



**Загрязнение свинцом
в пос. Рудная Пристань
и его влияние на здоровье детей**

П.О. Шаров

Far Eastern Health Fund

Petr Sharov

Lead Contamination of Environment in
Rudnaya Pristan, Russia and associated
Health Risks

Vladivostok

2005

Дальневосточный фонд охраны здоровья

Петр Олегович Шаров

Загрязнение свинцом пос. Рудная
Пристань и его влияние на здоровье
детей

Владивосток

2005

Шаров П.О. Загрязнение свинцом пос. Рудная Пристань и его влияние на здоровье детей. Владивосток: Дальнаука, 2005. 132 с.
ISBN 5-8044-0584-5

Настоящее издание посвящено проблеме риска отравления свинцом в Приморье. В книге представлены результаты исследования загрязнения свинцом компонентов среды пос. Рудная Пристань; дана общая оценка риска отравления свинцом детей; показан опыт решения экологических проблем в сходном с долиной р. Рудной районе Бункер Хил, США; предложены практические рекомендации по улучшению экологической ситуации в пос. Рудная Пристань.

The present publication describes issues of lead health risks in Primorye, Russia. The book features results of research conducted by the author on lead contamination of environment of town Rudnaya Pristan and exposure of local children to lead. Experience of a similar by its environmental problems site in the US presented and used for developing recommendations for decreasing risk of lead poisoning in Rudnaya Pristan and neighboring settlements. A brief overview in English is provided.

Научный редактор: д. б. н. Н. К. Христофорова

Рецензенты: д.м.н. Л. В.Транковская,к.б.н. Л. Т. Ковековдова

Издание подготовлено при финансовой поддержке Блэксмит Института в рамках программы Дальневосточного фонда охраны здоровья «Снижение риска отравления свинцом в Приморье»

ISBN 5-8044-0584-5

© П. О. Шаров, 2005 г.

© Дальнаука, 2005 г.

Содержание

ВВЕДЕНИЕ	7
ГЛАВА 1. СОСТОЯНИЕ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ, ПРОМЫШЛЕННОЕ РАЗВИТИЕ И МЕДИКО-ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ СИТУАЦИЯ В ПОС. РУДНАЯ ПРИСТАНЬ.....	10
Описание района.....	11
Промышленное развитие.....	11
Загрязнение среды пос. Рудная Пристань.....	19
Влияние свинца на здоровье человека.....	27
Заключение.....	33
ГЛАВА 2. ОПЫТ РЕАБИЛИТАЦИИ СРЕДЫ И ЗДОРОВЬЯ НАСЕЛЕНИЯ В РАЙОНЕ ДОБЫЧИ СВИНЦА В БУНКЕР ХИЛ, США И ВОЗМОЖНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ЭТОГО ОПЫТА В ПОС. РУДНАЯ ПРИСТАНЬ.....	34
Описание района.....	34
Проект очистки района Бункер Хил.....	39
Программа Серебряной долины по охране здоровья от свинца	43
Заключение.....	51
ГЛАВА 3. ИССЛЕДОВАНИЕ ОЦЕНКИ РИСКА ОТРАВЛЕНИЯ СВИНЦОМ ДЕТСКОГО НАСЕЛЕНИЯ ПОС. РУДНАЯ ПРИСТАНЬ 1996-2005 ГГ.....	54
Материалы исследования.....	54
Методы анализа.....	58
ГИС Анализ.....	64
Концентрации свинца в крови.....	73
ГЛАВА 4. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО СНИЖЕНИЮ РИСКА ОТРАВЛЕНИЯ СВИНЦОМ ЖИТЕЛЕЙ ПОС. РУДНАЯ ПРИСТАНЬ.....	83
Пути поступления свинца в организм человека.....	83
Предлагаемые решения.....	83
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	92
ЛИТЕРАТУРА.....	94
ПРИЛОЖЕНИЕ 1. Список сокращений.....	104
ПРИЛОЖЕНИЕ 2. ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВО РОССИИ ОБ ОХРАНЕ ЗДОРОВЬЯ НАСЕЛЕНИЯ И ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ.....	105
LEAD HEALTH RISKS AT RUDNAYA PRISTAN, RUSSIA.....	113
Description of Rudnaya Pristan.....	115
Bunker Hill Super Fund Site Experience.....	118
Lead Health Risk Assessment at Rudnaya Pristan.....	119
Rudnaya Pristan Environmental Restoration Project.....	122
CONCLUSIONS AND RECOMMENDATIONS.....	129

Автор выражает глубокую признательность и благодарность всем, кто оказывал поддержку и помощь в проведении исследования, а именно:

д-ру П. Янковскому за помощь в выборе и применении методов гео-информационного анализа, д-ру С. Спалинджер за содействие и наставления в использовании биокинетической модели, К. Диксон за неоценимую моральную и практическую поддержку в организации и проведении исследований, А.М. Плотниковой и Р.А. Макаревич за большую помощь в проведении химического анализа проб почв и картофеля, М. В. Блохину за проведение атомно-абсорбционного анализа, д.м.н. Л. В. Транковской и к.б.н. Л. Т. Ковековдой за ценные консультации, д.м.н. В.Н. Лучаниновой, А.М. Токарчуку и Г.М.Лачиловой за подготовку и проведение анализа проб крови, студентам отделения экологии АЭМББТ ДВГУ О.И. Кузьминовой и И.В. Москвичеву за помощь в сборе и анализе проб и применении методов географических информационных систем, д-ру И. фон Линдерн, д-ру М. фон Браун и д.б.н. профессору Н.К. Христофоровой за помощь в организации и проведении всего исследования, постановку цели и задач, критические замечания, полезные предложения, советы, высокий профессионализм, постоянное внимание и теплое сердечное отношение.

ВВЕДЕНИЕ

Не менее 8000 лет прошло с тех пор, как люди начали использовать и выплавлять свинец, что подтверждено древними предметами культуры и историческими данными. Не менее долгой является и история негативного воздействия свинца на здоровье человека. Еще в I веке до н.э. древнеримский философ Витрувиус писал о неестественном цвете лица рабочих цехов по выплавке свинца, отмечая, что дым плавильных печей «разрушает кровь» (Turner, 2000). В настоящее время известно, что свинец может сохраняться в организме человека годами и разрушать его, особенно воздействуя на нервную систему, желудочно-кишечный тракт и кроветворные органы. В особо тяжелых случаях отравление свинцом (сатурнизм) может привести к потере зрения и слуха, параличу или летальному исходу (Ноекман, 2001).

Вместе с тем имеются тысячи примеров применения свинца в современной жизни человека, и, чтобы удовлетворить потребности общества, ежегодно производятся тысячи тонн этого металла. Вследствие этого, загрязнение свинцом и накопление его соединений в природной среде с каждым годом представляют все большую угрозу для здоровья человека и природных экосистем. Загрязнение и отравление свинцом является особенно серьезной проблемой в тех местностях, где добывается и обогащается руда и выплавляется свинец. Опасные для здоровья человека районы, где уровень промышленного загрязнения природной среды свинцом очень высок, характерны для таких промышленно развитых стран как Россия и США.

В настоящем исследовании проводится изучение и анализ риска отравления свинцом детского населения пос. Рудная Пристань Приморского края, а также дается сравнительный анализ ситуации в сходном горнорудном районе Бункер Хил (Серебряная долина) в шт. Айдахо, США. Исследование затрагивает проблему токсичного действия свинца на детей, поскольку они наиболее чувствительны к отравлению этим металлом и вред свинца для здоровья детей значительно выше, чем для взрослых (ATSDR, 1997; CDC, 1984, 1991). Сходство горнорудных районов пос. Рудная Пристань и Бункер Хил дает возможность для использования богатого зарубежного опыта при оценке риска отравления свинцом населения и выработки соответствующих мер. Проблема загрязнения свинцом Серебряной долины в шт. Айдахо была успешно решена в ходе отдельного специального проекта за счет достаточного финансирования и повышенного внимания к ней общественности и властей всех уровней. Опыт улучшения экологической ситуации в Серебряной долине может

помочь решить аналогичную проблему в Рудной Пристани, где пока делается очень мало для обеспечения экологической безопасности жителей.

Согласно данным, собранным группой российских и американских исследователей в 1996-1997 гг., загрязнение свинцом пос. Рудная Пристань и г. Дальнегорска представляет серьезную потенциальную проблему для здоровья жителей. Уровень загрязнения свинцом почвы достигает 95 000 мг/кг и более. Среднее содержание свинца в почвах поселка составляет 2095 мг/кг (von Braun et al., 2002). Эти данные указывают также на возможность опасно высокого уровня содержания свинца в питьевой воде, пыли жилых помещений и местной сельскохозяйственной продукции и, следовательно, на возможность высокого уровня риска отравления свинцом всех жителей поселка. При тестировании проживающих в поселке 120 детей в возрасте от 2 до 12 лет было выявлено, что средняя концентрация свинца в крови детей составляет 9,2 мкг/дл, превышая допустимый «безопасный» уровень, равный 8 мкг/дл.

Неудивительно, что местность, где свинцовоплавильный завод проработал в течение 70 лет, очень сильно загрязнена. Вызывает удивление что с 1930 г. и до настоящего времени не было реализовано ни единой образовательной или технико-экологической программы для решения вопросов экологической безопасности населения. В период с 1950х по 1980е гг. был проведен ряд мероприятий для улучшения условий труда и профилактики отравления свинцом работников свинцовоплавильного завода, в то время как жители района были просто предоставлены самим себе и своим проблемам со здоровьем без какой-либо информации об опасности токсичного свинца. Не уделялось внимания влиянию свинца на здоровье детей. В настоящее время многие жители Рудной Пристани используют для сбора дождевой воды и полива огородов старые корпуса-емкости из-под отработанных аккумуляторов. В ходе настоящего исследования была отобрана и проанализирована проба осадка на дне одного из таких корпусов, концентрация свинца в пробе составила 293000 мг/кг. Уже один этот факт свидетельствует о крайней неосведомленности местных жителей о токсичности свинца и риске его воздействия на здоровье людей.

