

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО СВЯЗИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ ИМ. ПРОФ. М.А. БОНЧ-БРУЕВИЧА» (СПбГУТ)

Кафедра экологии и безопасности жизнедеятельности

**ПРАКТИЧЕСКИЕ РАБОТЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ  
«ГЕОХИМИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ»**

**Направление подготовки 05.03.06 Экология и природопользование  
Разработчик: профессор, д.г.н. Стурман В.И.**

**Санкт-Петербург  
2015**

**Лабораторная работа 1**  
**Кларки концентрации**

**Кларки элементов в земной коре согласно разным авторам**

Все значения ниже приведены в мг/кг (эквивалентно г/т, млн<sup>1</sup>, ppm)

Элемент	Символ	Clarke & Washington 1924 <sup>[1]</sup>	Ферсман (1933—1939) <sup>[2]</sup>	Goldschmidt (1937) <sup>[3]</sup>	Виноградов (1949) <sup>[4]</sup>	Виноградов (1962) <sup>[5]</sup>	Taylor (1964) <sup>[6]</sup>
Актиний	Ac	-	-	-	$x \cdot 10^{10}$	-	-
Серебро	Ag	0,0x	0,1	0,02	0,1	0,07	0,07
Алюминий	Al	75100	74500	81300	88000	80500	82300
Аргон	Ar	-	4	-	-	-	-
Мышьяк	As	x	5	5	5	1,7	1,8
Золото	Au	0,00x	0,005	0,001	0,005	0,0043	0,004
Бор	B	10	50	10	3	12	10
Барий	Ba	470	500	430	500	650	425
Бериллий	Be	10	4	6	6	3,8	2,8
Висмут	Bi	0,0x	0,1	0,2	0,2	0,009	0,17
Бром	Br	x	10	2,5	1,6	2,1	2,5
Углерод	C	870	3500	320	1000	230	200
Кальций	Ca	33900	32500	36300	36000	29600	41500
Кадмий	Cd	0,x	5	0,18	5	0,13	0,2
Церий	Ce	-	29	41,6	45	70	60
Хлор	Cl	1900	2000	480	450	170	130
Кобальт	Co	100	20	40	30	18	25
Хром	Cr	330	300	200	200	83	100
Цезий	Cs	0,00x	10	3,2	7	3,7	3
Медь	Cu	100	100	70	100	47	55
Диспрозий	Dy	-	7,5	4,47	4,5	5	3
Эрбий	Er	-	6,5	2,47	4	3,3	2,8
Европий	Eu	-	0,2	1,06	1,2	1,3	1,2
Фтор	F	270	800	800	270	660	625
Железо	Fe	47000	42000	50000	51000	46500	56300
Галлий	Ga	$x \cdot 10^5$	1	15	15	19	15
Гадолиний	Gd	-	7,5	6,36	10	8	5,4
Германий	Ge	$x \cdot 10^5$	4	7	7	1,4	1,5
Водород	H	8800	10000	-	1500	-	-
Гелий	He	-	0,01	-	-	-	-
Гафний	Hf	30	4	4,5	3,2	1	3
Ртуть	Hg	0,x	0,05	0,5	0,07	0,083	0,08
Гольмий	Ho	-	1	1,15	1,3	1,7	1,2
Иод	I	0,x	10	0,3	0,5	0,4	0,5
Индий	In	$x \cdot 10^5$	0,1	0,1	0,1	0,25	0,1
Иридий	Ir	$x \cdot 10^4$	0,01	0,001	0,001	-	-
Калий	K	24000	23500	25900	26000	25000	20900
Криптон	Kr	-	$2 \cdot 10^4$	-	-	-	-
Лантан	La	-	6,5	18,3	18	29	30

