

**Assessment of changes in the content of toxic elements in soils
around Zakamensk after the closing of the Dzhidinski
Tungsten-Molybdenum Mill**

**ОЦЕНКА ТЕНДЕНЦИЙ ИЗМЕНЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ
ТОКСИЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ
В ПОЧВАХ г. ЗАКАМЕНСКА ПОСЛЕ КОНСЕРВАЦИИ
ДЖИДИНСКОГО ВОЛЬФРАМО-МОЛИБДЕНОВОГО КОМБИНАТА**

Olga K. Smirnova, S.G. Doroshkevich, B.V. Dampilov
Geological Institute, Siberian Branch of the Russian
Academy of Science, Ulan-Ude *meta@gin.bscnet.ru*

Смирнова О.К., Дорошкевич С.Г., Дампилова Б.В.
Геологический институт СО РАН, Улан-Удэ
meta@gin.bscnet.ru

An ecological and geochemical survey of the town area, conducted in 1991-1992 by V.S. Kuzmin et al.

Эколого-геохимической съемкой территории города,
в 1991-92 гг. (Кузьмин В.С. и др., Гуджирская ГРП)

- This survey showed that the soils were contaminated with environmentally dangerous and highly hazardous elements with an aggregate coefficient of >32 , covering about 1/2 of the territory of Zakamensk. The situation in the area was estimated to be equivalent to an environmental crisis or catastrophe.
- (Было установлено, что зона загрязнения почв экологически опасными и высокоопасными элементами с суммарным коэффициентом их концентрации (Z_c) более 32, охватывает около половины площади г. Закаменска. Экологическая обстановка на этой территории оценивалась как кризисная и катастрофическая).
- In the central part of the town (the downtown area) the contaminated and highly contaminated areas were associated with the use of tailings sands for covering roads and for banking front yards around a residential area, a kindergarten, and secondary school #5
- (В центральной части города участки сильного и очень сильного загрязнения в ряде случаев были связаны с техногенными песками, которые использовались для отсыпки дорог, дворов жилых домов, детского садика и средней школы № 5.)



The town of Zakamensk and the mill waste piles with molybdenum and sulfide-hübnerite ores (Город Закаменск и массивы отходов обогащения молибденитовых и сульфидно-гюбнеритовых руд)



A general view of the fill tailings 950 x 1780 m, dam height – 22 m, width – 45 m in the middle (Общий вид намывного хвостохранилища 950x1780 м, высота дамбы – 22 м, мощность – 45 м в центральной части)

The area of Zakamensk is still contaminated. Besides *manmade pollution* caused by using tailing sands for economic needs, the tailings themselves have been spread out due to *natural processes*. (Загрязнение территории г. Закаменска продолжается до настоящего времени. Кроме **антропогенного загрязнения** территории в результате использования техногенного песка для хозяйственных нужд, интенсивно осуществляются **природные процессы** рассеяния материала хвостохранилищ).

The main natural processes include (Главные среди них):

- 1) *seepage caused by wind* (ветровой разнос);
- 2) *seepage caused by gravity from sloping* (склоновые процессы);
- 3) *temporary & permanent water flows* (деятельность временных и постоянных водотоков).

The most pervasive natural process is wind dispersion. Wind dispersion can be observed partly on lowlands around the Modonkul River. Наиболее широко развит ветровой разнос. В чистом виде он отмечается на склонах долины р. Модонкуль

The aggregate flow of contaminants from the tailings surface into Zakamensk is estimated at 2,300 tons/year per 1 sq. km. The rainwash from the tailings surface flows into town and transits in all directions. Sand washouts from the slurry dump have occurred along parts of the dam that have been breached, flowing into the Modonkul River and then into the Dzhida River.

(Суммарный поток загрязняющих веществ с поверхности хвостовых отвалов на территорию г. Закаменска составляет в среднем **2300 т/год на 1 кв. км**. Плоскостной смыв материала с поверхности хранилища лежалых хвостов направлен в сторону города и проходит транзитом через всю его территорию. Смыв песков с поверхности гидроотвала происходит через местами разрушенную дамбу в пойму р. Модонкуль и далее в р. Джиду.)

After the closing of the mine site the atmosphere has also been polluted with substances from the slurry dump. (После консервации Джидинского ВМК в воздушном загрязнении окружающей среды стал участвовать материал гидроотвала.)

Tailings sands in the town area

(Техногенные пески на территории города)



Citing data from a complex set of ecological & geochemical studies on the Dzhidinski Mine Site (DMS) during 2003-2005, the Geological Institute developed a map that demonstrated the distribution of aggregate contamination of loose sediments throughout Zakamensk. An aggregate coefficient was estimated with regard to concentrations of **type I metals** (Pb, Zn, As, Cd, F), **type II metals** (Mo, Cu, Sb) and **type III metal** (W) in the soils. (Note: type I, II, III all refer to the class of environmental hazard for each metal.)

На основании комплексного эколого-геохимического изучения территории Джидинского вольфрамо-молибденового комбината в 2003-2005 гг. (Геологический институт СО РАН) составлена карта распределения суммарного показателя загрязнения рыхлых отложений территории г. Закаменска. Расчет суммарного показателя загрязнения проведен по содержанию в почвах элементов **I** (Pb, Zn, As, Cd, F), **II** (Mo, Cu, Sb) и **III** (W) классов экологической опасности.

A trend of increasing contamination has been confirmed, both in intensity and dispersal, thus expanding the zone of environmental emergency and disaster every year since the mill closed in 1997.

(Установлена тенденция усиления интенсивности загрязнения и расширения зон чрезвычайной экологической ситуации и экологического бедствия после консервации горно-обогатительного производства в 1997 г.)

Map of loose sediments distribution



- **Concentration of certain elements serves as a basis for estimating the aggregate and total indicators that vary within the following limits:**
(Содержание элементов, по которым рассчитан суммарный показатель загрязнения почв, варьирует в значительных пределах):
- **Lead (Свинец) – 15 to 870 mg/kg** in soils, up to 1600 mg/kg at significant points (в отдельных точках);
- **Zinc (цинк) - 70-1000 mg/kg, 1200 mg/kg and higher** at significant points (в отдельных точках)
- **Cadmium (кадмий) – 0.5-14 mg/kg, over 16 mg/kg** at anomalous points (в аномальных точках);
- **Fluorine (фтор) - 50-16,000 mg/kg;**
- **Molybdenum (молибден) – 1.3-260 mg/kg, 470 mg/kg** at an anomalous point (в аномальной точке);
- **Copper (медь) - 23-830 mg/kg;**
- **Antimony (сурьма) – 2.6-120 mg/kg, up to 230 mg/kg** at anomalous points (в аномальных точках);
- **Tungsten (вольфрам) - 20-1100 mg/kg, over 1500 mg/kg** at significant points (в отдельных точках);
- **Arsenic (мышьяк) - 3-50 mg/kg** in soils.