Экологическая ситуация в Рудной Пристани и Дальнегорске может быть изменена к лучшему при соответствующей политике властных структур местного, краевого и федерального уровня и помощи научных учреждений и общественных организаций. Более того, в соответствии с Конституцией Российской Федерации (1993) государство обязано

обеспечить права граждан на здоровую окружающую среду. По мнению автора, перечень срочных необходимых практических мер включает:

- определение полного объема деградации и загрязнения компонентов природной среды и качественную оценку риска отравления свинцом населения,

- определение стоимости и стадий будущего проекта очистки района и проведения иных мероприятий,

- получение достаточного финансирования для выполнения проекта и создание политических стимулов решения проблемы

В 1970х гг. в районе Бункер Хил наблюдалась сходная ситуация: чрезвычайно высокий уровень загрязнения среды соединениями тяжелых металлов, ухудшение здоровья местных жителей и отсутствие заботы государства. Но в 1975 г. было проведено научное исследование, которое выявило катастрофическую ситуацию с массовым отравлением жителей свинцом. Были созданы и успешно действовали специальные эколого-просветительские и медицинские программы, которые позволили в несколько раз снизить риск отравления свинцом населения еще до прекращения деятельности завода и выполнения в 1990х гг. проекта очистки загрязнения почв района. Данный опыт оценки риска отравления свинцом, проведения медико-экологических мероприятий и ремедиации может и должен быть использован в Дальнегорском районе, что и показано в настоящей работе, которая является одной из научно-обоснованных и уже реализуемых программ практических действий по решению проблемы отравления свинцом жителей пос. Рудная Пристань.

ГЛАВА 1. СОСТОЯНИЕ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ, ПРОМЫШЛЕННОЕ РАЗВИТИЕ И МЕДИКО-ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ СИТУАЦИЯ В ПОС. РУДНАЯ ПРИСТАНЬ

Рудная Пристань является небольшим промышленным поселком городского типа в Дальнегорском районе на севере Приморского края, примерно в 400 км на северо-восток от Владивостока. Население поселка составляет ок. 5000 чел., включая близлежащие деревни. Районный центр – г. Дальнегорск (ок. 45000 населения) – находится на расстоянии 30 км от Рудной Пристани. Богатый полезными ископаемыми район в советское время интенсивно развивался по пути промышленного освоения недр и производства цветных металлов и бора. Градообразующим предприятием пос. Рудная Пристань является свинцовоплавильный завод, где выплавляется свинец из руды, добываемой на рудниках района и обогащаемой в Дальнегорске. При проектировании и эксплуатации завода должного внимания аспектам экологической безопасности производства не уделялось, вследствие чего спустя десятилетия вся территория поселка оказалась чрезвычайно загрязненной соединениями тяжелых металлов, в первую очередь высокотоксичного свинца.



Рис. 1. Расположение Дальнегорского района и пос. Рудная Пристань в Приморском крае

Описание района

Пос. Рудная Пристань находится в Дальнегорском районе Приморского края на юго-востоке России на берегу р. Рудная, которая впадает в Японское море. Долина реки Рудной окружена горами Сихотэ-Алинского хребта (Атлас..., 1989). Склоны гор в основном имеют уклон 20-250. По сравнению с верхней частью бассейна реки, возвышенности близ поселка характеризуются более низкими высотами, приблизительно до 300 м. над уровнем моря. Возвышенности вокруг пос. Рудная Пристань покрыты лесом, долина реки - разнотравьем. Множество мелких речек и ручьев являются притоками реки Рудной или впадают непосредственно в Японское море. Истоки Рудной лежат на проходе Скалистом, близ истока р. Большая Уссурка. Протяженность р. Рудная 73 км, общая площадь бассейна 1140 км². Средняя высота гор в бассейне составляет 395 м над уровнем моря (Качур, 1996). В верховье река является типичным горным водотоком, но в среднем и нижнем течении (в пределах исследуемого района) скорость воды невелика, река приобретает равнинный характер с широкой поймой и перед устьем разветвляется на несколько рукавов.

Уровень воды в Рудной повышается во время весеннего таяния снега. Половодье начинается обычно в конце марта и достигает максимума после вскрытия реки ото льда. Во время весенних паводков уровень воды в реке повышается от 0,5 до 1,4 м. В апреле и мае уровень воды падает, хотя в летне-осенний сезон возможны непредсказуемые повышения уровня воды. Самые большие подъемы уровня воды возможны в период с июля по сентябрь, в некоторые годы во время таких подъемов уровень воды поднимался на 4 м. Более всего подъем воды заметен в нижнем течении реки (Качур, 1996).

Преобладающее направление ветра в исследуемом районе летом с запада на восток, зимой – с востока на запад. Летом ветры дуют преимущественно на северо-запад или на север, вверх по течению р. Рудная. Зимой ветер направлен, главным образом, в сторону бухты Рудной. Согласно различным данным, приземные инверсии и ветры наиболее способствуют переносу загрязнения поздним летом и ранней осенью (Качур, 1996).

Промышленное развитие

История и характеристики завода

Основанный в 1930 г. семьей Юла Бриннера, свинцовоплавильный завод в пос. Рудная Пристань располагается примерно в 1,5 км от устья реки Рудная. В настоящее время свинцовоплавильный завод

горно-металлургического комплекса ОАО «Дальполиметалл» (СЗ ОАО «ГМК Дальполиметалл») является единственным предприятием в России, перерабатывающим сульфидное сырье, содержащее помимо свинца благородные металлы, серу и ряд примесей. Объединение «Дальполиметалл» является старейшиной горнорудной промышленности Приморского края.

История становления и развития цветной металлургии Приморья началась в 90-х годах XIX века. В 1897 г. экспедиция С. В. Масленникова, снаряженная купцом I гильдии Ю. И. Бриннером, открыла серебряно-свинцовое месторождение на севере Приморья. С того времени проводились геологоразведочные, подготовительные работы. В 1907 г. начались разработки месторождения Верхнего и вывозка руды для продажи за границу. Рядом с рудником были построены деревянное здание обогатительной фабрики производительностью 8 т руды в час и рабочий поселок, который в 1913 г. был перенесен на новое место (там сейчас находится центр г. Дальнегорск). Вплоть до 1916 г. интенсивно разрабатывались открытым способом цинксодержащие галмейные руды, сосредоточенные на верхних горизонтах месторождения. Добыча сульфидных руд, начатая в 1909 г., достигла заметных размеров лишь незадолго до первой мировой войны (Ли, 2000).

Основываясь на применении богатых свинцовых концентратов, построенный в Рудной Пристаней завод получал свинец по методу горновой плавки, не требующей больших сооружений, энергетических и материальных затрат на подготовку сырья и выплавку свинца. В 1930 г. на заводе было установлено четыре плавильных горна Ньюмана, одна шахтная печь, отражательная печь для смягчения свинца, два рафинировочных котла емкостью по 35 т, две маленькие купеляционные печи и мешочный пылеуловитель. Все металлургические процессы от подготовки шихты до разлива металлов были основаны на тяжелом ручном труде в сильно загазованной и запыленной атмосфере. Таким образом, концессионеры только «снимали сливки» с производства (серебро составляло основу их интересов), большая часть свинца и других металлов уходила в шлаки и выбрасывалась с газами в атмосферу, способствуя загрязнению природной среды (Ли, 2000).

Одновременно с эксплуатацией Верхнего месторождения концессионеры вели разведочные работы на Нижнем руднике (в настоящее время 2-й Советский). В период концессии велась выборочная отработка свинцово-цинковых руд, в результате чего в недрах было потеряно свыше полумиллиона тонн богатой свинцово-цинковой руды. Концессионеры старались обойти условия договора,

особенно это касалось обеспечения нормальных бытовых условий для рабочих и соблюдения требований техники безопасности, в результате чего правительство приняло решение о расторжении договора с фирмой и организации советского предприятия. В результате 3 января 1932 г. был подписан акт о передаче рудников и свинцового завода под управление полиметаллического комбината Цветметзолота на правах отдельного полиметаллического свинцово-серебряного рудника. Позже он был переименован в Сихотэ-Алинский государственный полиметаллический комбинат «Сихали» и перешел в ведение Главцветмета, а затем в систему Главного управления свинцово-цинковой промышленности Народного Комиссариата цветной металлургии СССР (Ли, 2000).

К моменту ликвидации концессии сырьевая база комбината состояла из одного месторождения – Верхнего. До 1917 г. силами предпринимателей и проспекторами из местного населения в Дальнегорском районе был открыт ряд месторождений (Ахобинское, Мало-Синанчинское, Кисинское). В 1932 г. на комбинате была создана своя геологическая служба. В последующие годы были открыты новые месторождения, эксплуатация которых позволила предприятию значительно увеличить выпуск свинцовых и цинковых концентратов и рафинированного свинца, что явилось новым этапом в накоплении промышленного загрязнения соединениями свинца и других тяжелых металлов в Рудной Пристани и Дальнегорске (Ли, 2000).

В период Великой Отечественной войны комбинат значительно улучшил показатели выпуска своей стратегической продукции. За годы войны производительность труда на предприятии возросла более чем на 30%, а объем выпуска металлов – на 15 %. Каждая девятая пуля в СССР в то время была отлита из свинца, выплавлявшегося на заводе в пос. Рудная Пристань. В послевоенные годы началось техническое перевооружение комбината, внедрение новой техники, совершенствование технологии добычи руды и проходки горных выработок (Пашенко, 1993). В целом эта модернизация заключалась лишь в механизации некоторых производственных процессов и не была направлена на улучшение очистки газов, поступающих в атмосферу долины р. Рудной.