Литий	Li	40	50	65	65	32	20
Лютеций	Lu	-	1,7	0,75	1	0,8	0,5
Магний	Mg	19400	23500	20900	21000	18700	23300
Марганец	Mn	800	1000	1000	900	1000	950
Молибден	Mo	х	10	2,3	3	1,1	1,5
Азот	N	300	400	-	100	19	20
Натрий	Na	26400	24000	28300	26400	25000	23600
Ниобий	Nb	-	0,32	20	10	20	20
Неодим	Nd	-	17	23,9	25	37	28
Неон	Ne	-	0,005	-	-	-	-
Никель	Ni	180	200	100	80	58	75
Кислород	O	495200	491300	466000	470000	470000	464000
Осмий	Os	$x \cdot 10^4$	0,05	-	0,05	-	-
Фосфор	P	1200	1200	1200	800	930	1050
Протактиний	Pa	-	$7 \cdot 10^7$	-	$10^6$	-	-
Свинец	Pb	20	16	16	16	16	12,5
Палладий	Pd	$x \cdot 10^5$	0,05	0,01	0,01	0,013	-
Полоний	Po	-	0,05	-	$2 \cdot 10^{10}$	-	-
Празеодим	Pr	-	4,5	5,53	7	9	8,2
Платина	Pt	0,00х	0,2	0,005	0,005	-	-
Радий	Ra	$x \cdot 10^6$	$2 \cdot 10^6$	-	$10^6$	-	-
Рубидий	Rb	х	80	280	300	150	90
Рений	Re	-	0,001	0,001	0,001	$7 \cdot 10^4$	-
Родий	Rh	$x \cdot 10^5$	0,01	0,001	0,001	-	-
Радон	Rn	-	-	-	$7 \cdot 10^{12}$	-	-
Рутений	Ru	$x \cdot 10^5$	0,05	-	0,005	-	-
Сера	S	480	1000	520	500	470	260
Сурьма	Sb	0,х	0,5	(1)	0,4	0,5	0,2
Скандий	Sc	0,х	6	5	6	10	22
Селен	Se	0,0х	0,8	0,09	0,6	0,05	0,05
Кремний	Si	257500	260000	277200	276000	295000	281500
Самарий	Sm	-	7	6,47	7	8	6
Олово	Sn	х	80	40	40	2,5	2
Стронций	Sr	170	350	150	400	340	375
Тантал	Ta	-	0,24	2,1	2	2,5	2
Тербий	Tb	-	1	0,91	1,5	4,3	0,9
Технеций	Tc	-	0,001	-	-	-	-
Теллур	Te	0,00х	0,01	(0,0018)	0,01	0,001	-
Торий	Th	20	10	11,5	8	13	9,6
Титан	Ti	5800	6100	4400	6000	4500	5700
Таллий	Tl	$x \cdot 10^4$	0,1	0,3	3	1	0,45
Тулий	Tm	-	1	0,2	0,8	0,27	0,48
Уран	U	80	4	4	3	2,5	2,7
Ванадий	V	160	200	150	150	90	135
Вольфрам	W	50	70	1	1	1,3	1,5
Осмий	Os	$x \cdot 10^4$	0,05	-	0,05	-	-

Ксенон	Xe	-	3·10 <sup>5</sup>	-	-	-	-
Иттрий	Y	-	50	28,1	28	29	33
Иттербий	Yb	-	8	2,66	3	0,33	3
Цинк	Zn	40	200	80	50	83	70
Цирконий	Zr	230	250	220	200	170	165

## Литература

- Taylor S. R., Abundance of chemical elements in the continental crust: a new table. «Geochimica et Cosmochimica Acta», 1964, v. 28. p. 1273-85.
- Wedepohl K. H., Geochemie, B., 1967 (Sammlung Goschen, Bd 1224-1224a/1224b)