The elements marked in bold indicate high and very high levels of contamination for soils with pH 4-6 based on an accepted scale of environmental standardization. (Жирным выделены элементы, уровень загрязнения которыми по шкале экологического нормирования для почв с pH 4-6 оценивается как высокий и очень высокий.)

Coefficients of heavy metal concentrations in the soils of Zakamensk (Коэффициенты концентрации тяжелых металлов в почвах г. Закаменска)

- **On a square opposite police station entrance** (Сквер напротив подъезда милиции)
Mo-16 W-10 Cd-6 Sb-5.7 Pb-3.5 Cu-3 Zn-2.6 As-0.8
- **In the town park** (Городской парк)
Mo-15 W-7.5 Sb-5.6 Cd-5 Pb-3 Zn-3 Cu-2 As-0.8
- **On a square between the health and recreation resort and School #1**
(Сквер между профилакторием и школой № 1)
Mo-21 W-10 Pb-9 Sb-5 Cd-3.6 Zn-3.6 Cu-3 As-2.4
- **On a children's playground near the newspaper editorial office**
(Детская площадка около редакции газеты)
Mo-57 Pb-36 W-33 Sb-23 Cu-11 Cd-11 Zn-4.5 As-3
- **Around School #2** (Территория школы № 2)
W-11 Cd-7.6 Mo-6 Sb-4.7 Pb-3 Zn-2.8 Cu-2.7 As-1.2
- **Near a kindergarten and nursery area** (Территория детского сада-ясель "Ягодка")
Mo-24 W-23 Pb-20 Sb-12 Cd-8 Cu-7 Zn-3 As-1.6

- It was established that some of the more dangerous contaminants (i.e., heavy metals such as Pb, Zn, Cu, Mo) can be found in the loose soil near to the surface—and in extractable form—so that it accumulates in plants and thereby distorts the micro-elemental balance in the various food chains of local ecosystems

(Установлено, что наиболее опасные загрязнители — тяжелые металлы (Pb, Zn, Cu, Mo) находятся в рыхлых приповерхностных средах в подвижных формах и накапливаются в растениях, создавая предпосылки нарушения микроэлементного баланса в пищевых цепях экосистем).

A correlation between heavy metals from mine wastes that are extractable (sulfates, carbonates, iron-manganese oxides, other ion exchanges) and those that are stable (in organic matter, sulfides and silicates). By degree of oxidation: $Pb > Zn > Cu > Mo$

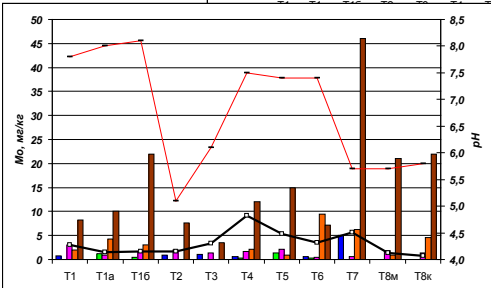
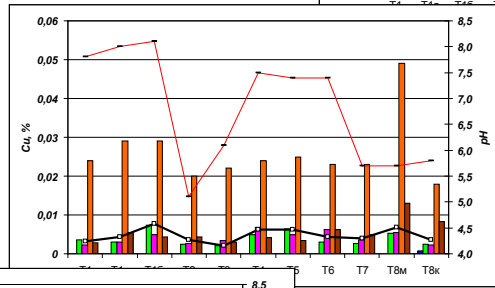
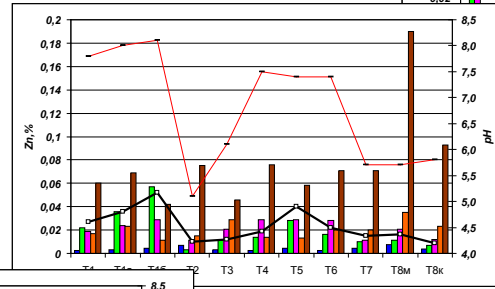
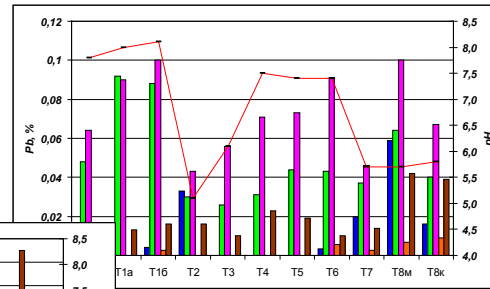
(Соотношение подвижных (ионообменных, карбонатных, сульфатных, адсорбированных на железо-марганцевых оксидах) и стабильных (связанных с органическим веществом, сульфидных, силикатных) форм тяжелых металлов в отходах обогащательного производства. По степени окисленности элементы образуют ряд $Pb > Zn > Cu > Mo$).

Техногенные пески

Mine Wastes

Concentration of elements in fractional form

Содержание элементов во фракциях



- Pb** **Ion-exchange** (ионообменной)
- Carbonates** (карбонатной)
- Fe-Mn oxides** оксидов
- Organic**/органики
- Silicates**/силикатов