В 1970-е гг. завод производил 13 000 т рафинированного свинца марок С1 и С2, 50 т металлического висмута марки Ви1, 30 т серебра в сплаве в год. В 1972 г. рафинированному свинцу, выпускаемому на заводе, был присвоен Государственный знак качества. Расцвет предприятия (и максимум атмосферных выбросов) пришелся на 1970-

80е гг. Максимальный выпуск продукции в этот период составлял 16 000 т свинца рафинированного, 160 т висмута, более 20 т серебряно-золотого сплава в год (Пашенко, 1993; Ли, 2000).



Рис. 2. Пос. Рудная Пристань и свинцовоплавильный завод (справа)



Рис. 3. Завод в пос. Рудная Пристань

Экономический кризис 1990-х гг. сказался на работе завода. К концу 1990-х гг. объем выпуска продукции по сравнению с 1980-ми гг. снизился в несколько раз и составлял чуть менее 7 тыс. т /г. Висмутовое отделение оказалось разграбленным, кокса не хватало, и завод неделями простаивал. В феврале 1994 г. загорелся один из корпусов завода, и огонь уничтожил все энергообеспечивающие агрегаты. Несколько месяцев, пока не было установлено новое оборудование и отремонтированы цеха, завод стоял. Одна из причин возгорания состояла в том, что большая часть технических устройств

и сооружений отработала нормативный срок службы, их конструкции и состояние не соответствовали современным нормам промышленной безопасности. Основные здания и сооружения довоенной постройки устарели. Заключение экспертизы промышленной безопасности было отрицательным для всех объектов. В 1980-х гг. началось строительство корпуса цеха по переработке свинцовых концентратов методом содовой электроплавки, которое остановилось после распада СССР (Пашенко, 1993, 1994; Реконструкция..., 2002).

До 1999 г. свинцовоплавильный завод входил в состав ОАО «Дальполиметалл». С 1 января 1999 г. завод был преобразован в самостоятельное предприятие ЗАО «Свинцовый завод – Дальполиметалл», учредителями которого являются ОАО «Дальполиметалл» и компания «Дальневосточная мануфактура». В 1999 г. общая добыча компанией товарной руды составила 775,5 тыс. т, производство свинца - 13 872 т, цинка - 25 812 т. Завод начал наращивать производство, была налажена выплавка рафинированного свинца, висмута, серебра (Wilson, 1999). По сравнению с 1998 г. за 11 месяцев 2000 г. объем продукции возрос в 2,5 раза. В 2002 г. по сравнению с 2001 г. на заводе увеличилась выплавка черного свинца на 800 т и на 900 т – рафинированного (Кузьмина, 2003).

Производство

Компания ОАО «Дальполиметалл», базирующаяся в Дальнегорском районе, владеет тремя рудниками, обогатительной фабрикой в Дальнегорске, транспортным цехом, геологоразведочной экспедицией, стивидорный цехом в Рудной Пристань, цехом вспомогательного производства и свинцовоплавильным заводом. Основное производство сосредоточено в узкой полосе в долине реки Рудной, от ее первых притоков до устья (бухты Рудной), где находится плавильный завод. Вследствие того, что долина реки является довольно узкой и окружена горами, в течение многих десятков лет загрязнение от постоянно развивающейся горнорудной промышленности накапливалось в долине и почти не разносилось за ее пределы.

Свинцовый концентрат, поставляемый на завод, получают из руд месторождений района. Главные минералы комплексных руд – галенит и сфалерит, второстепенные – арсенопирит, халькопирит, пирротин, пирит. Отработанные месторождения должны консервироваться, опасные участки и выходы бетонироваться; отвалы должны пройти рекультивацию и быть задернованными. Этот предусмотренный комплекс мероприятий выполнен лишь частично, что является важным фактором загрязнения среды долины р. Рудная. Соединения тяжелых

металлов попадают с пылью в воздушную среду, воды и донные отложения реки, почву и растительность (Arzhanova et al., 1995).

Транспортировка руды на обогатительную фабрику для переработки производится по железной дороге (с Верхнего и Николаевского рудников) и автотранспортом (с Южного и Майминовского участков). В течение 2000-2004 гг. концентрат с обогатительной фабрики в размере ок. 24 000 т/г поступал на завод в Рудную Пристань для переплавки (Кузьмина, 2003). Завод перерабатывал только 30% получаемого концентрата, остальная часть, а также все цинковые концентраты поставлялись морским путем заказчикам. С середины 2004 г. производство свинца остановлено, и весь концентрат вывозится судами на металлургические заводы стран АТР.

Таблица 1

Химический состав свинцового концентрата
ОАО «ГМК Дальполиметалл»

Элементы	Содержание в сухом концентрате, %	Элементы	Содержание в сухом концентрате, %
Pb	68 – 70	S	15 – 17
Zn	3,5 – 4,5 (г/т)	Cd	0,03
Au	0,2 – 0,5 (г/т)	Se	0,012
Ag	1300 – 1600 (г/т)	Mg	0,065
Sb	0,1 – 0,2	Mn	0,20
Sn	0,02	Ca	0,06
Cu	1,2	SiO ₂	2,5
As	0,2 – 0,3	CaO	0,06
Fe	4,5	Al	0,3
Bi	0,08 – 0,12	SiO ₂	2,5

Сульфидные свинцовые концентраты обогатительной фабрики поступают на завод и стивидорный цех по узкоколейной железной дороге в вагонетках емкостью по 1,6 м³, а также грузовыми автомобилями «КАМАЗ» и складироваться на площади в 100 м². В процессе транспортировки по железной дороге концентрат свинца просыпается по обочинам, а также разносится ветром, поскольку вагонетки открытые (Wilson, 1999). Ежемесячно пробы концентрата анализируются на Zn, Pb, Cu, Bi, Sb, As, SiO₂, CaO, Al₂O₃, Fe, S, а каждую

смену – только на Pb, Cu, Zn, Fe (табл. 1). Влажность концентрата не должна превышать 8 % (Технологическая инструкция..., 1977).

Площадь территории, занимаемой заводом, примерно 700 м x 400 м. Техническое оборудование завода было произведено в период с 1935 по 1973 гг. и к настоящему времени устарело. Так, в частности, шахтная печь изготовлена силами работников завода в 1940 г., мешковый пылеуловитель – в 1935/59 гг., установка для приготовления шихты – в 1957 г.; рафинировочные котлы изготовлены на Барнаульском котельном заводе в 1954 г., горновая печь поступила с завода ВНИИПТМАШ в 1971 г (Пащенко, 1993). На производстве было занято 226 человек, из них 120 плавильщиков. Четырьмя рабочими сменами (по 6 часов каждая) обеспечивался непрерывный процесс выплавки свинца. Рабочие имели спецодежду и респираторы типа «Лепесток-5» (Wilson, 1999).

В настоящее время производство на заводе приостановлено в связи с ремонтом и подготовкой к предполагаемому перепрофилированию на переработку драгоценных металлов. Условия труда и обеспечение безопасности работы на заводе не соответствуют новейшим российским и современным мировым нормам. Известны даже случаи отключения работы внутренней вентиляции для экономии электричества, что еще более ухудшало и без того тяжелые условия труда (Wilson, 1999; von Braun et al., 2002). Не соответствуют существующим правовым нормам выбросы загрязняющих веществ в атмосферу, в связи с чем вынесено предварительное решение о дальнейшем прекращении выплавки свинца на заводе и его перепрофилировании (Усольцев, 2004).

Технология производственного процесса и очистки выбрасываемых газов

Концентрат свинца перерабатывается на заводе в горновом отделении, где установлены два спаренных механизированных плавильных горна. Плавильный горн состоит из двух чугунных литых ванн массой 1250 кг, расположенных вдоль одной линии. Ванна заделана в кирпичную кладку в чугунном постаменте и отапливается снизу жидким топливом. Во время работы ванна наполнена жидким свинцом, на поверхности которого плавает расплавленная шихта. Помимо горновой плавки на заводе применяется шахтная плавка, где получают черновой свинец из серых шлаков, которые являются отходами горновой плавки (Технологический регламент..., 2002). Обслуживание горнов до реконструкции в 1971 г. было основано полностью на ручном труде и представляло большую опасность для обслуживающего персонала из-за большого количества пыли и газов, содержащих

свинец. Даже после механизации основных процессов горновой плавки для рабочих, занятых в этом процессе, риск отравления свинцом остается очень большим, поскольку свинец поступает в организм через легкие и кожу. Отмечено, что по различным причинам (отсутствие кондиционирования, недостаточная вентиляция, слабый контроль и т.п.) рабочие не всегда работают в респираторах, что еще больше увеличивает риск для здоровья. В 1970-х гг. на заводе была принята система мер обеспечения безопасности жизнедеятельности рабочих, включающая медицинские обследования, направление в профилактории, контроль за профессиональной гигиеной и т.д. Эти мероприятия в некоторой степени уменьшили риск отравления свинцом, но не могли исключить или хотя бы значительно уменьшить его, ввиду самого характера производственного процесса.

Технологические газы горнов, шахтной печи, электропечи, купеляционных печей, вентиляционные газы шихто-смесительного барабана и сброс пневмотранспорта сведены в общую систему газоотходов и подвергаются очистке от пыли в мешковом пылеуловителе. Общее количество газа, поступающее в мешковый пылеуловитель, составляет 50-90 тыс. м³/час (Технологическая инструкция..., 1977).

Система фильтров позволяет использовать уловленную пыль в процессе выплавки свинца. При этом оборотными становятся крупные фракции пыли. Необходимо отметить, что испарение свинца начинается уже при 400°С и происходит на всех этапах его получения, рафинирования и при переплавке. Образующиеся при этом мелкодисперсные частицы, содержащие Pb, не улавливаются существующей на заводе системой очистки и выбрасываются в атмосферу, поэтому очистка газов до санитарных норм не обеспечивается (запыленность на выходе в атмосферу составляет 15-30 мг/м³). Другим недостатком рукавного фильтра является малоэффективная система регенерации фильтроткани – простое встряхивание.