## Западный Урал

Эле- менты	Стратиграфо-генетические и литологические типы							
	Совр. болот- ные (торф)	Совр. балоч- ный аллю- вий	Совр. аллю- вий сугли- нисто- го со- става	Совр. аллю- вий супес- чано- го со- става	Верх- нечет- вер- тичный аллю- вий	Средне- верхне- четвер- тичные эоловые пески	Средне- верхне- четв. делю- виаль- но-со- лифл. сугл.	Средне- верх- нечетв. элюви- ально- делюв сугл. и глины
Cu	5,0	5,9	7,5	5,0	7,8	5,0	9,0	10,2
Zn	23	30	37	22	33	35,5	35	37
Pb	4,3	21	18	19	20	19	20,5	20
Ni	9,7	30	42,5	26	25	22	31	42
Cr	34	119	108	122	116	109	116	117
Co	7,8	17	19	16	16	12	17	19
V	24	51	63	47	50	45	68	79
Mo	0,44	0,43	0,5	0,43	0,47	0,4	0,59	0,56
Mn	4000	873	880	870	896	1290	840	888
Sn	1,4	2,6	3,0	2,5	2,8	2,6	2,7	2,7
Sc	10,4							
Ti	1580	2920	2750	3040	3460	3180	2840	2390
Li	17	14	24	14	23	13	24	22
Nb	9,9	9,7	10	11	9,9	9,8	9,7	9,6
Y	14	10	11	9	11	10	13	12
Zr	225	163	206	165	226	146	170	132
La	6,5	13,7	16,2	12,9	14	11,5	14	14
P	-	374	470	341	388	397	359	346
Sr	240							

Содержания в почве, Щучье

Содержание микроэлементов в черноземе типичном среднегумусном тяжелосуглинистом, мг/кг

№ разреза, глубина, см	Ni	Co	Cr	Mn	V	Ti	Sc	Ge	Cu	Zn	Pb	Ag	As	Sb	Cd	Bi	Mo	Ba	Sr	W	Sn	Be	Zr	Ga	Y	Yb	Nb	Li
I (0-15)	57	15	326	815	147	3261	8	0,0	73	82	24	0,2	0	0	0	0,0	1,6	571	245	0,0	4,1	1,2	245	15	41	4,1	15	8
I (15-30)	80	16	177	1331	177	4436	9	0,0	89	133	27	0,2	0	0	0	0,0	1,6	621	355	4,4	4,4	1,3	177	16	53	4,4	16	9
I (35-50)	83	17	276	644	184	4601	14	0,0	83	92	28	0,2	0	0	0	0,0	1,8	644	368	0,0	4,6	1,4	276	17	55	4,6	18	14
I (70-90)	86	17	285	665	190	5702	14	0,0	86	86	29	0,2	0	0	0	0,0	1,4	665	380	4,8	4,8	4,8	171	17	57	4,8	14	14
I-1 (0-15)	61	17	261	1304	156	4347	9	0,9	78	87	26	0,3	0	0	0	0,9	1,7	609	348	4,3	4,3	1,6	261	13	52	4,3	13	9
I-1 (15-30)	63	18	269	898	162	4491	9	0,0	81	135	27	0,2	0	0	0	0,9	0,9	629	269	0,0	4,5	1,6	269	16	45	4,5	13	13
I-2 (0-15)	60	15	257	857	154	4285	9	0,0	86	86	26	0,2	0	0	0	0,0	1,7	600	429	0,0	4,3	1,3	171	15	51	4,3	13	9
I-2 (15-30)	78	17	172	1292	155	4307	9	0,0	86	129	26	0,2	0	0	0	0,9	1,7	603	345	4,3	4,3	1,3	172	16	43	4,3	13	13
I-3 (0-15)	57	15	147	819	147	4097	8	0,0	74	74	25	0,1	0	0	0	0,0	2,5	737	410	0,0	3,3	1,5	246	12	41	3,3	12	8
I-3 (15-30)	88	16	176	1317	158	4389	9	0,0	79	132	35	0,2	0	0	0	0,0	1,8	614	351	0,0	4,4	1,6	176	16	44	4,4	16	13
I-4 (0-15)	58	15	167	1250	150	4168	13	0,0	75	83	33	0,2	0	0	0	0,8	1,7	583	333	0,0	4,2	1,7	333	13	50	4,2	15	8
I-4 (15-30)	88	18	265	796	177	5304	16	0,9	80	133	27	0,3	0	0	0	0,0	2,7	619	354	0,0	4,4	2,7	265	13	53	4,4	16	9
I-5 (0-15)	23	5	51	382	51	1273	4	0,0	23	25	8	0,1	0	0	0	0,0	0,5	229	102	0,0	1,0	0,4	51	4	15	1,3	4	3
I-5 (15-30)	81	18	269	898	180	4488	9	0,0	81	90	27	0,1	0	0	0	0,9	1,8	539	359	0,0	3,6	1,3	269	13	45	4,5	13	9

