

Ключевые слова: эколого-геохимическое исследование, снежный покров, приоритетные загрязнители, уровень загрязнения.

The article deals with the results of ecological and geochemical research of snow cover in Kyzyl. The analysis of the liquid and solid phase of snow from 2008 to 2010 was conducted on the territory of the capital of Tuva. The content of chemical substances in the snow and the pH of the environment were determined during this period. The aim of processing the analytical data was to calculate the average concentration coefficient (K_c) and the total score (Z_c) of the snow cover pollution by heavy metals and arsenic. The experimental results gave an opportunity to determine the main pollutants, which make the greatest contribution to pollution and the level of pollution of snow cover by chemical substances.

Key words: ecological and geochemical research, snow cover, main pollutants and the level of pollution.

Крупным загрязнителем атмосферного воздуха республиканского центра остается Кызылская ТЭЦ, которая расположена в восточной части города на левом берегу реки Енисей и находится под влиянием господствующих северо-восточных ветров. Расположение ТЭЦ в долине реки оказывает неблагоприятное воздействие на состояние атмосферы, так как воздушные массы застаиваются, и значительная часть загрязняющих веществ выпадает на поверхность земли

вблизи источника выбросов. Другими источниками экологической опасности г. Кызыла являются автотранспорт и одноэтажные застройки с печным отоплением. Изучение уровня загрязнения снежного покрова тяжелыми металлами и мышьяком является актуальным для создания наиболее благоприятных условий проживания населения, рационального размещения производительных сил, а также сохранения компонентов экосистем.

Целью данной работы является оценка уровня загрязнения снежного покрова тяжелыми металлами и мышьяком в зонах действия Кызылской ТЭЦ и автомагистральных дорог.

В качестве объекта исследования выбраны участки, непосредственно прилегающие к автомагистралям с интенсивным движением автотранспорта, к ТЭЦ и частному сектору, где основным топливом является каменный уголь Каа-Хемского угольного разреза (источник пыли и сажи).

Пробы снега в зоне действия Кызылской ТЭЦ и магистральных автодорог, включая фоновую, отобраны согласно руководству по контролю загрязнения атмосферы (Р.Д. 52.04.186-89) [1]. Всего отобрано 39 проб снега.

Эколого-геохимические исследования проводились по методике, разработанной в ИМГРЭ [2]. Экологическая оценка загрязненности территории химическими элементами производилась путем сравнения фактических концентраций элементов в снеговой воде и почве с концентрациями химических элементов на фоновых участках с вычислением коэффициента концентрации, а также суммарного показателя загрязнения. Коэффициент (K_c) концентрации определяется как отношение фактического содержания вредного вещества C_x к фоновому [3]:

$$K_c = C_x / C_f,$$

где: C_x – фактическое содержание элемента в конкретной пробе (мг/л, мг/дм³),

C_f – фоновое (природное) содержание этого элемента, (мг/л, мг/дм³).

Суммарный показатель загрязнения равен сумме коэффициентов концентрации химических элементов:

$$Z_c = \sum_{i=1}^n K_{c_i} + \dots + K_{c_{n-1}},$$

где: n – число учитываемых элементов.

Использовалась также градация степени загрязнения почв и снежного покрова, предложенная ИМГРЭ (табл. 1) [2].

Таблица 1

Уровни загрязнения различных сред по величине Z_c

Уровень загрязнения	Среда опробования	
	Почва	Снег
Минимальный	$Z < 8$	$Z < 32$
Слабый	$8 < Z < 16$	$32 < Z < 64$
Средний	$16 < Z < 32$	$64 < Z < 128$
Высокий	$32 < Z < 64$	$128 < Z < 256$
Очень высокий	$64 < Z < 128$	$256 < Z < 512$
Максимальный	$Z > 128$	$Z > 512$



Обработка аналитических данных заключалась в расчете среднего значения коэффициента (K_C) концентрации и суммарного показателя (Z_C) загрязнения снежного покрова тяжелыми металлами и мышьяком. Расчетные данные жидкой и твердой фазы снега представлены в таблицах 2 и 4.

В таблице 2 результаты определения pH талого снега показали, что интервал изменения среднего значения pH колеблется в пределах от 7,0-7,9 при фоне 7,0 ед.