Вода от всех металлургических агрегатов через отстойники поступает в пруд оборотного водоснабжения, излишки воды из пруда сбрасываются через дамбу в естественный пруд, оттуда в реку Рудную и затем в Японское море. Вода в пруду оборотного водоснабжения чрезвычайно загрязнена производственной пылью, нефтепродуктами и промышленным мусором. Периодическое поступление воды из этого пруда в реку является дополнительным фактором загрязнения среды пос. Рудная Пристань.

Использование вторичного сырья

В 1999 г. завод заключил договор с воинской частью 25029 №704/5/1510 на поставку аккумуляторных батарей. Ежегодно из аккумуляторного лома выплавлялось 1 600 – 1 700 тонн чернового свинца, что составляло более 10% от годовой производительности. В течение 1999 – 2000 годов завод получил лом общим весом металлов приблизительно 5 363 тонн. В среднем в год перерабатывалось 2185,3 т отработанных аккумуляторов (Кузьмина, 2003). Отработанные аккумуляторные батареи в меньших объемах перерабатывались на заводе и до 1999 г., в 1996-97 гг. (Sharov, 2002).

Аккумуляторный лом представляет собой отходы III и V классов опасности. Использование отработанных батарей в собственном свинцовом производстве способствует вовлечению в промышленный оборот тысяч тонн безвозвратно теряемого металла. Вместе с тем увеличение производства завода за счет переработки вторичного сырья увеличивает загрязнение пос. Рудная Пристань. Помимо выбросов завода, фактором такого загрязнения и влияния на здоровье жителей поселка является наличие загрязненных свинцом корпусов аккумуляторных батарей, которые предоставляются местному населению безвозмездно или за плату, устанавливаемую администрацией завода. Жители поселка используют такие корпуса и их части для постройки оград, сараев, прокладки дорожек, укрепления огородных грядок, в качестве емкостей для кормления домашнего скота и птицы, сбора дождевой воды, полива огородов и др.

Загрязнение среды пос. Рудная Пристань

Загрязнение воздуха

С конца 2004 г. завод в пос. Рудная Пристань приостановил производство в связи с ремонтом и предполагаемым репрофилированием на получение только драгоценных металлов. До этого времени на протяжении более 70 лет выбросы завода являлись основным источником загрязнения в изучаемом районе. Вплоть до остановки завод работал по старым технологиям, не отвечающим современным требованиям и нормам. Производство свинца сопровождалось значительными газо-пылевыми выбросами, влияние которых прослеживается на площади до 100 км², причем на территории радиусом 2 км по розе преобладающих ветров (площадью около 5-8 км²) образовалась зона, где визуально наблюдается нарушение растительности – деревья и кустарники находятся в угнетенном состоянии, отсутствует нормальный покров из

лишайников (Wilson, 1999; Sharov, 2002; von Braun et al., 2002). Сумма годового ущерба от загрязнения воздуха, наносимого предприятием окружающей среде, оценивалась в 181,6 тыс. рублей. Ранее ставился вопрос о закрытии завода и его коренной реконструкции в 1987-1989 гг., однако соответствующее решение Минцветмета не было реализовано (Долговременная программа..., 1993).

В составе газо-пылевых выбросов основными загрязняющими веществами являются диоксид серы, окись углерода, оксиды азота и частицы, содержащие свинец. До 1964 г. мешковой пылеуловитель был единственным средством контроля загрязнения на заводе, позже были установлены установки механической очистки воздуха типа «циклон». В конце 80-х гг. количество продукции завода превысило среднюю мощность на 3000 т свинца и 100 т висмута. Тогда же наблюдались самые высокие выбросы свинца – 50 т/г, диоксида серы – 4,8 тыс. т/г. и оксидов углерода – 200 тыс. т/г. Как отмечается в докладе А.Н. Качура (1996), из труб завода выпускалось около 250 000 м³ газов в год (рис. 4-5). С этими газами ежегодно выносилось 85 т пыли, включающей до 50 т Pb, 5 т Zn, 6 т Sb и 1 т Bi.

В начале 90-х из-за сложившегося в стране экономического кризиса произошел повсеместный спад промышленного производства. В это время объемы добычи и переработки руды на ОАО «Дальполиметалл» уменьшились в 1,5-2 раза, число рабочих дней сократилось до 140 в год. Тяжелая ситуация сложилась на заводе: выплавка свинца снизилась до 7 тыс. т, завод простаивал из-за отсутствия кокса. В связи с этим уменьшилось и общее количество поступающих в окружающую среду газов и тяжелых металлов. Объемы загрязнения с 1993 года снижались и достигли минимума к 1998 г. В 2003 г. выброс всех веществ составлял менее тысячи тонн, из них: твердых веществ – 10 т, диоксида серы – 860 т, свинца – 20 т, менее 1 тыс. т оксидов азота и углерода. С 1999 г. начался постепенный выход предприятия из экономического кризиса. Производство продукции завода увеличилось: в 2000, 2001 и 2002 гг. выплавлялось более 10 тыс. т свинца в год. Как следствие, увеличивались и выбросы загрязняющих веществ. Это видно по количеству поступающего в атмосферу свинца. Так в 1999 г. объем Pb в составе индустриальной пыли, выбрасываемой в атмосферу, составил 18 т, в 2000 г. – 20 т, в 2001 г. – 23 т, а в 2002 г. – уже 25 т (Кузьминова, 2003).

Необходимо отметить, что, несмотря на значительно возросшие объемы производства с 2000 по 2002 гг., выброс диоксида серы (SO₂) существенно не увеличился и составлял 2,6 тыс. т/г. Причиной этого

является использование вторичного сырья (аккумуляторного лома), которое, в отличие от концентрата, не содержит серу.

Распространение газо-пылевых выбросов зависит от физико-географических и климатических условий местности. В зимнее время происходит перенос атмосферных загрязнений с суши на акваторию Японского моря, а летом при слабых ветрах, частых туманах и штилях возникает наибольшая опасность загрязнения приземного слоя и прилегающих территорий производственными газами плавильного завода. Содержание свинца в воздухе промышленной зоны предприятия составляло 10-12 ПДК. Среднегодовые концентрации Pb в воздухе пос. Рудная Пристань самые высокие из городов Приморского края и составляют около 0,7 мкг/м³ (среднесуточная ПДК – 0,3 мкг/м³), что в два раза превышает содержание свинца во Владивостоке (Свинухов и др., 1993).

Твердые частицы, содержащие тяжелые металлы (Pb, Cd, Cu, Mn, Zn и Fe), выпадают из атмосферы, и нерастворимые и мало растворимые соединения этих металлов накапливаются в верхнем слое почвы (10 см.). Вынос соединений металлов отстает от их аэрального поступления, и аккумулярованные в почве соединения могут быть источником вторичного загрязнения воздушной среды. Увеличение высоты труб на заводе привело к более дальнему переносу поллютантов и их большему рассеиванию, но не способствовало улучшению экологической обстановки. Высота основной трубы завода достигает 42 м. Когда все трубы используются, максимальные концентрации поллютантов в воздухе обнаруживаются на расстоянии 0,4 – 1,8 км от завода при скорости ветра 2-3 м/сек. При использовании малых труб максимумы концентраций обнаруживаются на расстоянии 0,3 – 1,0 км. В табл. 2. приводятся данные многолетних исследований воздуха в исследуемом районе (Kachur et al., 2003).

В пробах снега, отобранных вблизи завода, было обнаружено большое количество пыли, содержащей 3-5% Pb, 3-5% Zn, 2% Cu, 2% As, 0.5% Bi и 0.5% Sb. По этим данным можно заключить, что содержание свинца в воздухе составляло от 7,5 до 16 мкг/м³ (3% X .25 мкг/м³ = 7.5 мкг/м³ и 5% X .32 мкг/м³ = 16 мкг/м³) (von Braun et al., 2002; Kachur et al., 2003). ПДК содержания свинца в воздухе по нормативам США (U.S. National Ambient Air Quality Standard) составляет 1,5 мкг/м³ (USEPA, 1986). В России ПДК содержания свинца в воздухе составляет 0,3 мкг/м³ (Привалова и др., 1998).

В таблице 3 показано распределение тяжелых металлов в пределах зон вокруг источника загрязнения. Согласно оценкам,

основанным на этих данных, около 40 т пыли ежегодно поступает в зону 1 (5 км² вокруг завода). Если пыль содержит 4% Pb, то значит 1,5 т свинца выпадает из воздуха в данной зоне. В зоне 2 (20 км² вокруг завода) по оценочным данным выпадает ок. 20 т. пыли (800 кг свинца) ежегодно. Данные о концентрациях металлов в пыли получены с использованием методов атомной абсорбции, при подготовке проб к анализу применялись плавиковая и хлорная кислоты (Kachur et al., 2003).

Таблица 2

Среднегодовые концентрации газов и тв. веществ (мг/м³) (Kachur et al., 2003)

Населенный пункт	SO ₂	NO ₂	CO	Тв. в-ва
г. Дальнегорск	0,02	0,04	0,99	0,25
пос. Рудная Пристань	0,01	0,03	0,83	0,32

Таблица 3

Концентрации металлов в осадках на территории, прилегающей к пос. Рудная Пристань (мкг/л) (Kachur et al., 2003)

Зона		Cu	Zn	Cd	Pb	Ag	Sn	Bi	As
1	лето	29	200	7	4 000	3	7	3	12
1	зима	85	280	6	3 000	60	17	50	100
2	лето	12	70	НУО	850	3	3	НУО	5
2	зима	12	100	НУО	650	2	8	НУО	12
фон	лето	20	5	НУО		0,1	3	НУО	0,1

Зона 1 = в пределах 5 км² вокруг завода

Зона 2 = в пределах 20 км² вокруг завода, не включая зону 1

BDL – ниже уровня определения

фон – пос. Терней, непромышленный нас. пункт в 100 км к северу от пос.

