

ЯКУТСК В СВИНЦОВОМ ПЛЕНУ

В. Н. Макаров

DOI: 10.24411/1728-516X-2019-10034



**Владимир Николаевич
Макаров,**

доктор геолого-минералогических наук, профессор,
главный научный сотрудник
лаборатории подземных вод
и геохимии криолитозоны
Института мерзлотоведения
им. П. И. Мельникова СО РАН,
г. Якутск

Свинец (Pb) – тяжёлый металл IV группы (углерода) периодической таблицы Д. И. Менделеева, малораспространённый (табл. 1), концентрирующийся в различных экосистемах, давно и широко используемый человеком, сильно токсичный элемент.

Загрязнение окружающей природной среды свинцом и его соединениями признаётся во всём мире одной из важнейших экологических проблем. Вследствие широкого использования соединений Pb его содержание в человеческом организме за последние 5 тыс. лет возросло в 100 раз, и оно только в 5 раз меньше дозы, вызывающей отравления [10]. К сожалению, Якутск, как и многие другие города России, находится под прессом загрязнения окружающей среды этим высокотоксичным элементом.

В воздухе над Южным полюсом содержание Pb оценивается в 0,5 нг/м³, над океанами среднее содержание этого металла на порядок выше [9]. Содержание Pb в атмосферном воздухе Центральной Якутии 2,2 нг/м³, это близко к данным, полученным для Сибири, – 1,5–4,4 [11].

Главными источниками выбросов свинца в приземную атмосферу городов являются автотранспорт (примерно 1 кг/год на автомобиль), полиграфические предприятия, продукты сжигания твёрдых отходов, угля и нефти. При общем количестве автомобилей (легковые, грузовые, автобусы) в г. Якутске, равном 112 тыс. (данные на 2018 г.), суммарный объём выбросов свинца в атмосферу может составлять около 112 т/год.

Содержание Pb в атмосферных аэрозолях г. Якутска колеблется от 40 до 580 нг/м³, что примерно соответствует уровню концентрации этого элемента в пригородах и почти на порядок ниже максимальных значений, установленных в атмосфере городов России (табл. 2).

При концентрации аэрозолей Pb в окрестностях Якутска 15–20 нг/м³, примерно на порядок выше фоновых, среднее содержание на территории городской застройки составляет около 223 нг/м³ и достигает 400–580 нг/м³ в воздухе магистральных улиц. Это на два порядка больше фоновых значений и в 1,5–2,0 раза

Таблица 1
Распространённость Pb в окружающей природной среде

Компоненты природной среды	Ед. изм.	Pb	Источник
Кларк земной коры	г/т	16	[1]
Кларк осадочных пород	-«-	20	
Почвы	-«-	10	[2, 3]
Зола растений	-«-	2	[3, 4]
Мировой океан	мкг/л	0,03	[5]
Подземные воды провинции ММП	-«-	1,5	[6]
Подземные воды рудных месторождений	-«-	До 60 000	[7]
Речные воды	-«-	1,0	[8]
Океанический воздух	нг/м ³	2,8	[9]
Воздух (Южный полюс)	-«-	0,5	

Таблица 2
Содержание Pb в атмосферном воздухе и аэрозолях

Атмосферный воздух [9]		Аэрозоли, нг/м ³			
		Россия [5]		Якутск	
Океаны	Южный полюс	Пригороды	Города	C _{ср}	C _{макс}
2,8	0,5	300	3000	223	580



Рис. 1. Распределение Pb в атмосферных аэрозолях, ед. ПДК

превышает принятые в России санитарные нормы: ПДК = 300 нг/м³ (рис. 1).

Загрязнение атмосферных аэрозолей свинцом в Якутске значительно выше, чем в арктическом пос. Тикси, а также в другом северном городе, близком по численности жителей к столице Якутии, но более благоустроенном, – Норильске (табл. 3).

Поступление свинца на поверхность Земли из атмосферы происходит в двух основных формах – водорастворимой и твёрдой. Его содержание в жидких и твёрдых атмосферных осадках, выпадающих в городе, изменяется в широких пределах. Содержание Pb в осадках фоновых районов Якутии – одно из самых низких на территории России (0,05–0,3 мкг/л). Однако в г. Якутске содержание Pb в жидкой фазе снежного покрова на порядок выше, чем в фоновых районах (среднее – 7,1, максимальное – 70 мкг/л) и примерно соответствует таковому для Читы – городу, сходному по численности населения, но более индустриальному (табл. 4).

Таблица 3
Содержание Pb в атмосферных аэрозолях северных городов, нг/м³ [12]

Город	Среднее	Минимум	Максимум	ПДК
Тикси	1,2	0,17	3,0	300,0
Норильск	35,0	6,4	90,0	
Якутск	223	23	580	

Таблица 4
Содержание Pb в снежном покрове г. Якутска и городов Дальнего Востока

Снег (жидкая фаза), мкг/л				ПДК _{рх}
Город	Фон	Среднее	Максимальное	
Якутск	0,1	7,1	70	10
Чита [13]	1,0	3,1	69,5	
Снег (твёрдая фаза), мг/кг				ПДК _{почв}
Якутск		125	500	
Якутск (аэропорт)	0,5	500	2000	32
Чита [13]	–	10,4	30,5	
Благовещенск [14]	29,8	91	–	

Предполагается, что типичный уровень содержания свинца в пыли загрязнённого воздуха городов Российской Федерации составляет 0,1 мг/кг [5]. Максимальное содержание Pb в твёрдой фазе снежного покрова (атмосферной пыли) в г. Якутске с 1989 по 2016 гг. достигало 500 мг/кг, среднее – 125 мг/кг (в четыре раза выше ПДК_{почв}), что приблизительно соответствует среднему уровню для Благовещенска и на порядок выше, чем в Чите (см. табл. 4).