Таблица 2

Средние значения коэффициента (K_C) концентрации и суммарного показателя (Z_C) загрязнения (жидкая фаза) снежного покрова тяжелыми металлами и мышьяком с 2008 по 2010 год

№ пробы	Место отбора проб	pH	K_C (жидкая фаза)									Суммарный показатель (Z_C)
			Pb	Cd	As	Hg	Zn	Cu	Co	Mn	Ni	
1	п.г.т. Каа-Хем, 1,5 км восточнее от Кызылской ТЭЦ	7,2	3,5	2,1	3,3	1,62	3,9	3,14	5,46	3,95	2,52	21,79
2	п.г.т. Каа-Хем, 500 м восточнее от ТЭЦ (ул. Шахтерская)	7,3	5,6	4,6	4,0	1,89	8,2	5,6	4,9	4,17	5,9	36,95
3	Частный сектор, 500 м западнее от ТЭЦ	7,9	8,1	3,25	5,8	3,13	6,96	6,36	5,4	5,65	6,3	42,95
4	Район школы-интерната 1,5 км западнее от ТЭЦ	7,5	7,9	4,3	5,5	3,85	8,4	8,1	5,8	5,5	4,5	45,85
5	Магистральная автодорога (кольцевой перекресток ул. Дружбы и Рабочая)	7,3	8,9	3,4	3,4	2,5	14,4	8,96	5,1	4,4	4,2	47,3
6	Магистральная автодорога(район автовокзала)	7,2	5,1	3,4	4,2	1,8	4,72	4,9	5,2	4,2	3,9	29,42
7	Район рынка (ул. Красноармейская, 137)	7,4	10,8	3,7	5,4	2,5	10,9	8,7	7,1	6,0	6,2	53,3
8	Частный сектор (ул. Рабочая, 278)	7,2	3,5	2,25	2,8	1,7	2,9	3,0	2,9	3,0	3,1	17,2
9	Магистральная автодорога (кольцевой перекресток Телецентр, ул. Московская)	7,3	12,9	4,1	6,7	2,7	12,1	10,3	7,3	6,1	5,5	59,7
10	Магистральная автодорога (ул. Калинина, ул. Ровенская)	7,4	6,9	3,1	3,7	2,6	7,2	6,6	4,4	4,1	3,9	34,5
11	Промышленная зона (ул. Сукпакская, 24)	7,5	4,3	3,1	2,6	1,7	3,3	3,1	5,2	3,3	3,5	22,1
12	Правый берег, частный сектор (ул. Холмистая, 41)	7,4	1,5	1,6	1,2	1,3	1,7	1,6	1,3	1,3	1,6	5,1
13	Частный сектор (ул. Убсу-Нурская, 17)	7,4	4,04	2,8	2,7	2,0	3,0	3,0	3,4	3,0	2,9	18,84
14	Кызыл, Дус-Холь 40 км южнее от г. Кызыла (фон)	7,0	0,011	0,004	0,009	0,001	0,016	0,005	0,012	0,014	0,024	-

По существующей классификации талая вода имеет щелочную реакцию за счет выпадения пылеватых загрязнений летучих зол, сажи ТЭЦ и частного сектора. Наибольшее значение отмечено в частном секторе (500м западнее от ТЭЦ), наименьшее в 40 км от города Кызыла.

Химический состав летучих зол ТЭЦ, работающей на твердом топливе, определяют pH нейтральную или щелочную реакцию, что ведет к подщелачиванию составляющих природной среды [4].

На пробных участках средние значения коэффициента (K_C) концентрации превышают фон от 1,2 до 14,4 ед. Максимальные значения имеют Zn, Pb, Cu с K_C 14,4; 12,9; 10,6 ед. соответственно, а минимальные – As (1,2); Hg (1,3); Co и Mn (1,3) (табл. 1).

Высокие значения **цинка, свинца и меди** зафиксированы вблизи магистральных автодорог (ул. Дружбы и Рабочая, Телецентр, ул. Московская) и в районе рынка (рис. 1). Причиной наибольшего значения вышеназванных элементов может быть в первом случае – плохое состояние автомобильных дорог и качества их покрытия, во втором – высокая интенсивность движения автотранспорта и, в последнем случае – скопление большого количества автотранспорта рядом с рынком. Наименьшие значения всех элементов выявлены в частных секторах и промышленной зоне: улицы Холмистая, Убсунурская и Сукпакская.