Рудная Пристань

Начиная с 1930-х гг., промышленное развитие пос. Рудная Пристань сопровождалось появлением и действием различных источников загрязнения: постройкой и производственным процессом завода, транспортом сырья и недостаточным контролем токсичных отходов. Загрязнение воздуха долгие годы являлось самой

значительной экологической проблемой территории. Содержащие свинец частицы, вылетая из труб завода, разносились ветром по всему поселку и за его пределами. Вследствие этого, тяжелыми металлами и особенно свинцом оказались загрязнены почва, вода, частные дома, дворы и садовые участки. Данные для других районов со сходным промышленным развитием свидетельствуют о том, что вдыхание загрязненного воздуха, содержащего частицы свинца, является одной из основных причин проблем со здоровьем населения, вызванных отравлением свинцом (ATSDR, 1988; ATSDR, 1994; ATSDR, 1997b; CARB, 1997; USEPA, 1995).

Загрязнение воды

Кроме завода по выплавке свинца ОАО «Дальполиметалл», в бассейне р. Рудной находится много шахт и предприятий по разработке и обогащению полезных ископаемых. До 1961 г., когда были установлены отстойники, неочищенные стоки сбрасывались непосредственно в реку. Более 70% ионов в р. Рудной в Дальнегорске являются техногенными, включая 90% сульфатов промышленного происхождения (SO_4^{2-}), 85% фтора (F^-) и почти 100% бора (Качур, 1996). В пос. Рудная Пристань ионы промышленного происхождения составляют лишь около 40–50% из-за разбавления вод р. Рудная водами притоков. Однако тяжелые металлы являются преимущественно техногенными – 90% цинка (Zn), 80% мышьяка (As) и свинца (Pb), 75% меди (Cu) и олова (Sn). Уровень загрязнения вод реки делает ее непригодной для рыбной ловли, рекреации или орошения, но местные жители занимаются и первым, и вторым, и третьим (Качур, 1996). Донные отложения содержат свинец в больших количествах, но используются местными жителями для удобрения огородов, что повышает риск отравления свинцом (von Braun et al., 2002). Донные отложения бухты Рудной, побережья Японского моря также содержат высокие концентрации свинца, кадмия, меди и цинка вследствие выноса частиц водами р. Рудной (Shulkin, 1998).

Питьевая вода в поселок поступает из близлежащего в пос. Смычкаоз. Васьковское, которое находится в 4 километрах к югу от завода. Анализы проб воды показали низкий уровень содержания свинца – менее 2 мкг/л. порогового уровня определения анализатора (Wilson 1999). Следовательно, вода в оз. Васьковском не загрязнена Pb, чему способствуют особенности рельефа местности – возвышенность препятствует распространению выбросов завода в сторону озера.

Одним из немногих примеров, когда употребление питьевой воды, загрязненной свинцом, стало причиной отравлений, является Древний Рим и Греция, где свинец применялся для постройки водопроводов и

изготовления пищевой посуды. В целом, ввиду малой растворимости соединений свинца, отсутствии данных о высоком содержании свинца в питьевой воде пос. Рудная Пристань и того, что употребление питьевой воды обычно не является основным фактором отравления свинцом даже в сильно загрязненных промышленных районах, у нас нет оснований считать влияние загрязнения воды свинцом одним из основных факторов риска сатурнизма в исследуемом районе. Вместе с тем, загрязнение донных отложений и берегов р. Рудная может способствовать повышению риска отравления свинцом местного населения.

Загрязнение морской среды

Благодаря промышленному загрязнению соединениями тяжелых металлов долины реки Рудной в бухте Рудной в течение многих лет складывается неблагоприятная экологическая обстановка. Бухта загрязнена тяжелыми металлами, концентрации которых в донных отложениях превышают фоновые на порядок величин и более. Об этом свидетельствуют данные о содержании тяжелых металлов в бурых водорослях (Христофорова, 1989; Коженкова, 1999). По оценкам начала 1990-х гг. среднегодовой сброс загрязняющих веществ заводом в бухту Рудную составляет ок. 320 млн. куб. м или 3,60 т загрязняющих веществ. В число поллютантов, сбрасываемых ежегодно, входят Pb (0,1 т), Zn (0,14 т), Fe (0,13 т), Cu (0,01 т), As (0,32 т) и Sb (0,08 т) (Долговременная программа..., 1993).

Загрязнение почвы

Пос. Рудная Пристань по загрязнению почв официально числится в списке пяти самых загрязненных населенных пунктов России (Доклад..., 1998). Среда пос. Рудная Пристань изучалась на протяжении многих лет, и было обнаружено значительное загрязнение почв тяжелыми металлами, такими как свинец, кадмий, цинк и медь (Доклад..., 1998, 1999; von Braun et al., 2002; Kachur et al., 2003;). Недавнее наблюдение, проведенное с участием автора в 1997-1999 гг., выявило опасный уровень содержания свинца в почве близ завода и по всему поселку (von Braun et al., 2002). В ходе исследования отбирались пробы почвы на обочинах дорог, огородах, дворах, речном берегу, пляжах и детских площадках. Среднее содержание свинца в почве огородов составило 2200 мг/кг, что превышает установленный опасный уровень загрязнения 400-1200 мг/кг, когда, согласно рекомендациям Агентства по охране окружающей среды (USEPA), необходимо срочно проводить мероприятия по ремедиации почв (Federal Register, 2001). На детских площадках и возле школы концентрация свинца в почве в

среднем составляла 550 мг/кг, с максимальным содержанием 1350 мг/кг. Содержание свинца в одной отобранной пробе краски составляло 0,75%, что также является превышением мировых норм. Известно, что в пос. Рудная Пристань дома часто красят свинец-содержащей краской, которую могут получать в порту, где производятся работы по ремонту и окраске судов (von Braun et al., 2002).

Таблица 4

Содержание свинца (мг/кг) в различных объектах окружающей среды, 1996-1997 гг., пос. Рудная Пристань (von Braun et al., 2002)

Объекты	арифм. среднее мг/кг	геометр. среднее мг/кг	минимум-максимум	число проб
Почвы				
Огороды				
Пос. Рудная Пристань	2095	1626	476-4310	11
Долина р. Рудная	—	—	128-324	2
Дворы пос. Рудная Пристань	2241	1575	896-4610	5
Школа пос. Рудная Пристань	553	398	160-1350	4
Жел. дорога пос. Рудная Пристань	59365	49778	24400-95000	4
Пляж пос. Рудная Пристань	—	—	610-6200	2
Речной берег	920	824	464-1950	9
Пыль				
Обочины дорог пос. Рудная Пристань	6119	4420	2020-22900	8
Хвостохранилища шахт	—	—	672-1180	2
Краска	—	—	7470	1
Осадок коробки аккумулятора	—	—	293000	1
Шпалы железной дороги	—	—	35000	1
Порт пос. Рудная Пристань	—	—	65900	1

Результаты представлены по концентрации свинца (мг/кг), арифметическим средним (\bar{x}) и геометрическим средним (G_x); среднее не высчитывалось если $n < 3$, показано пробелом “—”

Как следует из данных табл. 4, концентрация свинца в почвах достигает 95000 мг/кг. Наиболее высокие значения содержания Pb обнаружены в пробах, отобранных возле железной дороги, по которой концентрат перевозится на завод. Даже в пробах с наименьшим

содержанием свинца концентрация составляла 160–896 мг/кг, что является нарушением установленных в России норм и представляет опасность для здоровья. Итоги этого исследования представлены в таблице 4. Наибольшей опасностью является то, что в мире загрязнение почвы является основным источником риска отравления свинцом детей (Roberts et al., 1974; Yankel et al., 1977; USEPA, 1986; Xintras, 1992; Lanphear et al., 1998).

Относительная биологическая доступность Pb из почв, отобранных в пос. Рудная Пристань, варьировала от 56% до 91% по растворимому ацетату свинца (эквивалентно 26.5% и 45% абсолютной биологической доступности). Значение относительной биологической доступности Pb из почв огородов составляло в среднем 64% (32% абсолютной). Значение биологической доступности Pb из проб почв, отобранных возле школы, детских площадок и на обочинах дорог, составляло в среднем около 60% (von Braun et al., 2002). Эти значения соответствуют сходным районам добычи свинец-содержащих руд США, где относительная биологическая доступность варьирует от <10% до >90%, составляя в среднем 60% относительной и 30% абсолютной (Casteel et al., 1997; Drexler, 1997; USEPA, 1996, 1999).

Приведенные данные свидетельствуют о том, что почвы в пос. Рудная Пристань чрезвычайно загрязнены свинцом, значительно превышая установленную в России ПДК - 32 мг/кг (СанПиН 42-128-4433-87). Такое загрязнение может являться основным фактором риска отравления свинцом людей, проживающих в поселке и прилегающих территориях (Sharov, 2002).

Загрязнение сельскохозяйственных продуктов

Другими, возможно, более важным фактором является поступление свинца в организм с сельскохозяйственной продукцией. Жители пос. Рудная Пристань, как и многих других населенных пунктов России, выращивают растениеводческую продукцию на частных приусадебных и дачных участках. Преобладающей выращиваемой и потребляемой культурой является картофель. Поскольку почва возделываемых участков значительно загрязнена свинцом, вся выращиваемая продукция также может содержать свинец. Из овощей наиболее популярными являются томаты и огурцы, которые употребляются в свежем виде и заготавливаются на зиму. Важным продуктом питания являются также различные ягоды. Клубника, смородина, крыжовник, малина, жимолость используются для приготовления долго хранящихся джемов и варений, а также употребляются в свежем виде. Важно отметить, что дети чаще едят ягоды немывыми или слегка ополоснутыми

проточной водой и поэтому летом могут поедать с ягодами содержащую свинец пыль. Помимо картофеля, овощей и ягодной продукции в пос. Рудная Пристань жители производят множество других видов растительной и животной сельскохозяйственной продукции, но это имеет значительно меньшее значение.