Основная масса загрязняющих компонентов, концентрирующихся в жидкой фазе снежного покрова, поступает в природные воды, а в твёрдой фазе – на акваторию озёр и поверхность почвы, причём концентрация Pb в атмосферной пыли г. Якутска значительно превышает содержание в почвах и аллювии. В центре техногенных аномалий концентрация свинца в твёрдой фазе снега (в пылевых выпадениях) в десятки раз выше санитарных норм для почвенного покрова (см. табл. 4). Оседание пылевых частиц приводит к повышению концентрации Pb в почвах города.

Наблюдается чёткая зависимость концентрации Pb в атмосферных осадках от интенсивности техногенного воздействия. Наибольшая концентрация в жидкой (до 70 мкг/л) и твёрдой (500 мг/кг) фазах снега приурочена к центральной части г. Якутска, где техногенное воздействие автомобильного транспорта максимально (рис. 2).

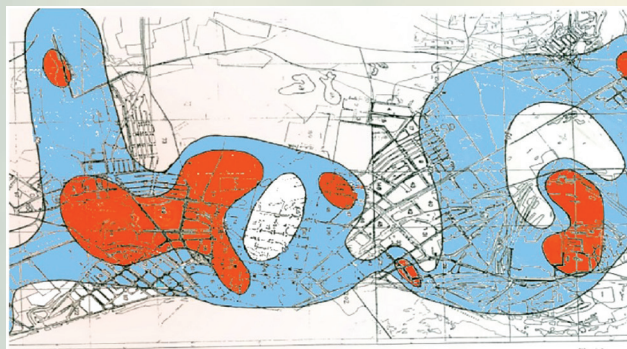


Рис. 2. Распределение Pb в твёрдой фазе снежного покрова на территории г. Якутска, мг/кг

Ещё выше, до 2000 мг/кг, концентрация Pb в твёрдой фазе снега фиксируется в районе аэропорта, где происходит интенсивное загрязнение окружающей среды во время посадки и взлёта самолётов, при запуске авиационных двигателей, работе авиапортового и аэровокзального автотранспорта. Особенно повышенное загрязнение свинцом отмечается в местах запуска двигателей предварительного старта и на взлётно-посадочной полосе (рис. 3).

Накопление в воздухе газовых, аэрозольных и пылевых выбросов и их дальнейшее выпадение на поверхность приводит к загрязнению водотоков, водоёмов и почвенного покрова свинцом.

Немногочисленные данные о распространённости Pb в природных водах района г. Якутска приведены в табл. 5.

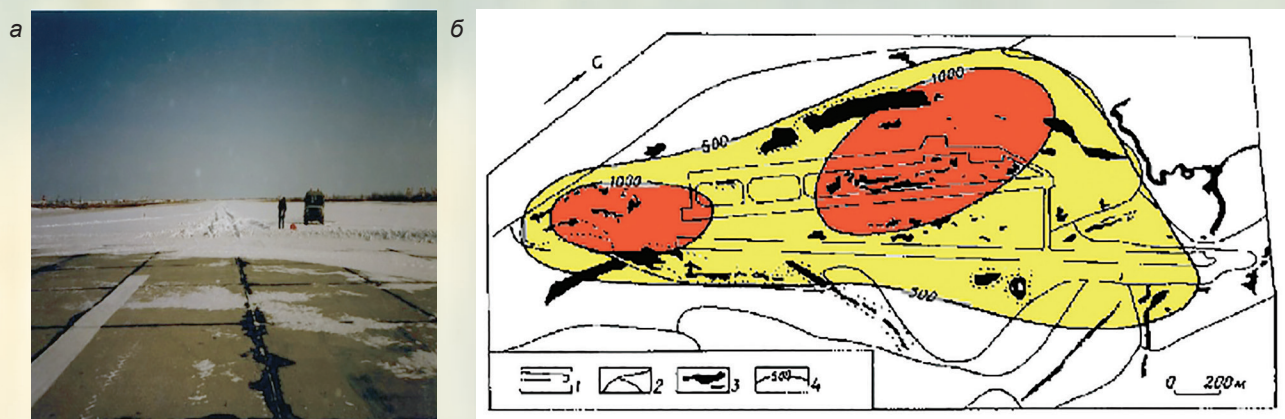


Рис. 3. Аномалии Pb в твёрдой фазе (пыли) снежного покрова на территории аэропорта г. Якутска:
а – отбор проб снега; б: 1 – взлётно-посадочные полосы, 2 – автодороги, 3 – водоёмы, 4 – концентрация Pb, мг/кг

Распространение Pb в природных водах (район г. Якутска), мкг/л

Природные воды	Pb	ПДК _{рх} /ПДК _{гр}	Источник
Подземные воды провинции ММП	1,5	10/30	[6]
Речные воды	1,0		[8]
Якутск			
Подземные воды (J, вод. комплекс)	0,020–0,10	10/30	
Криопэги	7,1–81,4		[15]
Озёра	0,5–20		
Река Лена (г. Якутск), фарватер	0,05–0,3		

Содержание Pb как в поверхностных, так и в подземных водах в районе г. Якутска за пределами санитарной зоны на два-три порядка ниже среднемировых значений для речных и подземных вод провинции многолетнемерзлых пород, что отражает невысокое содержание этого элемента в компонентах окружающей среды региона вне зоны техногенного воздействия. Непосредственно в пределах города ситуация резко меняется, и природные воды весьма насыщены свинцом.

Поступление Pb из атмосферы и последующий смыв в водоёмы приводит к загрязнению озёр. В воде озёр, расположенных на территории г. Якутска, концентрации Pb изменяются в широких пределах – от 0,05 до 20 мкг/л, при среднем содержании в воде десяти крупных озёр 2,26 мкг/л (рис. 4).