Требуется определить кларки концентрации (по вариантам)

## Для расчета коэффициентов водной миграции

### Пояснительная записка

В соответствии с договором субподряда №RCWDF-30005/8 поручения RCWDF-30005-G1-014/25, заключенным ОАО «Зауралводпроект» с ОАО «Гипросинтез» и на основании технического задания (приложение А), утвержденного ОАО «Гипросинтез», были выполнены специальные работы по расчету фоновых концентраций загрязняющих веществ в р.Миасс 500м выше по течению впадения р.Наумовский в Щучанском районе. Расчет фоновых концентраций произведен комплексной лабораторией Курганского областного центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (ЦГМС) на основании письма ОАО «Зауралводпроект» №04/06 от 14.01.2005г.

Работы проводились по данным результатов химических анализов воды из р.Миасс, выполненных Курганским филиалом «Специализированной Инспекции Аналитического Контроля по Уральскому региону (СИАК по УР)», с целью расчета предельно-допустимого сброса дренажных вод в р.Миасс на период эксплуатации объекта УХО в Щучанском районе Курганской области.

Расчет фоновых концентраций загрязняющих веществ в воде р.Миасс производился согласно руководящего документа РД 52.24.622-2001 с использованием автоматизированной обработки данных гидрохимических наблюдений.

Результаты расчета фоновых концентраций загрязняющих веществ приведены в таблице 1.

Результаты химических анализов в р.Миасс приведены в таблицах 2.1-2.12.

Таблица 1

Вещество	Фоновая концентрация, мг/л
1	2
1. Железо общее	0,111
2. Фториды	0,75
3. рН	7,75
4. Растворенный кислород	8,44
5. ХПК	33,6
6. Перманганатная окисляемость	6,95
7. Жесткость	5,54
8. Ртуть	0,000
9. Кадмий	0,003
10. Калий	10,7
11. Натрий	54,1
12. Кальций	51,6
13. Магний	36,5
14. Марганец	0,101
15. Хром общий	0,009
16. Никель	0,004
17. Медь	0,016
18. Свинец	0,021
19. Алюминий	0,73
20. Фенолы	0,002
21. Кремний	3,4
22. Сероводород	0,000
23. Гидрокарбонаты	178,5

Минерализация 500 мг/л

**Гигиенические нормативы ГН 2.1.7.2511-09 (ОДК для почв)**

Наименование вещества	N CAS	Формула	Группа почв	Величина ОДК (мг/кг)	Ссылка на источники литературы по методам определения
Кадмий	7440-43-9	Cd	а) песчаные и супесчаные	0,5	2, 8
			б) кислые (суглинистые и глинистые), рН КСl<5,5	1,0	
			в) близкие к нейтральным, нейтральные (суглинистые и глинистые), рН КСl>5,5	2,0	
Медь	7440-50-8	Cu	а) песчаные и супесчаные	33	2, 7, 8
			б) кислые (суглинистые и глинистые), рН КСl<5,5	66	
			в) близкие к нейтральным, нейтральные (суглинистые и глинистые), рН КСl>5,5	132	
Мышьяк	7440-38-2	As	а) песчаные и супесчаные	2	3, 6, 8
			б) кислые (суглинистые и глинистые), рН КСl<5,5	5	
			в) близкие к нейтральным, нейтральные (суглинистые и глинистые), рН КСl>5,5	10	
Никель	7440-02-0	Ni	а) песчаные и супесчаные	20	2, 5, 8
			б) кислые (суглинистые и глинистые), рН КСl<5,5	40	
			в) близкие к нейтральным, нейтральные (суглинистые и глинистые), рН КСl>5,5	80	
Свинец	7439-92-1	Pb	а) песчаные и супесчаные	32	2, 4, 5, 7, 8
			б) кислые (суглинистые и глинистые), рН КСl<5,5	65	
			в) близкие к нейтральным, нейтральные (суглинистые и глинистые), рН КСl>5,5	130	
Цинк	7440-66-6	Zn	а) песчаные и супесчаные	55	2, 7, 8
			б) кислые (суглинистые и глинистые), рН КСl<5,5	110	
			в) близкие к нейтральным, нейтральные (суглинистые и глинистые), рН КСl>5,5	220	