K_c

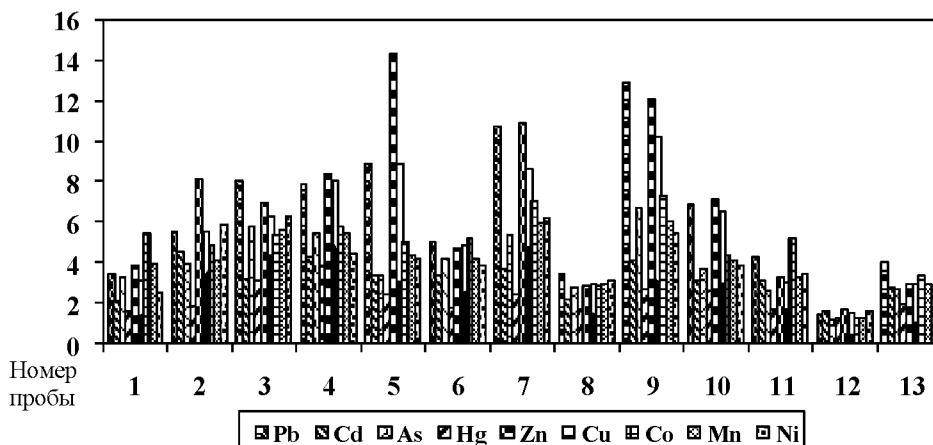


Рис. 1. Средние значения коэффициента (K_c) концентрации тяжелых металлов и мышьяка в жидкой фазе снега с 2008 по 2010 год. Номера проб соответствуют табл. 2

Средние расчетные значения суммарного показателя (Z_c) загрязнения варьируются от 5,1 до 59,7 ед., что свидетельствует об относительно минимальном и слабом загрязнении снежного покрова химическими элементами.

Наиболее высокие значения слабого уровня загрязнения встречаются на перекрестке магистральной автодороги (Телецентр, ул. Московская) и в районе рынка, а также на участке кольцевого перекрестка ул. Дружбы и Рабочей, в районе школы- интерната и в 500 м западнее от ТЭЦ.

Наименьшие значения минимального уровня загрязнения зафиксированы в частных секторах (ул. Холмистая и ул. Убсунурская, с Z_c 5,1 и 18,84 ед. соответственно, так как данные участки находятся на окраине города. Остальные участки с суммарным (Z_c) показателем загрязнения от 21,79 до 22,79 ед.

Таким образом, элементами, вносящими основной вклад в загрязнение жидкой фазы снега, являются **цинк, свинец и медь**. Эти элементы зафиксированы вблизи магистральных автодорог (ул. Дружбы и Рабочая), (Телецентр, ул. Московская) и в районе рынка.

Данные таблицы 3 показывают, что в зоне действия Кызылской ТЭЦ среднее значение коэффициента (K_{ccp}) концентрации относительно фоновому



варьирует от 2,6 до 6,9 ед. Преобладающими элементами жидкой фазы снега являются Zn (6,9), Pb (6,3), Cu (5,8) и Co (5,4).

Таблица 3
Сравнительная характеристика отдельных ареалов загрязнения водной фракции снега г. Кызыла (по средним значениям K_{Ccp} и Z_{Ccp})

№	Зоны	K_{Ccp}						Z_{Ccp}	Уровень загрязнения			
		Pb	Cd	As	Hg	Zn	Cu			Co	Mn	Ni
1	Зона действия ТЭЦ	6,3	3,6	4,7	2,6	6,9	5,8	5,4	4,7	4,8	36,8	Слабый
2	Зона действия магистральных автодорог	8,92	3,54	4,68	2,42	9,86	7,9	5,82	5,02	4,74	44,9	слабый
3	Промышленная зона	4,3	3,1	2,6	1,7	3,3	3,1	5,2	3,3	3,5	22,1	Минимальный
4	Частный сектор	4,0	2,2	2,23	1,7	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	14,6	минимальный

Среднее значение суммарного показателя (Z_{Ccp}) загрязнения составляет 36,8 ед., что свидетельствует о слабом загрязнении снежного покрова химическими элементами.