Аномальное содержание свинца выше 4 мкг/л (до 8,7 мкг/л) обнаруживается в озёрах, расположенных непосредственно у автодорог. «Ураганные» концентрации установлены в районе домостроительного комбината – 20 мкг/л (оз. Сергелях) и птицефабрики – 10 мкг/л (оз. Ытык-Кюель).

Отмечается синхронность повышения концентрации Pb в почвах и в воде крупных озёр города (рис. 5).

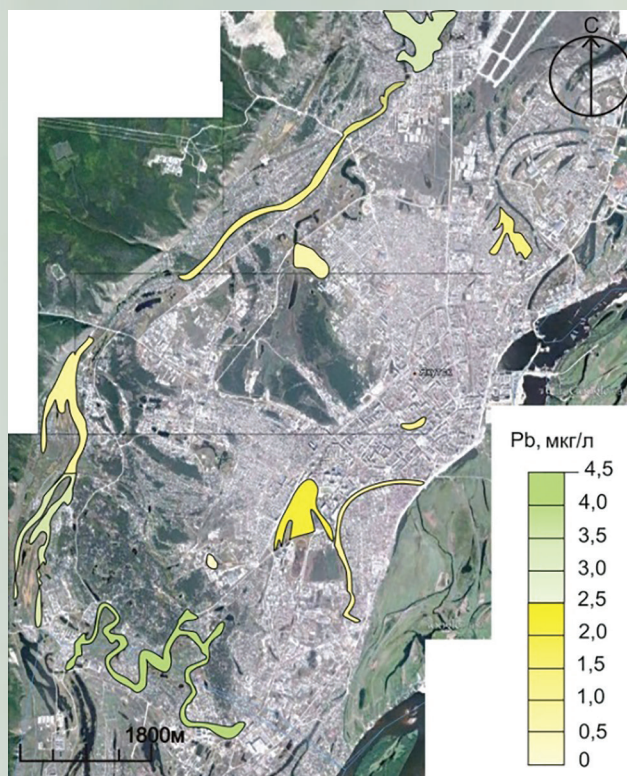


Рис. 4. Среднее содержание Pb в воде крупных городских озёр Якутска [16]

По данным Н. П. Анисимовой и Н. А. Павловой [15], аномальная концентрация Pb и других тяжёлых металлов наблюдается в надмерзлотных и межмерзлотных криопэгах. Миграция криопэгов, насыщенных тяжёлыми металлами, прослеживается на значительную глубину за пределы культурного слоя, в аллювиальные отложения. При минерализации криопэгов от 10 до 22 г/л концентрация Pb достигает в грунтах на глубине 2,4–4,5 м 81,4 мкг/л, в аллювиальных отложениях на глубине 17–18 м – 15,3 мкг/л.

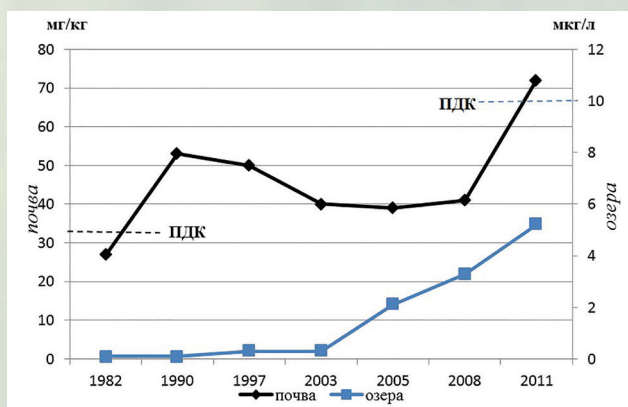


Рис. 5. Динамика изменения концентрации Pb в озёрах и почвах г. Якутска

Свинец относится к химическим элементам слабого и очень слабого биологического захвата. Существуют и растения-концентраторы, накапливающие Pb: мхи, лишайники, черника, папоротник, хвощ, осока, кислица. Растения аккумулируют 0,003–0,005 % от валовой формы Pb, при величине токсичной дозы от 30 мг/кг и выше.

Особенности распределения Pb в растительности на территории г. Якутска были изучены на примере камышей, растущих в озёрах и городских каналах. Соотношение концентрации свинца в наземных растениях суши и камышах, растущих в городе, показано в табл. 6.

Свинец: кларк растений и среднее содержание в камышах г. Якутска, мг/кг

Кларк наземных растений [1, 5, 17]			Растения суши [4, 6]		Камыш, г. Якутск [18]
2,7			2,7		26,3
Содержание Рb в корнях и стеблях тростника					
корни (n=19)			стебли (n=18)		
среднее	миним.	максим.	среднее	миним.	максим.
35	7	150	5.2	2	20

По сравнению с кларковыми содержаниями в растительности в камышах г. Якутска свинца в 2–10 раз больше. Аномальное содержание Pb обусловлено техногенным загрязнением воды и донных отложений городских озёр, а также поступлением этого элемента из атмосферы.

Основная масса свинца концентрируется в корневой системе: его содержание в корнях в 4–9 раз выше, чем в стеблях камыша. Корневая система камышей, произрастающих вдоль городских каналов (более загрязнённых, чем озёра), содержит повышенные концентрации Pb по сравнению с озёрными растениями.

Важным является вопрос о максимальном количестве свинца, накапливаемого водными растениями в условиях сильного загрязнения сточных вод. Сведения о максимальном количестве металлов, накапливаемых

водными растениями, были получены в работе [19]. Приведённые в ней сведения близки к показателям Pb в корневой системе камышей г. Якутска, а более высокая концентрация в изученных автором и другими водных растениях объясняется их приуроченностью к рудному месторождению (табл. 7).

Максимальное количество Pb, накапливаемого водными растениями за вегетационный период

Растительность	Pb, мг/кг сухой массы	Источник
Водные растения	580	[19]
Якутск		
Камыш, корни	150	[18]
Камыш, стебли	20	

Геохимический спектр осадочных образований в районе г. Якутска был проанализирован Б. П. Подъячевым [20]. Распределение большой группы микроэлементов, в том числе и свинца, в основных геологических подразделениях района г. Якутска приведено в табл. 8.