Вещества	Для водоемов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового назначения		Для водоемов рыбохозяйственного назначения	
	ПДК, мг/л	ЛПВ	ПДК, мг/л	ЛПВ
Азот аммонийный	2,0	Сан.-токсикол.	0,5	Токсикол.
Азот нитратный	45	Сан.-токсикол.	40	Сан.-токсик.
Азот нитритный	3,3	Сан.-токсикол.	0,08	Токсикол.
Железо	0,3	Органолепт.	0,005	Токсикол.
Марганец	0,1	Органолепт.	0,01	Токсикол.
Медь	1,0	Органолепт.	0,001	Токсикол.
Никель	0,1	Сан.-токсикол.	0,01	Токсикол.
Нефтепродукты	0,3	Органолепт.	0,05	Рыбохоз.
Ртуть	0,0005	Сан.-токсикол.	Отсутств.	Токсикол.
Свинец	0,03	Сан.-токсикол.	0,1	Токсикол.
Сульфаты	500	Органолепт.	100	Сан.-токсик.
Фенол	0,001	Органолепт.	0,001	Рыбохоз.
Хлориды	350	Органолепт.	300	Сан.-токсик.
Хром (Cr <sup>6+</sup> )	0,05	Сан.-токсикол.	0,001	Токсикол.
Хром (Cr <sup>3+</sup> )	0,5	Сан.-токсикол.	0,07	Токсикол.
Цинк	1,0	Общесан.	0,01	Токсикол.
БПК <sub>полн</sub>	6,0		3,0	
ХПК	15 (хоз.-питьев.) 30 (комм.-быт)		Не установл.	
Минерализация общая	1000		1000	



## Работа 2

Биогеохимический подход к анализу живого вещества, основанный на идеях В.И.Вернадского, заключается в первую очередь в сопоставлении химического состава живых организмов с составом других природных систем – горных пород, почв, растительности, атмосферного воздуха. Это создает возможности для системного анализа биологического круговорота химических элементов, биогеохимических циклов в ландшафтах и биосфере в целом.

Для характеристики биогенной миграции химических элементов в ландшафтах, наряду с изучением живого вещества с помощью таких фундаментальных и сложных геохимических параметров как биомасса и ежегодная продукция, большое значение имеет определение его состава, а также интенсивности вовлечения отдельных химических элементов в биологический круговорот. Эти задачи решаются с помощью целого ряда показателей.

Универсальным показателем интенсивности биологического поглощения элементов в ландшафтах являются коэффициенты и ряды биологического поглощения. Среди коэффициентов выделяется *коэффициент биологического поглощения* ( $A_x$ ), предложенный Б.Б. Плыновым, показатель отношения содержания химического элемента в золе растений к содержанию его в почвах (породах, водах):

$$A_x = \frac{L}{N},$$

где  $L$  – содержание элемента в золе растений,  $N$  – содержание элемента в почве

Кларк концентрации элементов, полученный при расчете на зональную часть живого вещества планеты называется общей биогенностью элементов. При расчете этого показателя для живых организмов конкретных регионов или отдельных систематических групп мы имеем дело со *специальной, или частной биогенностью* ( $B_c$ ) элементов, которая аналогично породным кларкам может существенно отличаться от общей биогенности.

$$B_c = \frac{L}{K},$$

где  $L$  – содержание элемента в золе растений,  $K$  – содержание элемента в литосфере.

Подсчет биогенности и коэффициентов биологического поглощения. Эти коэффициенты рассчитываются для каждого растения как по отношению к кларкам литосферы ( $B_c$ ), так и по отношению к содержанию элементов в почвах района ( $A_x$ ). Показатель  $B_c$  дает представление об общей поглотительной способности данного вида растений и по своей сути характеризует систематические способности их химизма. Коэффициент  $A_x$  в большей мере отражает местные особенности поглощения растениями химических элементов. Этот коэффициент дает возможность выявить их региональную и биогеохимическую специализацию.