В зоне действия магистральных автодорог среднее значение коэффициента (K_{Ccp}) аномальности превышает фон 2,72-9,86 ед., лидирующими элементами выявлены Zn (9,86), Pb (8,92), Cu (7,9), Co (5,82) и Mn (5,02). Среднее значение суммарного показателя (Z_{Ccp}) загрязнения – 44,9 ед., уровень загрязнения снежного покрова – слабый.

В зонах действия промышленной зоны и частного сектора среднее значение коэффициента концентрации варьирует от 1,7 до 5,2 ед. Основными загрязняющими элементами промышленной зоны являются Co (5,2) и Pb (4,3), а частного сектора – Pb (4,0). Уровень загрязнения снежного покрова оценивается как минимальный.

Таким образом, уровень загрязнения жидкой фазы снега в зонах действия ТЭЦ и магистральных автодорог оценивается как слабый, в других зонах как минимальный. Лидирующими элементами в зонах действия магистральных автодорог установлены **цинк, свинец, медь, кобальт и марганец**, в зоне ТЭЦ все перечисленные элементы кроме **марганца**, в промышленной зоне **кобальт и свинец**, в частном секторе **свинец**.

Причинами наибольшего загрязнения в зонах действия магистральных автодорог и ТЭЦ могут быть увеличение количества транспорта и расположение второй зоны в долине реки Енисей, а также преобладание одноэтажных частных домов, которые используют низкие печные трубы. Одной из причин может быть также использование местного угля марки «Г» (газовый) и «Ж» (жирный) (из-за отсутствия в регионе месторождений природного газа и нефти), при котором в атмосферу выбрасывается большое количество вредных веществ.

В таблице 4 средние значения коэффициента (K_c) концентрации в твердой фазе снега на пробных участках превышают фон от 1,1 до 21,1 ед., максимальные

значения характерны для Zn, Pb, Co и Mn с K_C 21,1; 15,3; 8,7 и 8,2 соответственно.

Таблица 4
Средние значения коэффициента (K_C) концентрации и суммарного показателя (Z_C) загрязнения (твердая фаза) снежного покрова тяжелыми металлами и мышьяком с 2008 по 2010 год

№ пробы	Место отбора проб	K_C (твердая фаза)									Суммарный показатель (Z_C)
		Pb	Cd	As	Hg	Zn	Cu	Co	Mn	Ni	
1	п.г.т. Каа-Хем, 1,5 км восточнее от Кызылской ТЭЦ	3,3	3,6	4,4	1,9	5,3	3,1	4,75	4,9	2,1	25,35
2	п.г.т. Каа-Хем, 500 м восточ-нее от ТЭЦ (ул. Шахтерская)	5,2	5,8	5,2	2,1	14,9	5,6	5,7	7,5	4,5	48,5
3	Частный сектор, 500 м западнее от ТЭЦ	12,0	5,8	6,1	3,0	16,3	7,6	7,5	8,1	4,1	62,5
4	Район школы-интерната 1,5 км западнее от ТЭЦ	13,1	6,4	6,7	3,2	14,4	7,4	8,2	8,7	3,5	63,6
5	Магистральная автодорога (кольцевой перекресток ул. Дружбы и Рабочая)	11,6	5,9	6,2	2,8	10,8	7,76	7,04	7,9	3,7	55,7
6	Магистральная автодорога (район автовокзала)	5,6	5,3	3,5	2,1	9,8	4,2	5,2	4,2	3,2	35,1
7	Район рынка (ул. Красно-армейская, 137)	13,3	5,4	5,7	3,0	20,03	8,1	7,2	7,2	4,5	66,4
8	Частный сектор (ул. Рабочая, 278)	3,6	2,5	3,24	1,8	3,18	2,9	3,3	3,9	2,3	18,7
9	Магистральная автодорога (кольцевой перекресток Телецентр, ул. Московская)	15,3	7,9	6,7	3,6	21,1	7,9	7,5	10,3	4,5	76,8
10	Магистральная автодорога (ул. Калинина, ул. Ровенская)	7,9	6,2	4,1	2,6	13,3	4,9	6,4	5,9	3,2	46,5
11	Промышленная зона (ул. Сукпакская, 24)	3,8	5,1	3,5	2,0	3,7	3,5	6,9	3,8	2,7	27,0
12	Правый берег, частный сектор (ул. Холмистая, 41)	1,3	1,9	1,3	1,1	1,9	1,4	2,3	1,4	1,3	5,9
13	Частный сектор (ул. Убсу-Нурская, 17)	2,8	2,7	2,5	1,9	3,04	2,4	3,3	2,63	1,8	15,07
14	Кызыл, Дус-Холь 40 км южнее от г. Кызыла (фон)	0,04	0,014	0,017	0,005	0,107	0,021	0,025	0,038	0,076	-