Zn

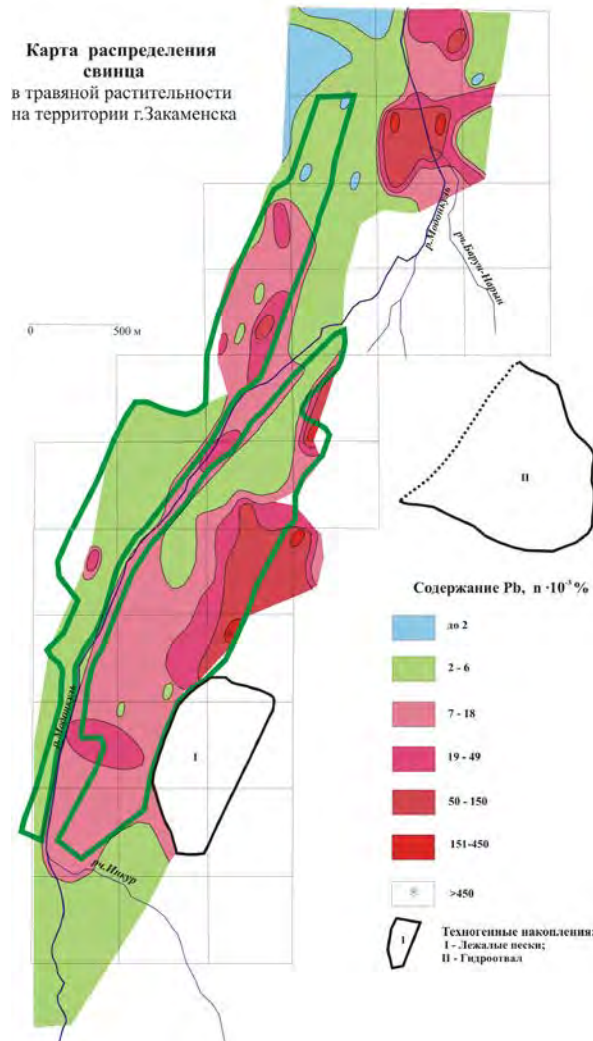
Cu

Mo

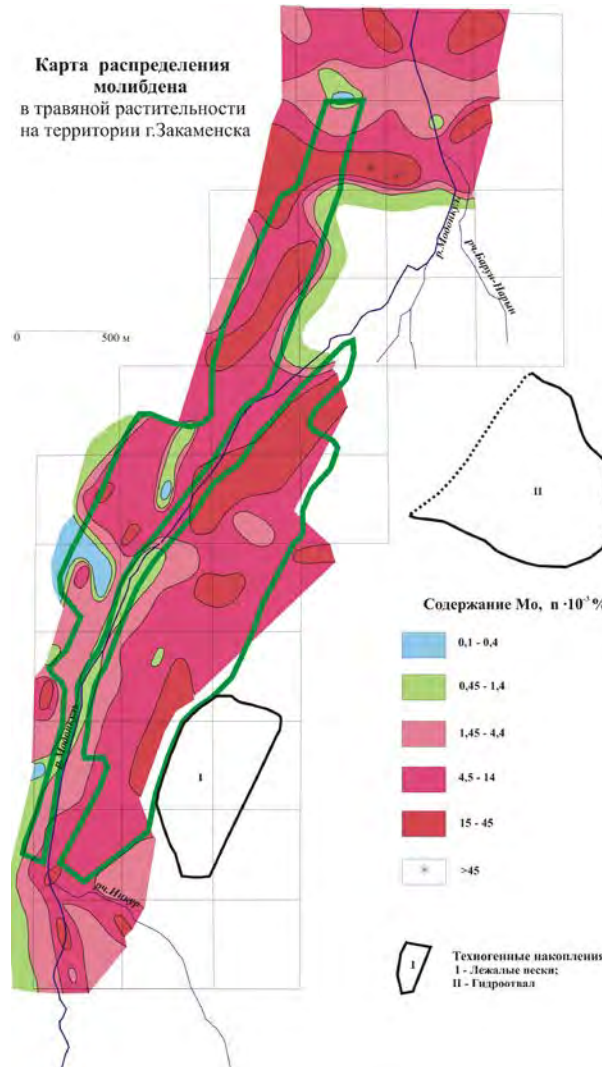
The red line indicates pH of the aqueous samples. The black line indicates the content of extractable acid-soluble metals. Красная линия – значение pH водной вытяжки проб. Черная – содержание подвижной кислоторастворимой формы

Content/Concentration of heavy metals in plant debris around Zakamensk (Содержание тяжелых металлов в золе растений на территории г. Закаменска)

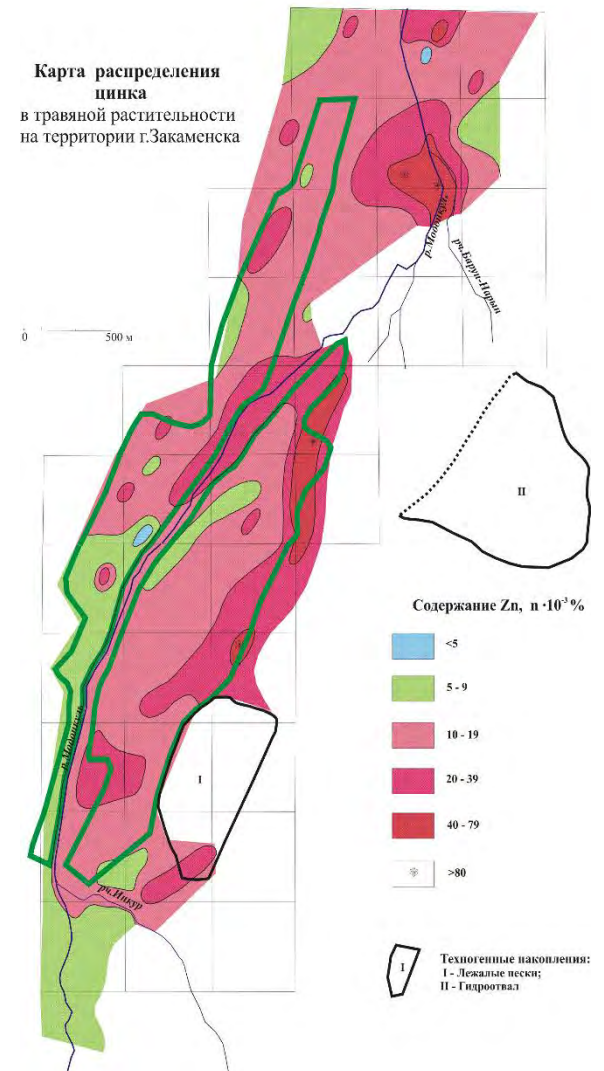
Pb



Mo



Zn



In vegetables grown in the “Gornyak” gardens we have confirmed high concentrations of Mo, Cu, Zn (В овощах, выращенных на дачных участках «Горняка» установлено высокое содержание Mo, Cu, Zn)

The Mo content in potatoes exceeds the norm by 80 times, Cu – up to 20 times, Zn – up to 10 times. In cabbages Mo content is 120 times over the norm.