Исходные данные по вариантам принимаются из работы 1.

**Работа 3**  
**Описание и картографирование геохимических ландшафтов в условиях тундры, тайги, степи**

**Объект:** топографические карты 1:100000-1:1000000 типичных территорий тундровой, таежной, степной зон.

**Задания**

1. Найти на карте и оконтурить примеры:
  - автономных и подчиненных ландшафтов;
  - элювиальных, трансэлювиальных, трансаккумулятивных, аккумулятивных ландшафтов;
  - субэаральных, супераквальных, субаквальных ландшафтов.
2. Определить преобладающий на данной территории класс ландшафтов и выполнить его описание на основе классификации геохимических ландшафтов В.А. Алексеевко:

Таблица 7.1

Схема классификации геохимических ландшафтов суши (по В.А.Алексеевко)

Классификационные уровни	Ведущие признаки объединения геохимических ландшафтов на данном уровне	Ландшафты, объединяемые на каждом уровне								
		Биогенные			Техногенные				Абиогенные	
I	Преобладание ведущего вида миграции								Абиогенные	
II	Особенности ведущего вида миграции	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Леса</li> <li>2. Степи</li> <li>3. Пустыни</li> <li>4. Тундры и верховые болота</li> <li>5. Примитивные пустыни</li> </ol>	<b>Леса:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• лиственные</li> <li>• смешанные</li> <li>• хвойные</li> </ul>	<b>Леса листопадные:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• дубо-грабовые</li> <li>• ольховые</li> <li>• тополиные и т.д.</li> </ul>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Сельскохозяйственные</li> <li>2. Промышленные</li> <li>3. Лесотехнические</li> <li>4. Населенные пусты</li> <li>5. Дорожные</li> <li>6. Военные ведомства</li> </ol>	<b>Сельскохозяйственные:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• с севооборотами однолетних культур</li> <li>• то же, многолетних культур</li> <li>• животноводческие</li> </ul>	<b>Многолетние культуры:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• сады</li> <li>• виноградники</li> <li>• чайные плантации</li> <li>• ягодные плантации</li> <li>• ореховые плантации</li> </ul>	<b>Однолетние культуры:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• молочно-зерновые</li> <li>• немолочно-зерновые</li> </ul>	<b>Мелиорируемые:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• осушаемые</li> <li>• орошаемые</li> <li>• периодически заливаемые</li> </ul>	Ледники
III	Характеристика почв (части ландшафта с наибольшим напряжением геохимических процессов)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. С окислительной обстановкой (свободным O<sub>2</sub>)</li> <li>2. С восстановительной глеевой обстановкой (без свободного O<sub>2</sub> и H<sub>2</sub>S)</li> <li>3. С сероводородной обстановкой</li> </ol>		<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Сильнокислые (pH&lt;3)</li> <li>2. Кислые и слабокислые (pH 3-6,5)</li> <li>3. Нейтральные и слабощелочные (pH 6,5-8,5)</li> <li>4. Сильнощелочные (pH&gt;8,5)</li> </ol>		С различным набором типоморфных водных мигрантов: H <sup>+</sup> ; Al <sup>3+</sup> ; Fe <sup>3+</sup> ; Ca <sup>2+</sup> ; Na <sup>+</sup> ; K <sup>+</sup> ; SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> ; HSO <sub>4</sub> <sup>-</sup> ; Cl <sup>-</sup> ; OH <sup>-</sup> и др.		С различным содержанием органических соединений		
Всего 21 класс водной миграции элементов (по А.И.Перельману)										