Минимальные значения всех элементов зафиксированы в частном секторе (ул. Холмистая) от 1,1 (Hg) до 1,9 (Zn и Cd). Высокие значения **цинка** и **свинца** отмечены вблизи магистральной автодороги (Телецентр, ул. Московская) и в районе рынка (ул. Красноармейская) с K_C Zn (20-21,1) и Pb (13,3-15,3) ед., **марганца**, **кобальта** – в районе школы-интерната (1,5 км западнее от ТЭЦ) с K_C (8,7;8,2) соответственно (рис. 2).

Средние значения суммарного показателя (Z_C) загрязнения химических элементов составили от 5,9 до 76,8 ед. Уровень загрязнения оценивается как минимальный, слабый и средний. Среднее загрязнение выявлено вблизи магистральной автодороги (Телецентр, ул. Московская) и в районе рынка (ул. Красноармейская).

Максимальные значения слабого уровня загрязнения – вблизи ТЭЦ, в районе школы-интерната и частного сектора (500 м западнее от ТЭЦ), магистральной автодороги (ул. Дружбы и Рабочая) с Z_C (63,6; 62,5; 55,7) соответственно. Минимальное загрязнение зафиксировано в промышленной зоне (ул. Сукпакская) ($Z_C=27,0$), п.г.т. Каа-Хем (1,5 км восточнее от ТЭЦ) ($Z_C=25,35$) и в частных секторах (ул. Холмистая и Убсунурская), так как данные участки расположены на значительном расстоянии от ТЭЦ и магистральных автодорог.

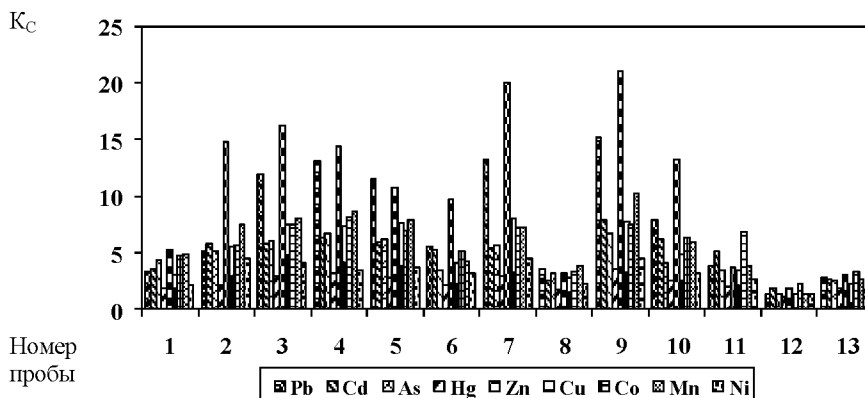


Рис. 2. Средние значения коэффициента (K_c) концентрации тяжелых металлов и мышьяка в твердой фазе снега с 2008 по 2010 год. Номера проб соответствуют табл.4.

Таким образом, высокие значения **цинка** и **свинца** отмечены вблизи магистральной автодороги (Телецентр, ул. Московская), в районе рынка (ул. Красноармейская) и частном секторе (500 м западнее от ТЭЦ), **марганца** и **кобальта** – в районе школы-интерната (1,5 км западнее от ТЭЦ).

В таблице 5 в зоне действия Кызылской ТЭЦ среднее значение коэффициента ($K_{ср}$) концентрации варьирует относительно фоновой от 2,6 до 12,7 ед., лидирующими элементами в твердой фазе снега являются Zn (12,7), Pb (8,4), Mn (7,3) и Co (6,5). Уровень загрязнения снежного покрова оценивается как слабый, так как $Z_{ср}=50,0$ ед.