Для образований кембрия – инниканской и тымпинской свит, сложенных известняками, доломитами и мергелями, характерно накопление сидеро- и халькофильных элементов при ограниченном количестве избыточных элементов и нижекларковой концентрации свинца.

Резкое возрастание спектра лито- и халькофильных элементов, превышающих кларк земной коры (КЗК), в том числе и Pb (до 1,5–2,0 КЗК), наблюдается в породах мезозоя, кайнозоя и современных (голоценовых) аллювиальных отложениях.

С увеличением дисперсности аллювиальных отложений концентрация Pb возрастает от 10 мг/кг в среднезернистых песках до 30 мг/кг в супесях и суглинках.

Концентрация Pb в техногенных отложениях, сформировавшихся на территории города, различается в талых и мёрзлых грунтах в зависимости от длительности антропогенного воздействия [21]. И если в маломощных грунтах культурного слоя, возраст которых менее 100 лет, содержание Pb в талых и мёрзлых разнородностях практически идентично, то в более древних отложениях содержание металла превалирует в сезонном слое (рис. 6).

Аномальные концентрации Pb в грунтах «культурного слоя», возраст которых более 100 лет, в 1,4–1,7 раз выше, чем в незатронутых техногенезом аллювиальных отложениях. Аномалии прослеживаются обычно до кровли аллювиальных отложений, где концентрации Pb снижаются до фоновых значений, но иногда достигают глубины 10–12 м (рис. 7).

Влияние интенсивности техногенного давления на содержание свинца в грунтах можно проследить по разрезам двух скважин, пробуренных в районах старой застройки города. Мощность техногенных отложений, вскрытых скважинами, здесь составляет около 4 м. Однако характер распределения Pb в грунтах существенно отличается. Так, скважина № 17 находится

Таблица 8

Коэффициенты концентрации Pb и микроэлементов в основных геологических подразделениях относительно кларка земной коры [20]

Свита, преобладающие породы	Коэффициент концентрации				
		0,7–1,0	1,0–1,5	1,5–2,0	>2,0–5,0
Иниканская свита – $E_1 in$, известняки, доломиты	Ti, Cr, P, Zn	Yb Li, Mn, Co, Ga, Ge, Sn, W, Pb , Ag, Sn	Be, Sc, Ag, Cu, As, Y, Nb, La, Yb, Bi, Sb, B, V, Ni, Ti	–	Mo, Au
Тымпынская свита – $E_2 tm$, известняки, доломиты, мергели	Zn, Pb	Mn, Yb Li, Ti, Cr, V, Co, Ni, Cu, Ga, Y, Nb, W, Mo, Ge	Be, B, Sc, Mn, As, La, Yb, Sb, Bi, Ti, Sb, Au, Mo	W	–
Укугутская свита – $J_1 uk$, песчаники, конгломераты	–	Mo, W	Li, Be, B, Sc, Cu, Au As, Nb, Yb, Sb, Bi, Ti, Zn V, Mn, Ni, Ge, Ag, Sn	P, Ti, Co, Pb , Au	Cr, Zn, Ga
Тюнгская свита – $J_1 tn$, песчаники, глины, пески	–	Ag, Mo, B, Cu, Ge, W	Be, B, Zn, Pb, Ni, La, Yb, Ti, Sc, Mn, V, Co, Nb, Sn, Pb	P, Li, Cr, Zn, Ga, Y	Ti
Якутская свита – $J_2 jak$, песчаники, пески	–	B, Ni, Mo	Li, Be, Sc, Mn, Cu, Ge, Nb, La, Yb, Au, Co, Ag	P, Ga, Sn, W, Pb	Cr, Zn
Мавринская свита – $laQ_{II-III} mv$, пески	Li, V	B, P, Mn, Co, Ni, Zn, Ag	Be, Sc, Ti, Cu, Ge, Mo, La, Yb, Ti, Cr, Ga, Y, Nb, Sn, Pb		W
II надпойменная терраса, пески	Li	B, V, Co, Cu, La, Ag, Yb	Be, Mn, Ni, Ge, Au, P, Ti	Mo Sn, Pb Zn, Nb, W	Cr, Ga
I надпойменная терраса, пески	Li, B, Cr, Mn	Yb V, Ni, Cu, W Mo	Be, Ge, Sn, Pb , Sc, Co, Zn, Y, Ag La, Au	P, Ti, Ga,	–

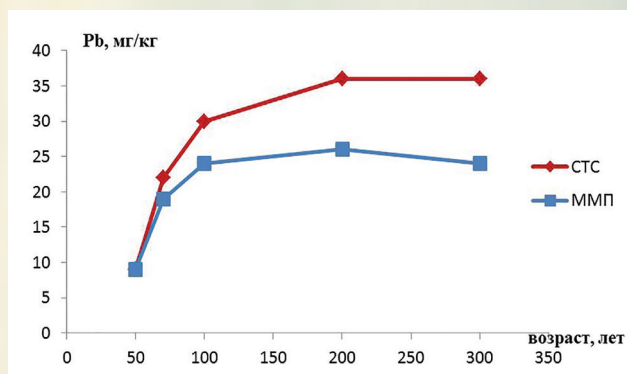


Рис. 6. Зависимость содержания Pb в СТС и ММП «культурного слоя» территории г. Якутска от продолжительности техногенного воздействия

в центральной части города с интенсивным автомобильным движением и высоким уровнем загрязнения атмосферы. Концентрация Pb в верхней части культурного слоя этой скважины – около 50 мг/кг и снижается до слабоаномальных значений (20 мг/кг) на контакте с аллювиальными отложениями. Скважина № 1-1 расположена в Заложном районе города (ул. Строда), с минимальной транспортной нагрузкой, соответственно и концентрация свинца в грунтах этой скважины не превышает 15–20 мг/кг (рис. 8).