363

Окончание табл. 7.1

IV	Характеристика подземных (грунтовых) и ледниковых вод	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. С окислительной обстановкой (свободным O<sub>2</sub>)</li> <li>2. С восстановительной глеевой обстановкой (без свободного O<sub>2</sub> и H<sub>2</sub>S)</li> <li>3. С сероводородной обстановкой</li> </ol>		<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Сильнокислые (pH&lt;3)</li> <li>2. Кислые и слабокислые (pH 3-6,5)</li> <li>3. Нейтральные и слабощелочные (pH 6,5-8,5)</li> <li>4. Сильнощелочные (pH&gt;8,5)</li> </ol>		С различным набором типоморфных водных мигрантов			
V	Особенности воздушной миграции	Подвержены воздушной эрозии		Не подвержены воздушной эрозии		С современным отложением эолового материала			
VI	Отношение к многолетней мерзлоте	С отсутствием многолетней мерзлоты		С островным развитием многолетней мерзлоты		С развитием прерывистой многолетней мерзлоты		Со сложным развитием многолетней мерзлоты	
VII	Геоморфологические особенности	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Равнинные области</li> <li>2. Низкогорные и среднегорные</li> <li>3. Высокогорные области</li> </ol>		<b>Равнинные области:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• элювиальные</li> <li>• трансэлювиальные</li> <li>• трансаккумулятивные</li> <li>• трансуправляемые</li> </ul>		<b>Элювиальные:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• островершинные</li> <li>• плосковершинные</li> </ul>			
VIII	Особенности постоянного природного источника земных элементов, поступающих в ландшафт (почвоподстилающие породы)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Осадочные породы</li> <li>2. Магматические породы</li> <li>3. Интенсивно метаморфизованные породы</li> </ol>		<b>Осадочные породы:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• карбонатные</li> <li>• терригенные</li> <li>• карбонатно-терригенные</li> </ul>		<b>Карбонатные породы:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• известковые</li> <li>• доломитовые</li> <li>• известковые с конкрециями сидерита</li> </ul>		<b>Известковые породы:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• силурийского возраста, обогащенные Pb</li> <li>• девонского возраста, обогащенные Mn, и т.д.</li> </ul>	

#### Работа 4. Выявление геохимических аномалий

Формула среднего квадратического отклонения:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n - 1}}$$

Требуется определить аномальные концентрации по 2- и 3-сигмовому пределам и выделить аномалии для выборок:

Выборка 1

	Pb	Zn	Cu	Ni	Co	Mn	Cr	Ti
1	0,0088	0,0219	0,0038	0,0082	0,0035	0,2210	0,1304	0,2357
2	0,0063	0,0178	0,0109	0,0103	0,0189	0,3181	0,2022	0,2686
3	0,0028	0,0140	0,0021	0,0088	0,0018	0,0965	0,0326	0,4039
4	0,0025	0,0123	0,0031	0,0057	0,0022	0,1109	0,0420	0,2990
5	0,0053	0,0237	0,0126	0,0085	0,0040	0,1854	0,1245	0,2840
6	0,0041	0,0102	0,0153	0,0031	0,0026	0,1512	0,0093	0,3976
7	0,0029	0,0051	0,0010	0,0018	0,0020	0,1222	0,0119	0,2390
8	0,0098	0,0500	0,0020	0,0067	0,0021	0,0977	0,0117	0,1912
9	0,0030	0,0059	0,0015	0,0029	0,0015	0,0888	0,0152	0,3107
10	0,0051	0,0102	0,0020	0,0040	0,0020	0,1512	0,0093	0,2556
11	0,0040	0,0100	0,0020	0,0042	0,0021	0,0799	0,0117	0,1912
12	0,0030	0,0059	0,0010	0,0025	0,0021	0,0977	0,0152	0,2390
13	0,0040	0,0118	0,0012	0,0029	0,0021	0,1687	0,0117	0,3107
14	0,0201	0,0599	0,0010	0,0037	0,0020	0,0756	0,0116	0,1673
15	0,0029	0,0099	0,0020	0,0024	0,0015	0,0611	0,0167	0,2272
16	0,0025	0,0028	0,0010	0,0016	0,0020	0,0924	0,0116	0,3346
17	0,0100	0,0100	0,0012	0,0021	0,0021	0,0977	0,0199	0,2390
18	0,0020	0,0059	0,0010	0,0029	0,0021	0,0977	0,0152	0,3107
19	0,0030	0,0041	0,0010	0,0025	0,0021	0,0799	0,0094	0,3107
20	0,0024	0,0081	0,0010	0,0029	0,0025	0,0977	0,0117	0,1912
21	0,0030	0,0059	0,0010	0,0050	0,0021	0,0799	0,0152	0,5019
22	0,0031	0,0081	0,0010	0,0040	0,0020	0,0924	0,0151	0,5019
23	0,0030	0,0081	0,0010	0,0042	0,0021	0,0977	0,0199	0,5019
24	0,0020	0,0150	0,0010	0,0029	0,0016	0,1200	0,0102	0,7648
25	0,0041	0,0102	0,0012	0,0050	0,0026	0,0924	0,0116	0,5964
26	0,0050	0,0085	0,0012	0,0050	0,0021	0,0799	0,0117	0,5019
27	0,0030	0,0150	0,0010	0,0019	0,0012	0,1200	0,0201	0,9088
28	0,0110	0,0100	0,0015	0,0050	0,0021	0,0977	0,0152	0,5019
29	0,0080	0,0119	0,0020	0,0062	0,0026	0,0840	0,0116	0,2629
30	0,0031	0,0077	0,0010	0,0031	0,0029	0,1260	0,0116	0,4302