Таблица 5

Содержание тяжелых металлов в сельскохозяйственной продукции (мг/кг сухой массы) (данные Р.А. Макаревич, из Качур, 1996)

Растительные продукты	число проб	Ash %	Pb	Cd	Zn	Cu	Ni	Cr	Mn	Fe
Картофель	23	3.7	1.0	0.3	41.3	7.8	0.4	4.3	11.3	239
Кукуруза	15	1.6	0.6	0.0	32.1	1.6	0.4	1.8	5.1	16.1
Огурец	27	13.1	4.3	0.4	130	13.4	3.8	14.8	16.2	61.8
Томат	27	8.0	2.4	0.8	28.4	10.6	0.7	10.0	24.0	32.6
Кожица томата	27	8.9	3.8	0.7	44.0	9.7	1.6	6.9	18.3	126
Клубника	75	н/д	16.5	5.6	32.0	9.8	н/а	н/а	67.9	61.3
Сухофрукты			0.4	0.03	10.0	5.0	н/д	н/д	н/д	н/д

н/д = нет данных

н/а = не анализировалось

В табл. 5 представлены данные по содержанию свинца в различных сельскохозяйственных продуктах пос. Рудная Пристань по данным российских исследователей. Средняя концентрация свинца в клубнике в сухой массе составляет 16,5 мг/кг, кадмия 5,6 мг/кг и цинка 32,0 мг/кг. Меньшие концентрации этих металлов были обнаружены в картофеле, огурцах и томатах (Качур, 1996).

Влияние свинца на здоровье человека

Соединения свинца известны своей высокой токсичностью. Особенно чувствительны к отравлению свинцом (сатурнизму) дети (CDC, 1985; Бондарев, 1984; Соболев и др., 2001). Индивидуальная восприимчивость к отравлению свинцом сильно различается, и одни и те же дозы свинца могут давать больший или меньший эффект для разных людей. Характерными симптомами отравления являются бледность лица, потеря внимания, плохой сон, склонность к частой смене настроения, повышенная раздражительность, агрессивность, быстрая утомляемость, а также металлический привкус во рту (Венецкий, 1980; Goyer, 1990; Ливанов и др., 1997). Характерны расстройства пищеварения, потеря аппетита, острые боли в животе со спазмами абдоминальных мускулов («свинцовые колики»). Обычным

является изменение состава крови – от ретикулоцитоза, анизоцитоза и микроцитоза до свинцовой анемии. На более поздних стадиях характерны головная боль, головокружение, потеря ориентации и проблемы со зрением. Специфическое почернение («свинцовая линия») может появиться у основания десен. Возможен паралич («свинцовые судороги»), обычно затрагивающий в первую очередь пальцы и кисти рук. У детей может быть поврежден головной мозг, что может привести к слепоте или глухоте или даже летальному исходу. Повреждения коры больших полушарий возможны и у взрослых после получения больших доз свинца (Грацианская, Розенцвит, 1961; Дрогичина, 1968; Ливанов и др., 1997; Чухловина, 1997; Huffman, 1998; WSDH, 2000; Hoekman, 2001; Toxic Dangers, 2001;). Применение хелатирующих агентов, таких как тетраацетат кальция, пеницилламин кальция и EDTA (EDTA) позволяет постепенно вывести свинец из организма. Во многих случаях требуется продолжительное лечение, которое, тем не менее, заканчивается полным выздоровлением, за исключением случаев повреждения головного мозга (Hoffman, 1976; Blumer, Cranton, 1989; Жаворонков, 1997; Ливанов и др., 1997). Свинец поступает в организм из загрязненного воздуха, почвы, пыли в жилых помещениях и на улице, продуктов питания, а также при недостаточном соблюдении правил личной гигиены (Lanphear et al., 1998). Повышению риска сатурнизма способствуют различные факторы, например, курение взрослых (Fergusson et al., 1981). Оценка риска отравления свинцом, как правило, проводится на основании определения концентрации свинца в крови. Концентрация свинца в крови ниже 8 мкг/дл в России считается безопасной для здоровья ребенка, хотя и означающей поступление в организм свинца, что в зависимости от продолжительности и интенсивности может сказаться на здоровье (ATSDR, 1997a; Ливанов и др., 1997).

В мире риск для здоровья, связанный с отравлением свинцом, оценивается по концентрации свинца в крови. В табл. 6 приведено руководство, разработанное Институтом токсикологии (С-Пб), в связи с уровнем свинца в крови и необходимыми ответными действиями. Концентрация свинца в крови ниже 10 мкг/дл считается безопасной для здоровья ребенка. Уровень выше 10 мкг/дл, но ниже 20 мкг/дл расценивается как повышенный и свидетельствующий об отравлении свинцом. Концентрация выше 20 мкг/дл в России и в мире считается опасной и может нанести значительный вред здоровью ребенка. Концентрация свинца в крови выше 45 мкг/дл может привести к перманентному повреждению головного мозга и даже летальному исходу, поэтому необходимо немедленное и интенсивное лечение.

Поскольку индивидуальная восприимчивость к отравлению свинцом варьирует в широких пределах, то можно ожидать, что у некоторых детей могут наблюдаться худшие последствия при меньших дозах (ATSDR 1997a, CDC 1997). Особо следует отметить, что дети значительно легче, чем взрослые, аккумулируют свинец и потому относятся к группе высокого риска в отношении свинцовых интоксикаций. Повышенная чувствительность ребенка к воздействию свинца объясняется такими особенностями детского организма, как:

- существование критических периодов развития нервной, иммунной, репродуктивной систем и метаболизма, когда чувствительность организма к действию антропогенных факторов значительно повышается;

- незрелость ряда ферментных систем детоксикации и процессов обмена, ограниченные функциональные возможности печени и почек, направленные на удаление ксенобиотиков (аутодетоксикация);

- постепенное становление и развитие иммунной системы, которое может быть нарушено под влиянием экотоксинов, что приводит к позднему иммунологическому «старту» детей, возникновению малых нарушений иммунной системы, развитию вторичной иммунологической недостаточности;

- интенсивные процессы формирования межнейронных связей в мозгу.

Таблица 6

Основные клинические проявления и объем медицинской помощи при различных концентрациях свинца в крови (Ливанов и др., 1997)

Pb, мкг/дл	Основные клинические проявления	Объем медицинской помощи
1	2	3
0-9	Это нормальный уровень свинца. Если степень специфического риска низка, контроль можно провести через год. При высоком специфическом риске контроль проводят 1 раз в 3 месяца	Необходимо иметь представление о факторах неспецифического риска и, исходя из них, планировать объем медицинской помощи.

Pb, мкг/дл	Основные клинические проявления	Объем медицинской помощи
10-19	Повышенный уровень свинца может привести к проблемам в поведении ребенка и обучении, нарушению мелкой моторики	<ol style="list-style-type: none"> 1. Обучить родителей гигиеническим правилам. 2. Дать рекомендации по питанию. 3. Провести неврологический осмотр с определением показателей теста Озерецкого. 4. Определить неспецифические показатели интоксикации. 5. Назначить энтеросорбенты на 3 месяца. 6. Назначить препараты селена, витамины А, Е в возрастных дозах. <p>Лечение возможно проводить в амбулаторных условиях.</p>
20-44	Возможны нейродинамические нарушения, нарушения мочевого обмена, снижение интеллекта	<ol style="list-style-type: none"> 1. Проведение, педиатрического, и неврологического обследования. 2. Немедленно начать применение селективных энтеросорбентов в максимальных дозах. 3. При отсутствии противопоказаний, начать хелатную терапию. 4. Провести ЯМР-исследование для исключения депонирования в костях. 5. Контролировать концентрацию свинца не реже раза в месяц. 6. Установить диспансерное наблюдение на период не менее 1,5 лет.
45 -69	Уровень свинца опасен для жизни при отсутствии своевременного вмешательства	<ol style="list-style-type: none"> 1. Госпитализация в стационар: в течение 3-х дней с момента получения результатов анализа крови на свинец. 2. Назначение максимальной доз энтеросорбентов со дня постановки диагноза. 3. Проведение хелатной терапии в стационаре. Реабилитационные мероприятия начинают в максимально ранние сроки и проводят в течение 1,5 лет для коррекции моторных нарушений.

Pb, мкг/дл	Основные клинические проявления	Объем медицинской помощи
Более 70	Могут возникнуть эпилептические припадки, кома, смерть.	1. Срочная госпитализация в многопрофильный стационар. 2. Проведение хелатной терапии. 3. Расширенное педиатрическое и неврологическое обследования. 4. Контроль содержания свинца не реже 1 раза в месяц.

Следует учитывать, что сегодня в России воздействие свинца происходит на фоне недостаточного питания детей (дефицит белков, витаминов, конкурентно активных микроэлементов), что усиливает токсический эффект этого вещества (Войнар, 1960; Hammad et al., 1996; Ливанов и др., 1997).

Свинец и здоровье населения пос. Рудная Пристань

Проводимые в советское время исследования в Дальнегорском районе выявили аномальную структуру заболеваемости и большой масштаб проблем со здоровьем местного населения. Самыми распространенными заболеваниями в районе являются респираторные. В 1987-1989 гг. в среднем было 538 случаев заболевания респираторными заболеваниями на тысячу жителей в год, что являлось наиболее высоким показателем среди всех промышленных центров Приморья. За тот же период в г. Дальнегорск и пос. Рудная Пристань на тысячу детей приходилось соответственно 1048 и 1010 случаев респираторных заболеваний в год, т. е. в поселке и в городе заболеваемость почти одинаковая. Начиная с 1981 г., наблюдался устойчивый рост сердечно-сосудистых заболеваний среди детей до 14 лет (Жачур, 1996). Эти факты свидетельствовали об ухудшении состояния здоровья в целом.

В пос. Рудная Пристань не проводилось полноценного комплексного медико-экологического исследования риска отравления людей свинцом. Отмечается, что у людей, проживающих в поселке, есть заболевания, которые могут быть связаны с загрязнением среды свинцом. Например, люди, проживающие на находящейся близ завода улице Григория Милая, жалуются на плохое общее физическое состояние детей. У семилетнего мальчика зрение упало до 2% на одном глазу, ежегодно отмечается воспаление бронхиальной системы. Эта семья живет на расстоянии менее половины километра от заводской трубы, и эти люди многие годы дышали воздухом, насыщенном

выбросами завода. В пробах почвы двора концентрация свинца в 1997 г. составляла 1800-4610 мг/кг, что является одним из самых высоких показателей в поселке (von Braun et al., 2002).