Таблица 5
Сравнительная характеристика отдельных ареалов загрязнения твердой фракции снега г. Кызыла по средним значениям $K_{ср}$ и $Z_{ср}$

№	Зоны	$K_{ср}$									$Z_{ср}$	Уровень загрязнения
		Pb	Cd	As	Hg	Zn	Cu	Co	Mn	Ni		
1	Зона действия ТЭЦ	8,4	5,4	5,6	2,6	12,7	5,9	6,5	7,3	3,6	50,0	Слабый
2	Зона действия магистральных автодорог	10,7	6,1	5,2	2,8	15,0	6,6	6,7	7,1	3,8	56,0	Слабый
3	Промышленная зона	3,8	5,1	3,5	2,0	3,7	3,5	6,9	3,8	2,7	27,0	Минимальный
4	Частный сектор	2,6	2,4	2,3	1,6	2,7	2,2	2,9	2,6	2,6	13,9	Минимальный

В зоне действия автомагистральных дорог преобладающими элементами в снеге выявлены Zn (15,0), Pb (10,7), Mn (7,1), Co (6,7) и Cu (6,6). Среднее значение суммарного показателя загрязнения составляет $Z_{ср}=56,0$ ед., что свидетельствует о слабом загрязнении снежного покрова химическими элементами.

В промышленной зоне и частном секторе среднее значение коэффициента ($K_{\text{ср}}$) аномальности колеблется от 1,6 до 6,9 ед., преобладающими элементами отмечены Co (6,9) и Cd (5,1). Уровень загрязнения в этих зонах оценивается как минимальный с Z_c (27,0 и 13,9).

Таким образом, уровень загрязнения снежного покрова в зонах действия ТЭЦ и магистральных автодорог оценивается как слабый, а в других зонах – минимальный. Высокие значения **цинка, марганца, свинца и кобальта** наблюдаются вблизи магистральных автодорог и ТЭЦ, **кобальта и кадмия** в промышленной зоне, в частном секторе значения всех элементов не значительны.

В целом, по результатам эксперимента, уровень загрязнения снежного покрова химическими элементами оценивается как минимальный, слабый и средний. Основными приоритетными загрязнителями снежного покрова установлены **цинк, свинец, медь, кобальт и марганец**.

В заключение следует отметить, что результаты работы будут использованы для составления карт-схем экологической обстановки и для выявления экологически неблагоприятных зон на территории г. Кызыла

Библиографический список

1. РД 52.04.186-89 Руководство по контролю загрязнения атмосферы. – М., 1991. 409 с.
2. Ревич Б.А. Методические рекомендации по геохимической оценке загрязнения территорий городов химическими элементами. /Б.А. Ревич, Ю.И. Саг, Р.С. Смирнов, Е.П. Сорокина. // - М., 1982. ИМГРЭ, 111 с.
3. Саг Ю.Е. Геохимия окружающей среды. /Ю.Е. Саг, Е.П. Яхин и др. - М.: Недра, 1990. 335 с.
4. Дончева А.В., Казакова Л.К. и др. Ландшафтная индикация загрязнения природной среды. – М.: Экология, 1991. С. 96-105.

Bibliograficheskij spisok

1. Rd 52.04.186-89 Rukovodstvo po kontrolyu zagryazneniya atmosfery. – М., 1991. 409 s.
2. Revich B.A. Metodicheskie rekomendatsii po geokhimicheskoj otsenke zagryazneniya territorij gorodov khimicheskimi elementami. /B.A. Revich, Yu.I. Saet, R.S. Smirnov, E.P. Sorokina. // - М., 1982. imgre, 111 s.
3. Saet yu.e. Geokhimiya okruzhayushej sredy. /Yu.E. Saet, E.P. Yakhin i dr.- М.: Nedra, 1990. 335 s.
4. Doncheva A.V., Kazakova L.K. i dr. landshaftnaya indikatsiya zagryazneniya prirodnoj sredy. - М.: Ekologiya, 1991. S. 96-105.

Мананков Анатолий Васильевич – доктор геолого-минералогических наук, профессор, Томский государственный архитектурно-строительный университет, г. Томск, E-mail: mab39@mail.ru

Кара-Сал Ирина Дарымаевна – ст. преподаватель кафедры «Общеинженерные дисциплины», Тувинский государственный университет, г. Кызыл, E-mail: irinakarasal@mail.ru

Manankov Anatoly -Doctor of Geological and Mineralogical Sciences, Professor of Tomsk State Architectural University, Tomsk, E-mail: mab39@mail.ru

Kara-Sal Irina - art.teacher of "engineering disciplines" Tuvan State University, Kyzyl, E-mail: irinakarasal@mail.ru