Однако не всегда высокое техногенное давление приводит к существенному загрязнению грунтов свинцом. Поясним это на примере аэропорта г. Якутска, где поступление Pb из атмосферы максимально для территории города (см. рис. 3).

Почвы в районе аэропорта загрязняются большим комплексом халькофильных элементов. Концентрация

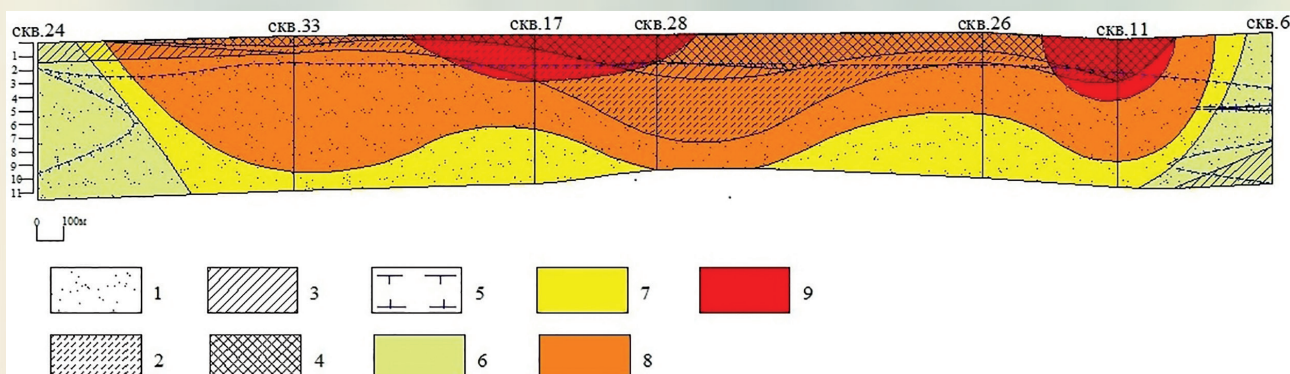
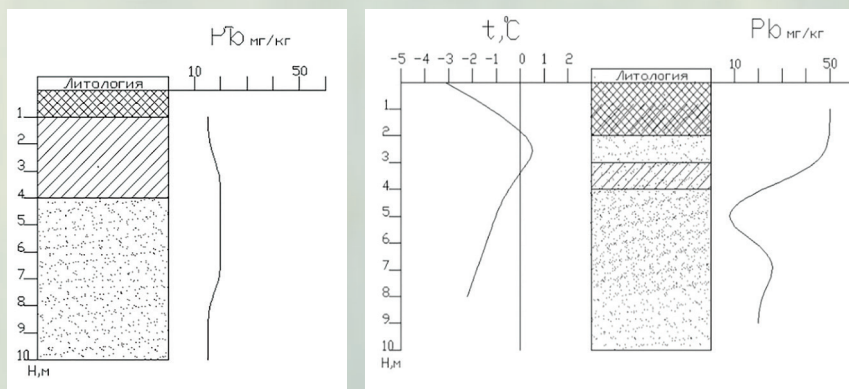


Рис. 7. Геохимический профиль Pb в грунтах «культурного слоя» и аллювия (СЗ-ЮВ) г. Якутска: 1 – песок; 2 – супесь; 3 – суглинок; 4 – граница многолетнемерзлых пород; 6–9 – содержание Pb, мг/кг: 6 – ≤ 10, 7 – 10–20, 8 – 20–30, 9 – 30–50



Ул. Строда, № 4 (скв. 1-1)

Ул. Каландаришвили, № 1 (скв. 17)

Рис. 8. Распределение свинца в грунтах с различным техногенным давлением

Pb на поверхности почв здесь в 1,1–1,6 раз выше санитарных норм, но уже на глубине 0,5–3,2 м, как в талых, так и мёрзлых грунтах, не превышает величины ПДК_{почв}.

Интенсивное поступление свинца из атмосферы на территорию аэропорта не привело к существенному загрязнению почв и грунтов. Несмотря на аномальное содержание Pb в атмосферных выпадениях (до 2000 мг/кг в твёрдой фазе снега), концентрация металла в грунтах относительно невысока: в почвах – в 1,6 раза выше ПДК, в талых и мёрзлых грунтах – 0,9 ПДК. Очевидно, практически сплошное покрытие территории аэропорта асфальтом и бетоном приводит к смыву свинца, выпадающего из атмосферы с поверхности, и существенно

уменьшает его поступление в почвогрунты.

Слабоаномальные концентрации общего (валового) и водорастворимого Pb проникают в грунты взлётно-посадочной полосы аэропорта на глубину 2–3 м и прослеживаются в кровле многолетнемерзлых пород (рис. 9).

Значительное повышение содержания Pb в почвах селитебных зон связано с применением тетраэтилсвинца в качестве антидетонатора в моторном топливе и сжиганием углей. Основная масса металла осаждается на землю, а затем смывается в водоёмы, но заметная его часть остаётся и в воздухе.

Среднее содержание Pb в почвах Якутска, где климатические и ландшафтные условия затрудняют рассеяние, почти в 1,5 раз выше ПДК, что соответствует чрезвычайной экологической ситуации [22]. Максимальное содержание достигает 700–5000 мг/кг, что в 20 и даже в 100 раз выше ПДК (табл. 9). В то же время почвы большинства сельских поселений на территории РС(Я) не загрязнены свинцом.

Загрязнение почв, в свою очередь, приводит к усилению загрязнения атмосферы. Почвенная пыль является основным источником пыли в жилищах.