Собранные отечественными исследователями данные свидетельствуют о накоплении свинца в организме людей, проживающих в поселке. В табл. 7 приводятся данные обследования, проведенного в 1986 г. В табл. 8 приводятся данные о концентрации свинца в волосах рабочих плавзавода пос. Рудная Пристань в зависимости от стажа работы на заводе. Хотя сведения о содержании свинца в волосах широко используются в России и иногда применяются в США, в настоящее время считается, что эти данные менее эффективно показывают риск отравления свинцом, чем концентрация свинца в крови (Wibovo et al., 1980; Rubin et al., 1997.)

Таблица 7

Средняя концентрация свинца и кадмия в пробах волос (мкг/г) (Качур, 1996)

группа	Pb	Cd
Дети дошкольного возраста, пос. Рудная пристань, 1986 г.	5,6	н/а
Дети дошкольного возраста, пос. Терней, 1986 г.	0,44	н/а
Рабочие плавильного завода, пос. Рудная пристань, 1986 г.	286,6	6,7
Взрослые, пос. Терней, 1986 г.	6,7	0,6

н/а = анализ не проводился

Таблица 8

Концентрация свинца в волосах рабочих завода пос. Рудная Пристань (мкг/г) (Качур, 1996)

Стаж работы на заводе	< 5 лет	5 – 10 лет	> 10 лет
концентрация свинца (мкг/г)	145,8	127,8	444,4

В пос. Рудная Пристань наблюдаются высокие уровни заболеваний, в т.ч. злокачественные новообразования лимфатической и кроветворной ткани, острые поражения органов дыхания (Долговременная программа..., 1993). Есть данные об отклонениях в работе кроветворных органов и составе крови у

детей школьного возраста, проживающих в нижней части долины р. Рудной. По сравнению с пос. Терней, у жителей пос. Рудная Пристань в 4,9 раз выше показатель рака легких и желудка и в 33 раза выше показатель рака кроветворных тканей. За период с 1981 по 1985 гг. уровень врожденных патологий увеличился в 2,2 раза, от 6,8 до 14,8 на тысячу новорожденных. Уровень врожденных патологий во всем Дальнегорском районе составлял лишь 1,7 на тысячу новорожденных, что значительно ниже, чем в пос. Рудная Пристань (Качур, 1996).

Многочисленные данные свидетельствуют о неблагоприятной ситуации в исследуемом районе и о необходимости проведения полноценного исследования здоровья населения пос. Рудная Пристань для полного определения масштаба влияния промышленного загрязнения на заболеваемость местных жителей.

Заключение

Начиная с 1930-х годов, экономическое развитие пос. Рудная Пристань шло по пути превращения его в горно-промышленную зону. Производство свинца, транспортировка опасного концентрата и утилизация отработанных аккумуляторов подводных лодок способствовали загрязнению компонентов среды территории тяжелыми металлами. Основным загрязнителем является свинец, обнаруженный в окружающей среде поселка в концентрациях, намного превышающих допустимые. Несмотря на то, что промышленное загрязнение территории происходило в течение более полувека и могло вызвать ряд заболеваний местного населения, государственными структурами и руководством завода было предпринято недостаточно мер для предотвращения и снижения негативных аспектов загрязнения свинцом окружающей среды. Большинство местных жителей знают о риске свинца для здоровья только в самых общих чертах и подвержены значительному риску отравления свинцом через загрязнение концентратом свинца и выбросами завода почвы, воздуха и местной сельскохозяйственной продукции.

Госкомэкологией Российской Федерации поселок Рудная Пристань был признан одним из наиболее загрязненных населенных пунктов страны (Доклад..., 1998, 1999, 2000), но несмотря на это местное население не получает должной помощи со стороны государственных структур для решения проблемы отравления свинцом. Данные различных исследований показывают, что в пос. Рудная Пристань экологическая ситуация является критической и необходимо полноценное обследование состояния здоровья и риска сатурнизма жителей.

ГЛАВА 2. ОПЫТ РЕАБИЛИТАЦИИ СРЕДЫ И ЗДОРОВЬЯ НАСЕЛЕНИЯ В РАЙОНЕ ДОБЫЧИ СВИНЦА В БУНКЕР ХИЛ, США И ВОЗМОЖНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ЭТОГО ОПЫТА В ПОС. РУДНАЯ ПРИСТАНЬ

Район Бункер Хил (Bunker Hill Superfund Site - BHSS) расположен на севере штата Айдахо. Территория зоны экологического бедствия составляет 54 кв. км. и включает в себя 1,5 кв. км. заброшенного индустриального комплекса бывшей компании Бункер Хил и пять поселков: Келлогг, Варднер, Смелтервиль, Пайнхерст и Пэйдж, расположенные в так называемой Серебряной долине (рис. 4-5). Климат района умеренный, влажность средняя. В 1974 г. этот район получил известность как место самого значительного промышленного отравления свинцом в Соединенных Штатах. Почти каждый ребенок в поселках Серебряной долины имел диагноз: отравление свинцом той или иной степени тяжести. Средний показатель содержания свинца в крови детей дошкольного возраста составлял более 65 мкг/дл, что более чем в шесть раз превосходит установленный в США допустимый уровень – 10 мкг/дл. В 1981 г. местный завод по выплавке свинца и цинка был закрыт, и территория вокруг старого промышленного комплекса была официально объявлена одной из самых больших зон экологического бедствия в США. В 1985 г. была создана особая программа медицинского мониторинга и лечения людей, пострадавших от отравления свинцом и другими тяжелыми металлами. В ходе программы медицинской реабилитационной помощи было отобрано более 5000 проб крови и десятки тысяч проб почвы, воздуха, пыли и т.д.). Более трехсот семей получили помощь в лечении последствий отравления свинцом (PHD, 1999; TG, 2000; USEPA, 2001).

Проект Бункер Хил, проводимый на средства федерального Суперфонда, согласно закону о Всесторонней экологической компенсации и ответственности (Comprehensive Environmental Response Compensation and Liability Act – CERCLA), включал в себя исследование состояния здоровья и среды, программу медицинской помощи населению, план первоочередной и общей очистки почвы района от загрязнения (PHD, 1999; TG, 2000; USEPA, 2001).

Описание района

История горно-рудного района Бункер Хил и современная экологическая ситуация

В конце девятнадцатого века в этом районе были обнаружены значительные месторождения полиметаллических руд. Это послужило

толчком к индустриальному развитию территории. Возникшие шахты, заводы, фабрики и связанный с ними транспорт производили огромное количество поллютантов. Наиболее значительной проблемой было загрязнение воздуха, обусловленное выбросами из труб промышленных предприятий. Твердые вещества из воздуха осаждались на землю, и за столетие почвы района оказались сильно загрязнены соединениями тяжелых металлов. Этому способствовал также и рельеф местности. Долина, названная за свои месторождения серебра, свинца и цинка Серебряной, расположена меж гор и поэтому поллютанты воздуха не разносились ветром за пределы окаймляющих район возвышенностей, а осаждались непосредственно вблизи источников загрязнения, в низинах и склонах долины. Из-за выбросов оксида серы и многочисленных рубок для нужд растущей промышленности сильно сократился растительный покров района, и следствием этого была сильная эрозия, особенно на склонах холмов. Список основных загрязнителей района включает сурьму, мышьяк, кадмий, медь, свинец, ртуть и цинк. Из этого списка свинец являлся самым значительным как по уровню загрязнения среды, так и по воздействию на здоровье жителей (TG, 2000; USEPA, 2001).

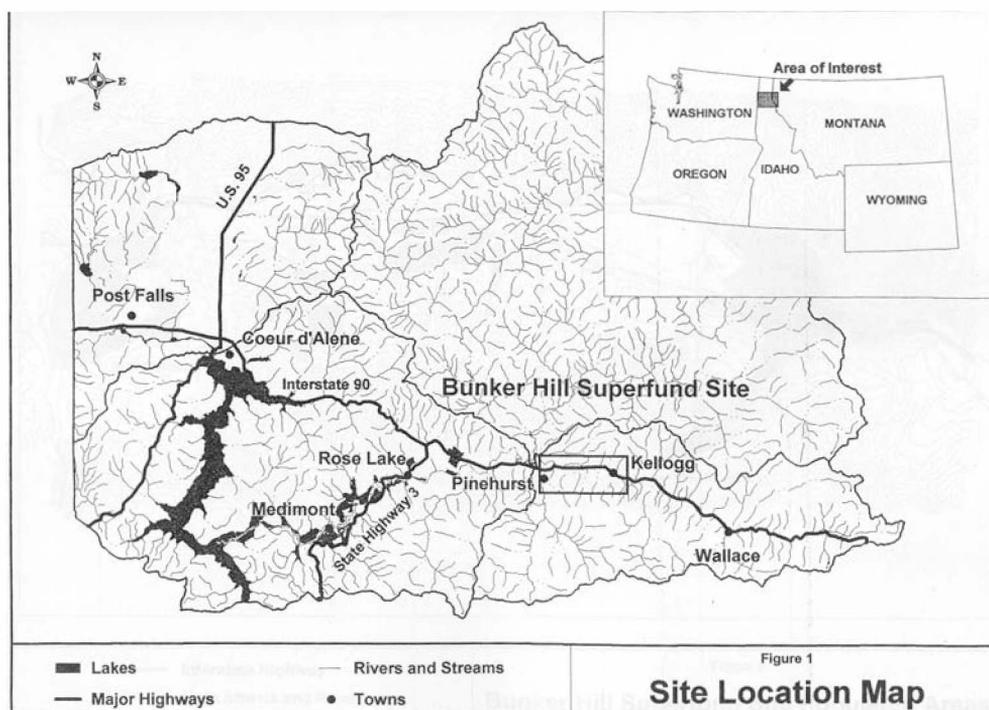


Рис. 4. Карта-схема расположения района Бункер Хил (TG, 2000)