(Содержание Mo в картофеле превышает «норму» в 80 раз, Cu – до 20 раз, Zn – до 10 раз
В капусте – Mo больше нормы в 120 раз)





Western Adit to the mine (Штольня Западная)

Discharge—17 liters/second (Дебит) – 17 l/s (л/сек).

pH – 4

Sulfates (Сульфаты) – **1564 mg/l** (мг/л)

Cu—811 times maximum permissible load or limit (MPL)

Zn—192.7 times MPL

Mo—180.5 times MPL

This shows marginalitic sedimentation of mine waters from the mine adit containing up to 40% of alkali iron, up to 36% of aluminium oxides, and up to 13% of fluorine

(Глинистые осадки рудничных вод содержат до 40% окислов железа, до 36% окислов алюминия, до 13% фтора)



Newly formed gypsum and sulfate crystals

(Новообразованные кристаллы гипса – сульфата кальция)

Infiltrating waters from beneath the slurry dam (Инфильтрационные воды из-под дамбы бывшего гидроотвала)

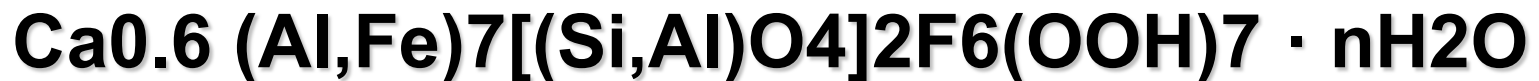
pH – 4, S- 797 mg/l (мг/л), Fe – 136.5 mg/l (мг/л), Zn – 26.9 mg/l (мг/л), Cu – 1.9 mg/l (мг/л), Pb – 45 mcg/l (мкг/л)





The ongoing mineral formation in the Modonkul River floodplain

(Современное минералообразование в долине р. Модонкуль)





Newly formed minerals containing up to 5% fluorine, 10% aluminium oxides, 35% silicates

(Новообразованные минералы содержат до 5% фтора, до 10% окислов алюминия, 35% кремния)



Groundwater outflow at the foot of the tailing sands

(Выход грунтовых вод на дельтовой залежи техногенных песков) **pH – 5, S – 85 mg/l (мг/л), Fe – 10.5 mg/l (мг/л), Zn – 0.2 mg/l (мг/л), Cu – 11.5 mcg/l (мкг/л), Mo – 11.34 mcg/l (мкг/л)**

Sulfate-laden water in the Pervomaiskii open pit (98%)
(Вода Первомайского карьера сульфатная (98 %)),
pH – 3.14 Cu – 38/7 mg/l (мг/л) Zn – 29.8 mg/l (мг/л) Cd – 0.932 mg/l (мг/л)



In 2006-2009 the Geological Institute (a division of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences), received initial data on the extractable forms of lead, zinc, and copper within the old tailings of the mill wastes (i.e., in the former slurry dump and the Barun-Naryn tailings of the Dzhidinskii mining site)

(В 2006-2009 гг. Геологическим институтом СО РАН получены первые данные по динамике подвижных форм свинца, цинка и меди в лежалых хвостах обогащения сульфидно-вольфрамовых руд

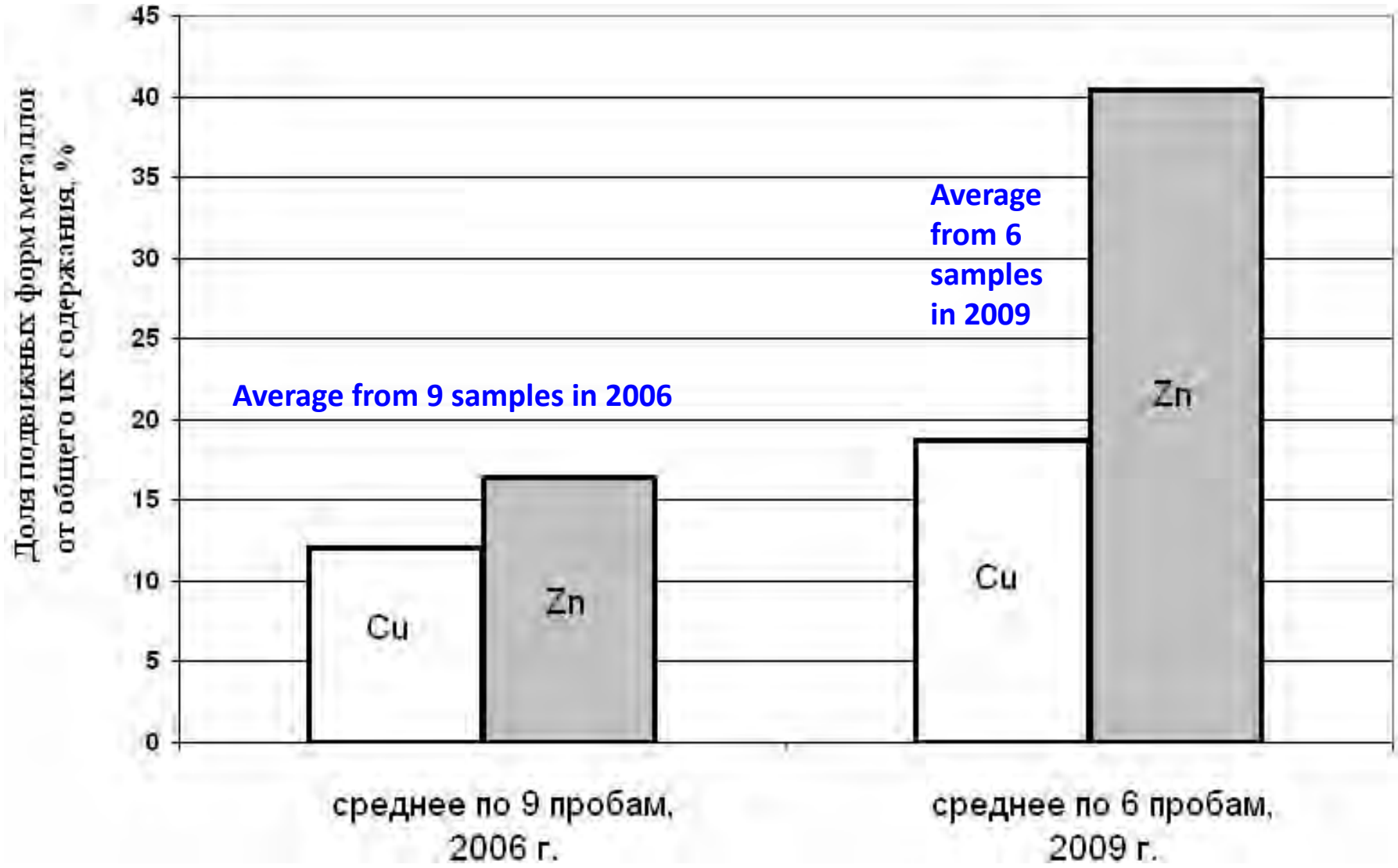
(бывший гидроотвал, Барун-Нарынское хвостохранилище Джидинского месторождения).