Наблюдается чёткая корреляция повышения концентрации свинца в почвах с ростом инфраструктуры

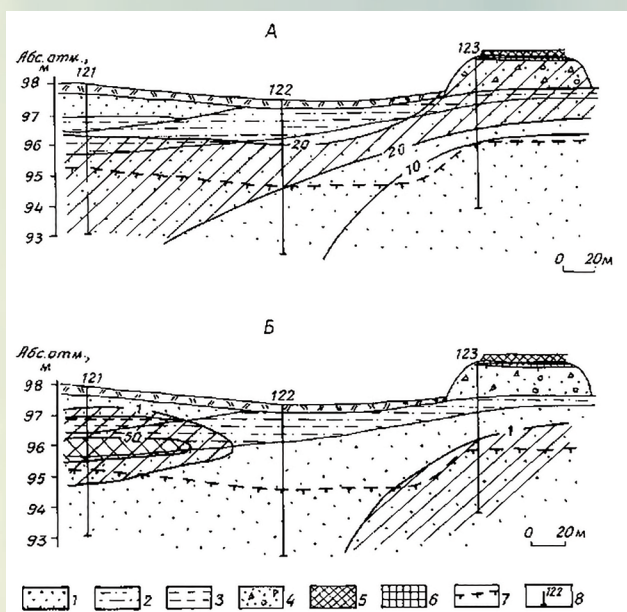


Рис. 9. Содержание общего, мг/кг (А), и водорастворимого, мкг/л (Б), Pb в грунтах аэропорта г. Якутска:

1 – песок; 2 – супесь; 3 – суглинок; 4 – щебень; 5 – асфальт; 6 – бетон; 7 – граница мёрзлых пород; 8 – номер буровой скважины

Таблица 9
Содержание Pb в почвах населённых пунктов Якутии, мг/кг

Населённые пункты	Среднее	Максимальное
Города, посёлки		
Якутск	47,0	5000,0
Мирный	49,0	100,0
Алдан	56,0	1000,0
Чульман	58,0	500,0
Нерюнгри	14,0	100,0
Верхневилуйск	14,2	–
Нюрба	8,8	–
Бадран	25,7	–
Сангар	60,0	100,0
Сёла		
Багадя	12,0	21,0
Мукучи	12,0	20,0
Кокуй	24,0	25,0
Мастах	15,0	20,0
Жархан	10,0	15,0
Чаппанда	10,0	15,0
Нюрбачан	10,0	12,0
Джекимдя	10,0	15,0
Хатассы	24,6	50,0
ПДК		32



Рис. 10. Соотношение количества автомобилей в г. Якутске и концентрации Pb в почвах магистральных улиц города

города. Так, начиная с 1982 г., количество автомобилей в г. Якутске и концентрация свинца в почвах магистральных улиц возрастали почти синхронно и увеличились практически в три раза (рис. 10).

Значительное количество Pb содержат почвы, находящиеся в непосредственной близости от автомобильных дорог. Среднее содержание свинца в почвах магистральных улиц г. Якутска превысило санитарные нормы в 2,4 раза. Наиболее интенсивные аномалии Pb вытянуты вдоль автодорожных магистралей с максимумами на перекрестках улиц (рис. 11).

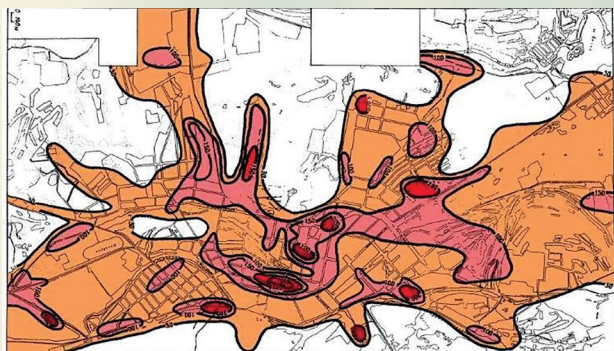


Рис. 11. Распространение Pb в почвах г. Якутска, мг/кг

Размеры зоны влияния автотранспорта на экосистемы сильно варьируют, и ширина придорожных аномалий Pb в почве достигает 100–150 м.

С 1995 по 2008 г. наблюдалось заметное понижение концентрации Pb в почвах магистральных улиц г. Якутска, что связано с благоустройством города, асфальтированием его территории, заменой почв на газонах. Это, безусловно, уменьшило запылённость атмосферы и количество свинца, поступающего в окружающую среду.

Свинец, как и другие тяжёлые металлы, накапливается в верхних гумусовых горизонтах почвенной толщи. Причём период полужизни Pb из почвы (выщелачивание, эрозия, потребление растениями, дефляция) очень длителен и в зависимости от типа почвы может составлять 740–5900 лет.

Почвы считаются самоочищающимся природным фильтром [23]. Однако в криолитозоне они во многом теряют своё свойство обеззараживания из-за малой мощности почвенного профиля, термогидрогеохимического барьера на пути миграции загрязнителей и слабой биохимической активности. Эти условия влияют на ускорение процесса загрязнения

почв и грунтов в зоне техногенного давления. Высокий потенциал атмосферного загрязнения, связанный с климатическими особенностями, ограничивает масштабы рассеяния загрязнителей. По сравнению с атмогеохимическими техногенными аномалиями литогеохимические поля Pb проявляются на ограниченных территориях и отличаются меньшей контрастностью.

Специфические условия геохимической обстановки зоны гипергенеза в городе и, прежде всего, щелочная среда почвенных растворов, способствуют фиксации свинца в виде труднорастворимых соединений. Однако постоянное возрастание кислотности городских почв в последнее время способствует увеличению объёма подвижных форм этого металла в почвах и ухудшению экологической ситуации.

Выпадение атмосферных осадков, загрязнённых Pb, и сброс в поверхностные водотоки сточных вод приводят к повышению концентрации свинца в донных отложениях р. Лены. Поступление стоков в реку ниже сброса канализационных вод г. Якутска загрязняет донные осадки у левого берега р. Лены, содержание Pb в которых составляет 30–50 мг/кг. Загрязнение донных отложений свинцом прослеживается на глубину до 1,0–1,5 м.