## **Работа 5. Анализ накопления элементов в почвах**

Сведения о накоплении химических элементов в твердых отходах различных типов в  $\text{кг/км}^2$  (что равнозначно  $\text{мг/м}^2$ ) в год представлены в табл. 29. Верхний 5-см слой на  $1 \text{ км}^2$  имеет массу 135 тыс. т. ( $135 \text{ кг/м}^2$ ).

Фоновые характеристики для разных типов почв в  $\text{мг/кг}$  представлены в табл. 12. Запасы микроэлементов в фоновых почвах в  $\text{мг}$  на  $1 \text{ м}^2$  получаются умножением на 135.

### **Требуется:**

1. Определить, за сколько лет произойдет удвоение содержания данного элемента при загрязнении данным типом отходов по видам почв (варианты).
2. Во сколько раз вырастет содержание элементов в почвах разных типов при загрязнении данным видом отходов (варианты) за 10 (20) лет.

Таблица 29. Химические элементы твердых отходов различных типов

Элемент	Среднегодовое поступление элементов из различных			
	Зола и шлаки бытового мусора	Шламы сооружений физико-химической очистки	Осадки канализационных стоков	Металлообразивные пыли
Титан	1100	0	684	13
Ванадий	7,7	0	11,5	46
Хром	412	750	331	2600
Марганец	?	60	209	260
Кобальт	6,6	0,2	2,8	100
Никель	43,3	150	32,7	80
Медь	1320	500	129	150
Цинк	3960	1000	507	44
Молибден	4,8	4	14,5	80
Серебро	15,8	2,5	12,0	0,2
Кадмий	7,4	30	17,5	?
Олово	161	100	26,6	0,2
Сурьма	76	0	0,8	?
Вольфрам	6,5	1,5	1,1	430
Свинец	1050	18	32,9	3
Висмут	2,8	27	3,8	?
Стронций	135	2	89	0
Цирконий	34	0	76	1

твердых отходов, кг/км <sup>2</sup>			Запасы в почвах условного фона, кг/км <sup>2</sup>	Относительный коэффициент накопления в отходах	Среднесуточная нагрузка на 1 чел., мг
Зола и шлаки электростанций	Твердые отходы внутри-заводских свалок	Всего			
5500	357	7654	4200	0,5	738
180	13	258	45	1,7	27
ПО	818	5021	32	154	1682
5	5	—	379	1,7	178
19	22	151	5	26,4	45
75	61	443	14	26,3	126
170	419	4008	19	203	1246
190	1102	6803	35	189	2265
4	21	128	0,7	177	42
0,1	6	36,6	0,1	365	12
?	1	66	0,2	330	23
3	57,6	348	3,6	96	118
?	?	77	1,4	55	26
?	88	527	0,7	753	180
42	221	1367,9	18	74	454
?	?	0,6	0,2	—	—
300	45	571,9	20	14	93
145	22	278,9	296	0,5	46