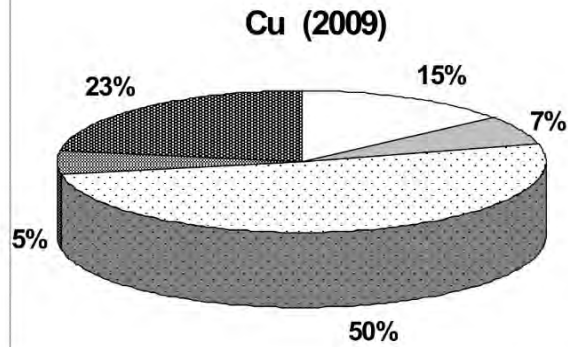
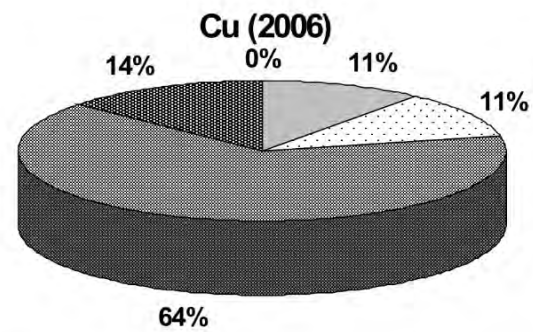
For three years the total content/concentration of copper, zinc and lead on the tailings surface has decreased, while the content of extractable forms of the metals has increased

(За три года уменьшилось валовое содержание меди, цинка и свинца на поверхности хвостохранилища, увеличилось содержание их подвижных форм)

Element/Элемент	Content/Содержание, weight/вес. %	Samples/Пробы 2006 г. (9)	Samples/Пробы 2009 г. (6)
Cu	Total/вал	0.04	0.032
	Extractable/подвижные формы	0.0048	0.006
Zn	Total/вал	0.14	0.094
	Extractable/подвижные формы	0.023	0.038
Pb	Total/Вал	0.15	0.104
	Extractable/подвижные формы	0.056	0.077

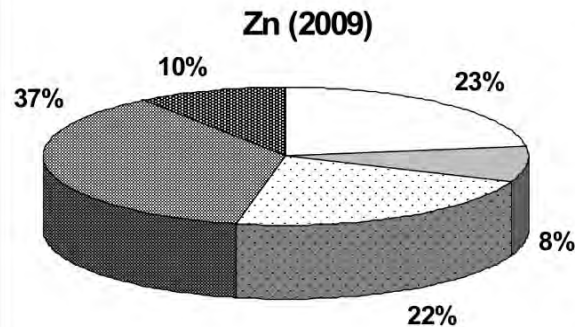
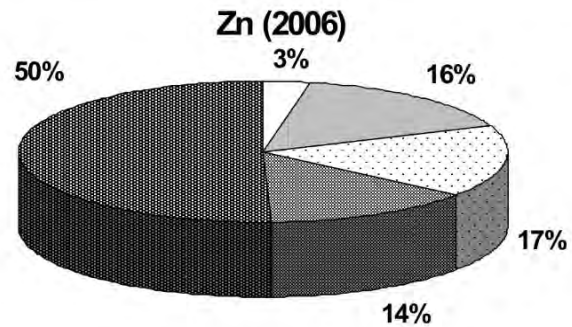
In three years the relative proportion of the extractable forms of copper and zinc in the tailings sands has almost doubled (За три года почти в два раза увеличилась относительная доля подвижных форм меди и цинка в техногенных песках)



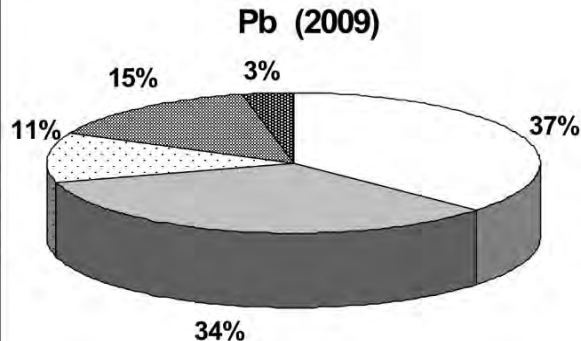
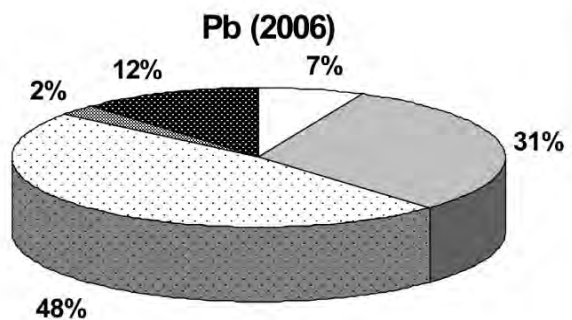


1) the proportion of ion-exchange forms of all studied metals has increased
увеличилась доля ионообменных форм всех изученных металлов

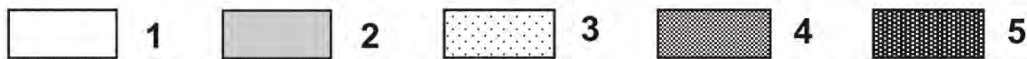
2) the proportion of carbonates with copper/zinc has decreased
уменьшилась доля карбонатной фракции меди и цинка



3) the copper proportion associated with iron-manganese oxide has greatly increased— probably from the decomposition of organic-minerals
ущественно увеличилась доля меди, связанной с железомарганцевыми оксидами, вероятно, за счет разрушения органоминеральных комплексов



4) the proportion of lead in iron-manganese oxides has decreased, but there was an increase of lead associated with organic materials
доля свинца в железомарганцевых оксидах уменьшилась, увеличилось количество свинца, связанного с органикой