Содержание Pb в почвах и донных отложениях озёр находится примерно на одном уровне, что предполагает перенос металла с водосбора в акваторию озёр в твёрдой фазе в виде первичных и вторичных минералов [24]. В большинстве озёр уровень санитарных норм почв по содержанию свинца в донных отложениях превышен в 1,5–3,0 раза, а в озёрах бывшего кожзавода, Хатын-Юрях, Тёплое и Талое – даже в 5–9 раз [16].

Распространение озёр на территории города с различным уровнем загрязнения Pb донных отложений показано на рис. 12.

Свинец является одним из сильных токсикантов для живых организмов. Как дефицит, так и избыток его в организме человека и сельскохозяйственных животных приводит к различным заболеваниям (табл. 10).

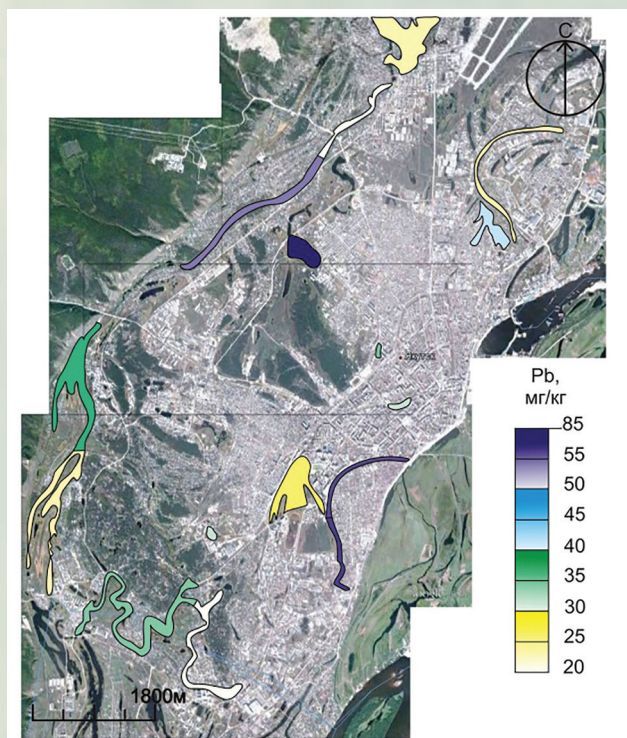


Рис. 12. Содержание Pb в донных отложениях крупных городских озёр

Установлено, что неорганические соединения свинца (Pb^{2+}) нарушают обмен веществ и выступают ингибиторами ферментов [25]. Длительное потребление воды даже с низким содержанием этого металла – одна из причин острых и хронических заболеваний. Очень вредны для здоровья и выбросы в атмосферу, так как происходит их накопление в организме.

Накопление свинца в организме приводит к проблемам в умственном и физическом развитии детей. У маленьких детей изменения психомоторных реакций связывают с повышенным поступлением свинца в организм при облизывании пальцев рук и игрушек, побывавших на загрязненной почве. Для детей школьного возраста характерно изменение показателя IQ. Влияние свинца проявляется также в изменениях двигательной

активности, координации движений, времени зрительной и слухомоторной реакции, слухового восприятия и памяти. Эти негативные изменения в психоневрологическом статусе ребёнка возможны и в более старшем возрасте.

Для женщин свинец представляет особую опасность, так как этот элемент обладает способностью проникать через плаценту и накапливаться в грудном молоке. Всемирная организация здравоохранения отмечает возможность риска спонтанных аборт при концентрации свинца в крови беременных работниц выше 30 мкг/л [11].

Эколого-иммунологические исследования по оценке влияния климатических и техногенных факторов, в том числе и свинца, на состояние секреторного иммунитета у детей в г. Якутске были проведены врачом Д. А. Алексеевым [26]. Он обследовал в течение трёх сезонов года (зимой, весной и летом) 338 детей г. Якутска в возрасте от 5 до 15 лет. Была установлена частота выявления и количественное содержание в слюне белка, муцина, иммуноглобулинов, лизоцима и свинца. Д. А. Алексеев делает вывод о значительном накоплении свинца в биосредах жителей и высоком уровне заболеваемости городского населения.

Таким образом, загрязнение окружающей среды г. Якутска свинцом охватывает как депонирующие, так и миграционные среды. Во всех компонентах окружающей среды наблюдаются высокие концентрации Pb, превышающие природные значения и санитарные нормы.

Одним из важных путей улучшения экологической ситуации в городе является снижение вредных выбросов от двигателей внутреннего сгорания. Значительный эффект в снижении загрязнений воздуха автотранспортом возможен при массовом переводе его на дизельное и газовое топливо. Экологический эффект от сгорания природного газа в двигателе очень значительный – в выхлопе газовых двигателей отсутствуют тяжёлые металлы и бенз(а)пирен.

Благоустройство города, асфальтирование его территории, замена почв на газонах могут существенно уменьшить запылённость атмосферы и количество свинца, поступающего в окружающую среду. Так, заметное понижение концентрации Pb в почвах магистральных улиц г. Якутска наблюдалось в периоды их активного благоустройства.