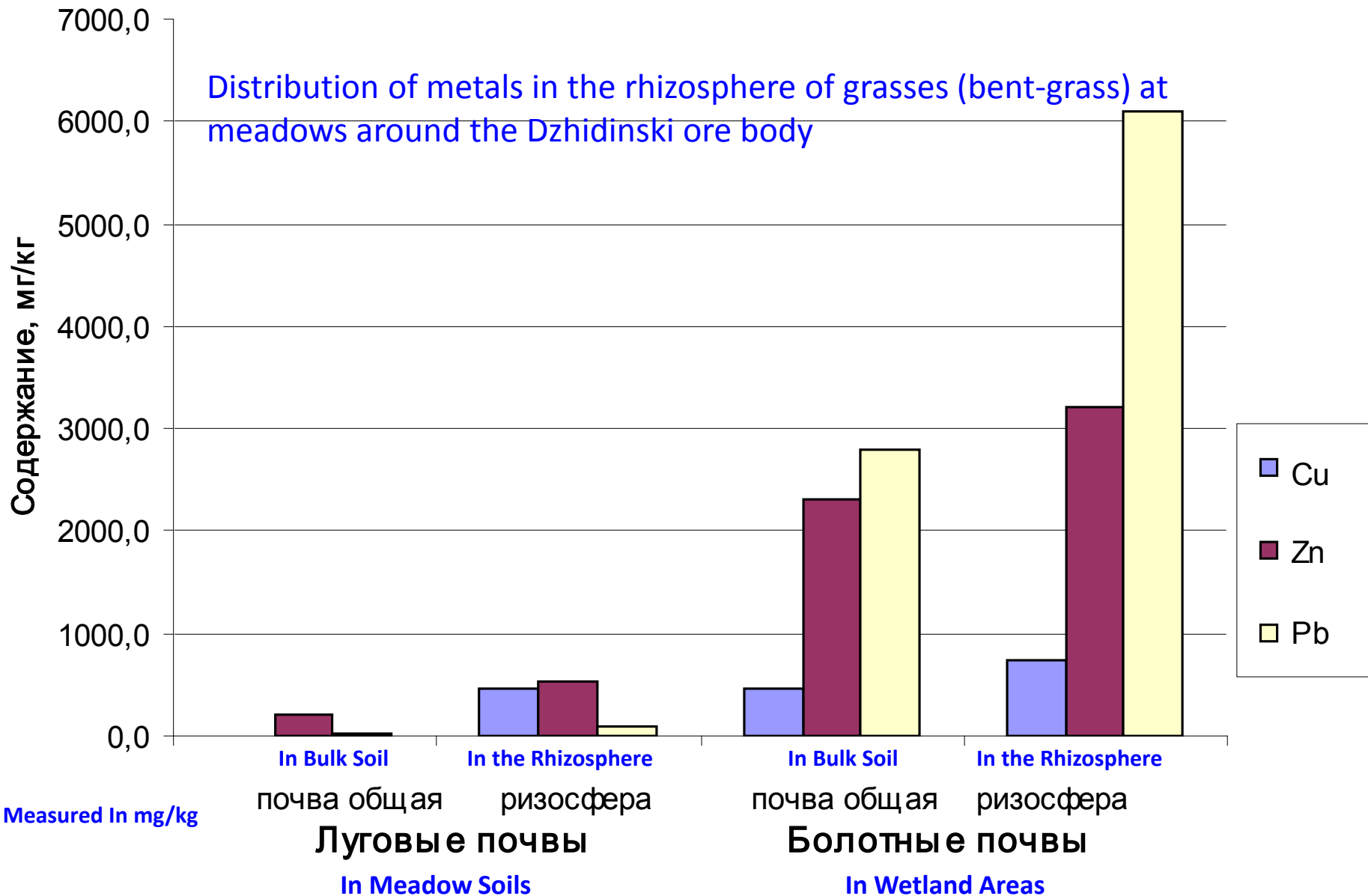


In the floodplains and lowlands around the Dzhidinskii ore body we have confirmed a significant accumulation of heavy metals (Zn, Cu, Pb, W, Cd)—including extractable, acid-soluble compounds in the grasses and grains of the rhizosphere

(Для пойменных ландшафтов Джидинского рудного поля установлено существенное накопление тяжелых металлов (Zn, Cu, Pb, W, Cd), в том числе подвижных кислоторастворимых их соединений в ризосфере злаков).

Распределение металлов в ризосфере злаков (полевицы) в пойменных ландшафтах Джидинского рудного поля

Distribution of metals in the rhizosphere of grasses (bent-grass) at meadows around the Dzhidinski ore body



For floodplains and lowland ecosystems (including arable lands) this serves as evidence of conditions that are conducive to the migration and accumulation of potential toxicants into our food chains.

(Это свидетельствует о существовании в пойменных экосистемах, где, в основном, располагаются сельскохозяйственные угодья, условий для миграции и аккумуляции в пищевых цепях потенциальных токсикантов).

- In 2011 the first stage of a program aimed at eliminating adverse impacts from mining operational wastes in Zakamensk was initiated. As a result, some 3.2 million tons of old tailings from the bulk site and the short-term storage areas were moved and combined into the former slurry dump.
- (В 2011 г. реализован I этап программы мероприятий по устранению негативных воздействий на г. Закаменск производственной деятельности бывшего Джидинского вольфрамо-молибденового комбината. В результате на массив бывшего гидроотвала перемещено 3,2 млн. тонн лежалых хвостов из насыпного и аварийного хранилищ отходов обогащения руд, наползающих на город).

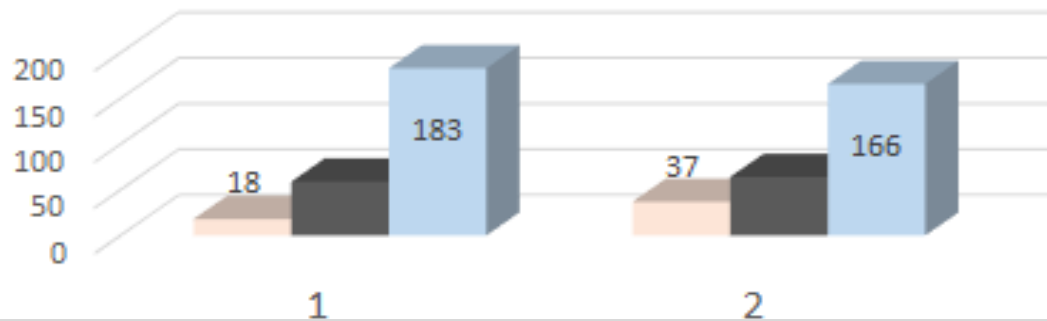


- In 2012 we conducted an assessment of soils in the town at a time after the aforementioned activities. Soil samples were taken in the areas around kindergartens and other educational facilities (a school and a college), as well as in children's playgrounds, near multi-story buildings, and private gardens along the main road (which was once used for transporting tailings sands), and on the left and right banks of the Modonkul River floodplain. We also tested the private gardens at "Gornyak" and soils near the Modonkul River where it enters the Dzhida River. We studied the total content of chemical substances of 1, 2, and 3 hazard classes: Pb, As, Zn, Cd, F, Mo, Cu, W, Sb, Cr and others, as well as the content of extractable (acid-soluble) forms of Pb, Zn and Cu.
- В 2012 г. нами выполнена оценка состояния почв городской территории после проведения этих мероприятий. Пробы почвы отбирали на территории детских садов, образовательных учреждений (школа, агротехнический техникум), детских площадках около многоэтажных домов, на огородах в районе частной застройки вдоль трассы, по которой перевозили техногенные пески, в левом и правом борту долины реки Модонкуль на окраинах города, а также на дачах «Горняк», расположенных в дельте р. Модонкуль при впадении ее в реку Джидда. В почвах определялось валовое содержание химических элементов 1, 2 и 3 классов экологической опасности: Pb, As, Zn, Cd, F, Mo, Cu, W, Sb, Cr и др. и содержание подвижных (кислоторастворимых) форм Pb, Zn и Cu. По ассоциациям элементов, концентрация которых превышала ПДК (ОДК), был рассчитан показатель суммарного загрязнения почвы (Z_c), построены ряды коэффициентов концентрации элементов.

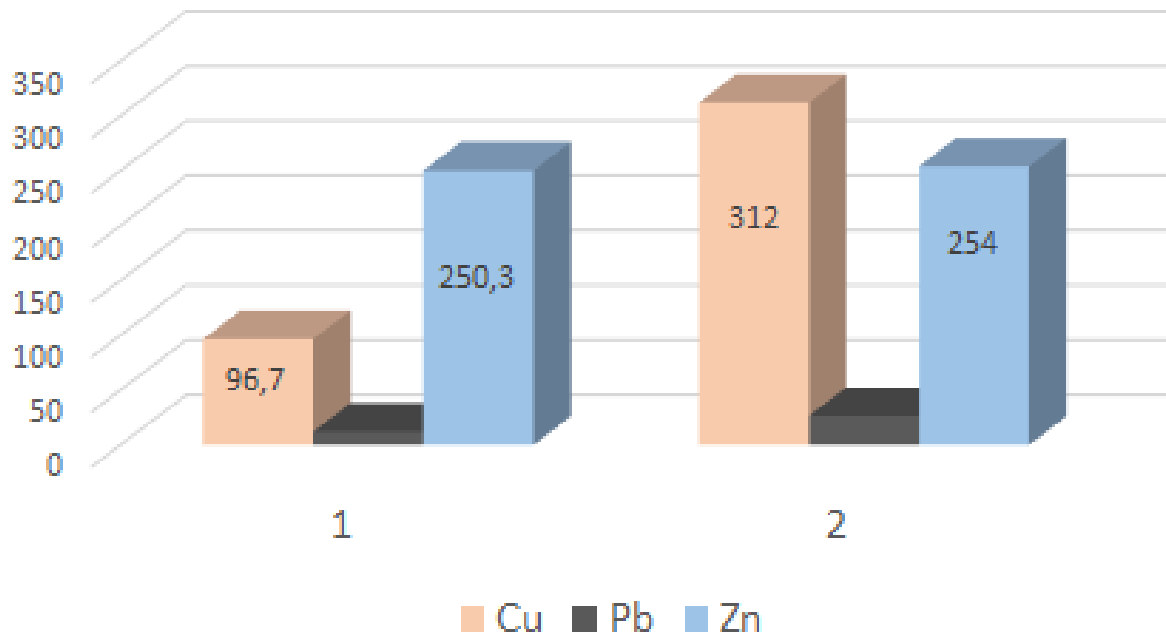


Element/Элемент	Hazard class/ Класс опасности	Content level, mg/kg of soils /Уровень содержания, мг/кг почвы		MPL (ПДК) (ОДК), mg/kg (мг/кг) in soils почвы	Contamination level /Уровень загрязнения [6]	
		2005 г.	2012 г.		2005 г.	2012 г.
As	I	3 - 50	6-32	2.0		
Cd	I	1.7 - 14	1.5-4.7	0.5*	Very high/очень высокий	Average / средний
Pb	I	15 - 870	10-2200	35	High & very high/высокий и очень высокий	High & very high/высокий и очень высокий
Zn	I	70 - 1000	34-550	100	High/высокий	High/высокий
F	I	50 - 13000	300-6700	260***		
Mo	II	1.3 - 260	2.4-161	2-10**		
Cu	II	23 - 830	27-200	55	Very high/очень высокий	Average/средний
Sb	II	2.6 - 120	3.5-120	4,5		
Cr	II	20 - 190	52-175	80 - 200*		
W	III	30 - 1100	30-500			
Mn	III	1000 - 3000	770-5340	1500		
Sr	III	100 - 590	227-990	600**		

Среднее содержание подвижных форм ТМ, мг/кг, в почвах среднего уровня загрязнения (1) и сильно загрязненных почвах (2) 2005 г.



2012 г.



The average content of Cu and Zn in extractable (or mobile) forms in contaminated soils in 2012 (compared to 2005 data) has increased, but the content of extractable/mobile Pb has decreased.