Таблица 10

Важнейшие заболевания, синдромы, признаки дефицита и избытка Pb у человека и сельскохозяйственных животных [25]

Важнейшие заболевания, синдромы и признаки	
Дефицит Pb	Избыток Pb
Свинцдефицитные состояния у человека не известны	Хроническое свинцовое отравление: микроцитарная анемия
При дефиците Pb у животных отмечено нарушение обмена железа с развитием признаков железо-дефицитного состояния	Неврологические расстройства: свинцовая энцефалопатия (заторможенность, беспокойство, раздражительность, головные боли, галлюцинации, потеря памяти)
	Периферическая свинцовая невропатия, связанная с нарушением проводимости нерва
	Колики – ранний симптом отравления Pb. Свинцовая кардиомиопатия

Список литературы

1. Виноградов, А. П. Средние содержания химических элементов в главных типах изверженных горных пород земной коры / А. П. Виноградов // *Геохимия*. – 1962. – № 7. – С. 555–571.
2. Кабата-Пендиас, А. Микроэлементы в почвах и растениях / А. Кабата-Пендиас, Х. Пендиас. – М. : Мир, 1989. – 425 с.
3. Martin J. M., Meybeek M. Elemental mass-balance of material carried by major world rivers. - *Marine Chemistry*, 1979, vol. 7, № 2, p. 173-206.
4. Ковальский, В. В. Геохимическая экология / В. В. Ковальский. – М. : Наука, 1974. – 299 с.
5. Иванов, В. В. Экологическая геохимия элементов : справочник : в 6 кн. – Кн. 3: Редкие р-элементы / В. В. Иванов, под ред. Э. К. Буренкова. – М. : Недра, 1997. – 352 с.
6. Bowen H. J. M. Trace Elements in Biochemistry. - New York: Academic Press, 1966. - 241 p.
7. Голева, Г. А. Гидрогеохимия рудных элементов / Г. А. Голева. – М. : Недра, 1977. – 216 с.
8. Гордеев, В. В. Речной сток в океаны и черты его геохимии / В. В. Гордеев. – М. : Наука, 1983. – 160 с.
9. Шварцев, С. Л. Гидрогеохимия зоны гипергенеза / С. Л. Шварцев. – М. : Недра, 1978. – 287 с.
10. Gollagwan J. P. Environmental lead levels // *J. Search*, 1980. - Vol. 11. - № 12. - P. 411.
11. Снакин, В. В. Свинец в биосфере / В. В. Снакин // *Вестник РАН*. – 1998. – Т. 68, № 3. – С. 214–224.
12. Ohta S., Murao M., Fukasawa T., Makarov V. N. Atmospheric aerosol concentration at Yakutsk, Tiksi and Norilsk // *Proceedings of the Fourth Symposium on the Joint Siberian Permafrost Studies between Japan and Russia in 1995*. - Japan, Sapporo: Inst. of Low Temperature Sc., Hokkaido University. - 1999. - P. 111-115.
13. Бондаревич, Е. А. Эколого-геохимическая оценка техногенного загрязнения городской среды Читы по состоянию снежного покрова / Е. А. Бондаревич // *Лед и снег*. – 2019. – № 3. – С. 51–59.
14. Радомская, В. И. Многомерный статистический анализ содержаний элементов в снеговом покрове г. Благовещенска / В. И. Радомская [и др.] // *Региональная экология*. – 2018. – № 3. – С. 51–59.
15. Анисимова, Н. П. Гидрогеохимические исследования криолитозоны Центральной Якутии / Н. П. Анисимова, Н. А. Павлова ; отв. ред. В. В. Шепелёв ; Рос. акад. наук, Сиб. отд-ние, Ин-т мерзлотоведения. – Новосибирск : Академические изд-во «Гео», 2014. – 189 с.
16. Макаров, В. Н. Экогеохимия городских озёр Якутска / В. Н. Макаров, А. Л. Седельникова. – Якутск : Изд-во Ин-та мерзлотоведения им. П. И. Мельникова СО РАН, 2016. – 210 с.
17. Добровольский, В. В. Некоторые аспекты загрязнения окружающей среды тяжёлыми металлами / В. В. Добровольский // *Биологическая роль микроэлементов*. – М. : Наука, 1983. – С. 44–54.
18. Макаров, В. Н. Микроэлементы в камышах городских водоёмов Якутска / В. Н. Макаров // *Вестник Забайкальского университета, Науки о Земле*. – 2017. – Т. 23, № 5. – С. 15–26.
19. Jackson J.J., Rasmussen J.B., Petters R.H., Kalff J. Empirical composition on aquatic macrophytes and their underlying sediments // *Biogeochemistry*. - 1991. - V.12, p. 71-86.
20. Подъячев, Б. П. Геохимические аномалии благородных металлов в осадочных отложениях Якутского поднятия / Б. П. Подъячев // *Система коренной источник – россыпь*. – Якутск : Изд-во ЯНЦ СО РАН, 2009. – С. 166–173.
21. Макаров, В. Н. Геохимия техногенных отложений (культурного слоя) в криолитозоне (на примере г. Якутска) / В. Н. Макаров, Н. В. Торговкин. – *Криосфера Земли*. – 2018. – № 3. – С. 27–39.
22. Макаров, В. Н. Свинец в биосфере Якутии / В. Н. Макаров. – Якутск : Издательство Института мерзлотоведения СО РАН, 2002. – 113 с.
23. Нежданова, И. К. Об изучении загрязнённости городских почв в связи с охраной окружающей среды / И. К. Нежданова, Ю. П. Суетин, Г. Б. Свешников // *Вестник ЛГУ*. – 1984. – № 12. – С. 87–91.
24. Макаров, В. Н. Эколого-геохимический мониторинг окружающей среды города Якутска / В. Н. Макаров // *Наука и образование*. – 2013. – № 3 (70). – С. 95–100.
25. Авцын, А. П. Патология человека на Севере / Авцын А. П. [и др.]. – М. : Медицина, 1985. – 416 с.
26. Алексеев, Д. А. Состояние секреторного иммунитета у детей г. Якутска : автореф. дис. ... канд. мед. наук. (Чел. гос. мед. академия) / Д. А. Алексеев. – Челябинск, 1999. – 19 с.

АРХИВ МУДРЫХ МЫСЛЕЙ

В России центр на периферии.

В. Ключевский

Наука только тогда благотворна, когда мы её принимаем не только разумом, но и сердцем.

Д. И. Менделеев