Location, area description Местоположение, характеристика территории	Chemical elements (note: the figure beneath the element indicates concentration levels)/Ассоциация химических элементов (численный нижний индекс элемента - коэффициент его концентрации)	Sum of Indicators
Tailings (former slurry dump)/Хвостохранилище (бывший гидроотвал)	$W_{130}Pb_{44}Cu_{11}Zn_7Mo_7$ $W_{189}Pb_{58}Mo_{36}Cu_{6.5}Cd_{6.4}Sb_{6.4}As_{6.2}Zn_{4.8}$	$\frac{195}{306}$
Downtown (Lenin St.) /Центральная часть города (ул. Ленина)	$W_8Mo_8Sb_{4,6}Pb_{4,5}Cd_4Zn_3F_{2,9}Cu_{2,6}As_{1,4}$ $Mo_{39}Sb_{11}Pb_{8.4}Cd_{7.2}Cu_{3.4}Zn_{1.7}$	$\frac{31}{65.7}$
Town, on the left banks of the. Modonkul River/Город на левой низкой террасе р. Модонкуль	$Mo_{10}W_9Sb_5Cd_4Pb_4F_{2.7}Cu_{2,}Zn_{2,5}As_{1,1}$ $Zn_{12}Pb_{5.5}Sb_{5.2}Cu_{4.3}Mo_{3.6}Cd_{3.6}$	$\frac{32,9}{29.2}$
Town Park/Городской парк	$Mo_{15}W_{7.5}Sb_{5.6}Cd_5Pb_3Zn_3Cu_2$ $Mo_{11}Sb_{3.7}Cd_{3.4}As_{2.8}Cu_{2.3}Zn_{1.3}Pb_{1.3}$	$\frac{35.1}{19.8}$
School area/Территория школы	$W_{11}Cd_{7.6}Mo_6Sb_{4.7}Pb_3Zn_{2.8}Cu_{2.7}As_{1.2}$ $Mo_3Cu_{1.4}Pb_{0.5}Zn_{0.4}$	$\frac{32}{3.4}$
Kindergarten and nursery area/Территория детского сада-яслей "Ягодка"	$Mo_{24}W_{23}Pb_{20}Sb_{12}Cd_8Cu_7Zn_3As_{1.6}$ $Mo_{2.6}Cu_{1.6}Zn_{0.8}Pb_{0.5}$	$\frac{91.6}{3.2}$

To conclude/Таким образом:

- The man-made impact on soils in both residential areas and arable/farm lands has not been constant over time—quite the opposite – it has increased/ Техногенная нагрузка на почвенный покров в местах проживания людей и на сельскохозяйственных площадях с 1992 г. не только сохранилась, но и значительно увеличилась.
- If in 1992 contamination on the left side of the floodplain was negligible (sum of indicators $SI < 8$), then current data show more contamination ($SI = 8-16$), and an aggregate indicator for soil pollution on the left bank of the Modonkul River is now estimated at 20-30 (= mid-level contamination)
- Если в 1992 году в левобережной части города загрязнение практически не отмечалось ($ZC < 8$), то сейчас все левобережье попадает в зону слабого загрязнения ($ZC = 8-16$), а на территории левой низкой террасы р. Модонкуль суммарный показатель загрязнения почв составляет 20-30 единиц (среднее загрязнение).
- In the aquifer used for water supply, the chemical composition of the ground water has changed (mostly hydro-carbonate water has turned to sulfate-hydro-carbonate). In the drinking water of Zakamensk—when compared with nearby control villages—there is an increase of some heavy metals (Cu, Zn, Cr, Mo). At some water supply wells the water does not meet federal standards for Ca and Li (on Modonkulsкая St. and Verzhinskogo St.)
- В водоносном горизонте, используемом для водоснабжения населения, изменился химический тип грунтовых вод с гидрокарбонатного до сульфатно-гидрокарбонатного и гидрокарбонатно-сульфатного. В питьевых водах г. Закаменска, по сравнению с контрольными населенными пунктами, отмечается повышенное содержание ряда тяжелых металлов (Cu, Zn, Cr, Mo). В отдельных водопунктах питьевые воды не соответствуют ГОСТу по содержанию кадмия и лития (ул.Модонкульская, ул. Вершинского).
-

Data gathered in 2012 has shown: /Анализ материала, полученного в 2012 г., показал следующее

1. On the whole levels of soil contamination with heavy metals and other potentially toxic elements have changed little since 2005. Mo and Pb content has increased. These data correlate well with the earlier diagnosed trend for extractable/mobile Pb to increase in old tailings. As a result there is an overall Pb content increase in the adjacent to tailings area. /В целом уровень загрязнения почв города тяжелыми металлами и другими потенциально токсичными элементами мало изменился с 2005 г. Увеличилось содержание Mn и Pb. Эти данные хорошо согласуются с ранее установленной тенденцией возрастания со временем подвижности Pb в лежалых хвостах и, как следствие, увеличения его общей концентрации в прилегающих к хвостохранилищу ландшафтах.

2. High concentrations of toxic elements now more frequently occur near the road which was used to transport old tailings wastes from the temporary storage areas to the former slurry dump. There has also been an increase of toxic elements in the soils of private gardens, children's playgrounds and near other buildings. The aggregate indicator of contamination shows very high or maximum contamination. Высокие концентрации токсичных элементов территориально тяготеют к трассе, по которой вывозили на бывший гидроотвал лежалые отходы обогащения руд насыпного хвостохранилища и склада аварийных сбросов. Увеличилось содержание токсичных элементов в почвах частных огородов по ул. Джидинской и ул. Баирова, в грунте детской площадки у многоэтажного дома № 35 по ул. Ленина. По суммарному показателю загрязнения эти почвы характеризуются как зоны очень сильного и максимального загрязнения.

3. The total content of extractable (or mobile) forms of Zn and Cu in the soil in the year 2012 (when compared with 2005) has increased two times or more. The content of extractable/mobile Pb has decreased, however—but because the total content of lead has increased, this indicates that lead is depositing and binding into the organic matter of soils, forming metal-organic compounds that serve as a reserve for extractable Pb in the future. /

Общий уровень содержания подвижных форм Zn и Cu в почвах в 2012 г. по сравнению с 2005 г. вырос в два и более раза. Содержание подвижного Pb уменьшилось, что с учетом возрастания валового его содержания свидетельствует о депонировании этого элемента органическим веществом почв с образованием металлоорганических соединений, которые являются ближайшим резервом формирования подвижных форм Pb.

4. A 2005 comparative analysis of geochemical anomalies at significant sampling points (where there was soil-breakdown) confirm that in highly contaminated areas (the slurry dump and sites not far from the main tailings) the content of W, Pb & Mo and other toxic substances has

increased. Сравнение структуры геохимических аномалий в отдельных пунктах опробования рыхлых образований показало, что с 2005 г. в зонах очень сильного загрязнения (бывший гидроотвал и центральная часть города, прилегающая к насыпному хвостохранилищу) увеличилось содержание W, Pb, Mo и других токсичных элементов.



**Thank you for your
attention!**