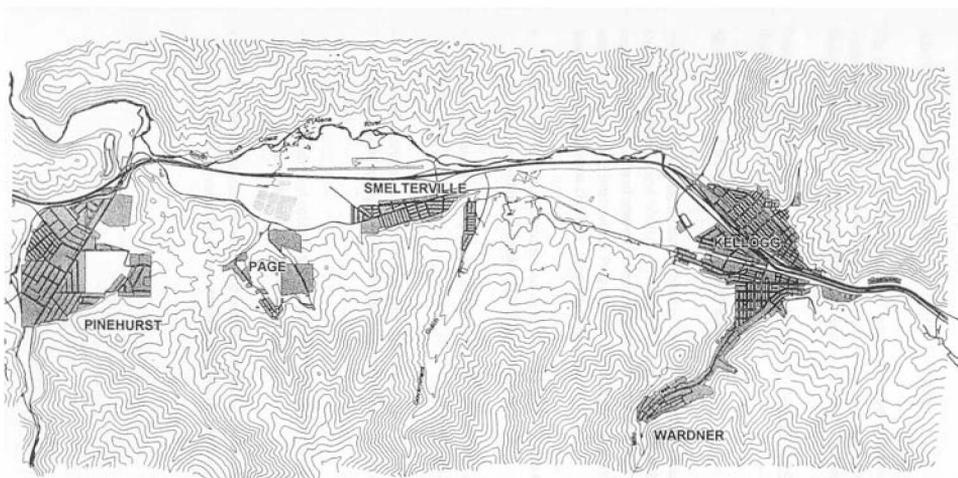


Рис. 5. Населенные пункты в районе Бункер Хил (PHD, 1999)

Одним из важных факторов загрязнения были отвалы и отходы шахт и заводов. В начале двадцатого века около 5 кв. км речной поймы были захламлены содержащими соединения тяжелых металлов отвалами шахт. Другим значительным фактором загрязнения почвы района было перераспределение загрязненной почвы рекой, ветром и деятельностью человека (TG, 2000).

Типичная концентрация почвы в пределах свинцовоплавильного комплекса составляла 100 000 мг/кг (10%) свинца и выше. В отвалах на речной пойме средние концентрации были выше 20 000 мг/кг (2%) свинца. В начале 1980х почвы в частных дворах в среднем составляли от 2500 мг/кг до 5000 мг/кг, а пыль в жилых помещениях в среднем от 2000 мг/кг 4000 мг/кг (TG, 2000). На рис. 6 показана динамика изменения концентрации свинца в воздухе с начала 1970х гг., когда загрязнение было наибольшим до 1980х гг., когда завод был закрыт и были начаты ремедиационные работы.

После закрытия завода в 1981 г. уровень загрязнения воздуха сразу снизился почти до нуля, что сняло проблему проникновения свинца в организм человека из воздуха. Начиная с этого периода самым значительным путем проникновения свинца в организм человека стала загрязненная почва района. Соответственно, основные усилия были направлены на то, чтобы понизить концентрации свинца в почве. На рис. 7 показана динамика изменения концентраций свинца в почве с 1974 по 1998 гг. Значительный прогресс был достигнут за последние двенадцать лет, и экологическая ситуация в районе заметно улучшилась с началом ремедиационных работ.

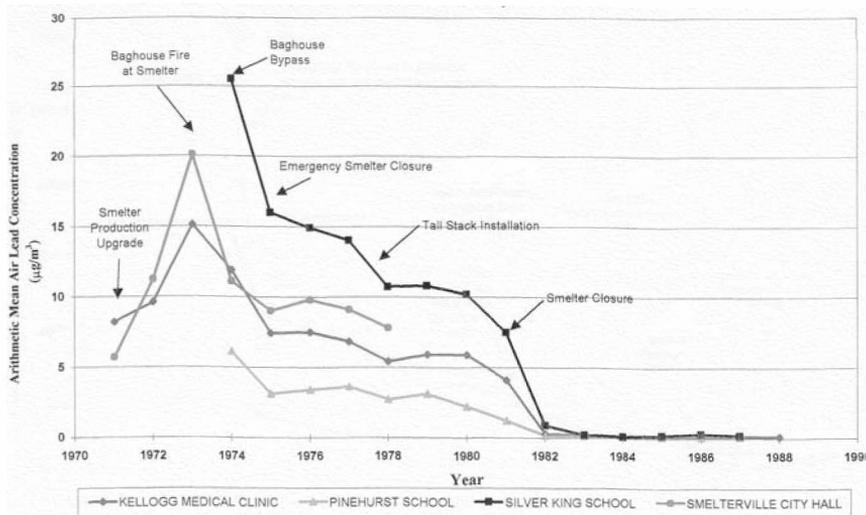


Рис. 6. Изменение концентрации свинца в воздухе, 1971-1988 гг. (TG, 2000)

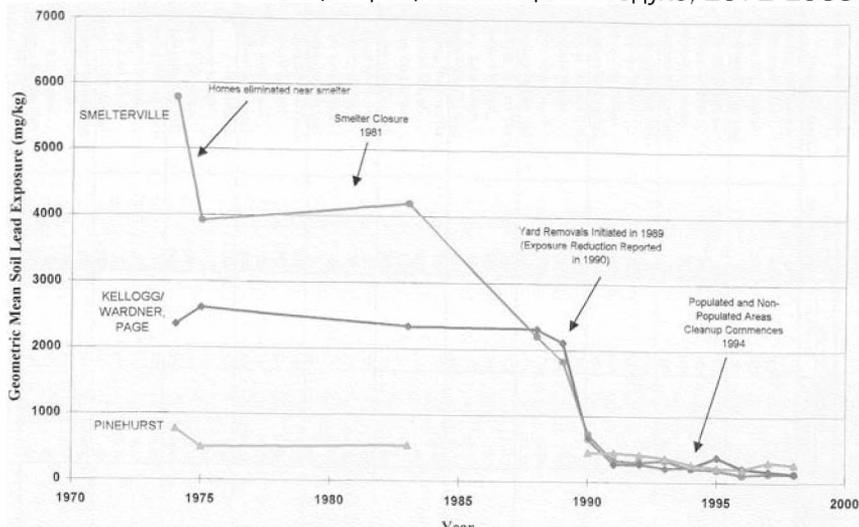


Рис. 7. Изменение концентрации свинца в почве частных дворов 1974-1998 гг. (TG, 2000)

Свинец и здоровье населения района Бункер Хил

Чрезвычайно загрязненная среда в районе Бункер Хил послужила причиной острых и хронических отравлений свинцом большинства местных жителей. До начала и во время проведения проекта Бункер Хил была создана и обновлялась база данных, включающая в себя информацию о концентрациях свинца в крови людей, содержанию загрязнителей в среде, применявшихся методов профилактики и проведенных работ по ремедиации территории (PHD, 1999; TG, 2000). Информация об уровнях содержания свинца в крови и среде была собрана для более 4000 детей. Отравление свинцом в поселениях

района Бункер Хил носило эпидемический характер в 1970х гг. На рис. 8 показаны основные направления колебаний средних значений содержания свинца в крови у детей поселков Смелтервиля, Келлога, Варднера, Пэйджа и Пайнхерста с 1974 по 1998 гг. Коннотации на графике отмечают то или иное событие, изменявшее ситуацию в загрязнении среды района и связанное со всплеском или снижением уровня свинца в крови (PHD, 1999).

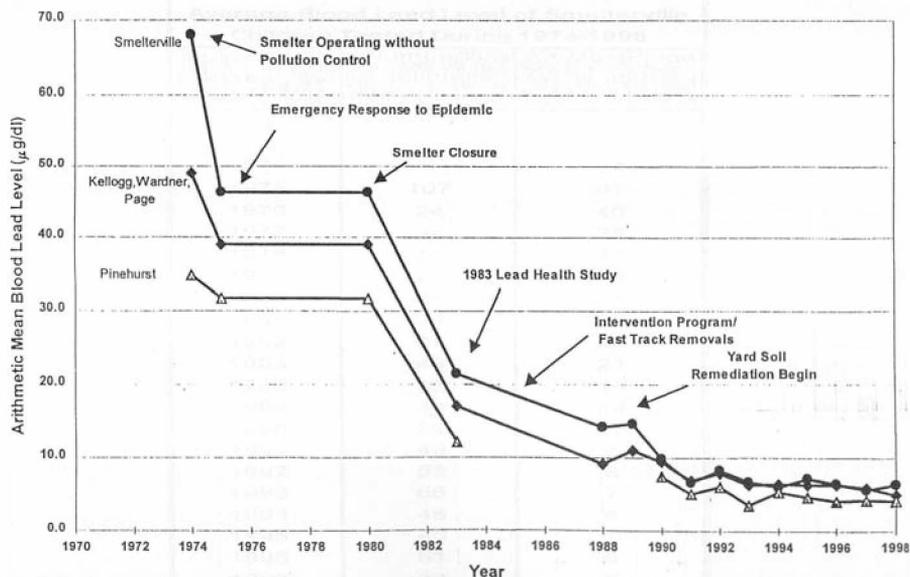


Рис. 8. График исторической перспективы отравления свинцом детей, проживавших в районе Бункер Хил (PHD, 1999).

В период 1973-1974 гг. свинцовоплавильный завод работал без системы полного контроля и очистки выбросов в атмосферу из-за произошедшего пожара. Сверхнормативные выбросы в воздух твердых свинецсодержащих частиц и их осаждение на почву и пыль в районе считаются основными факторами увеличения риска отравления свинцом в районе в тот период времени (PHD, 1999).

Среднее содержание свинца в крови детей дошкольного возраста, проживавших в пределах одной мили от промышленного комплекса, в начале 1970х гг. было близко к 70 мкг/дл. Десятки детей получили диагноз хронического отравления свинцом высокой степени тяжести, и многие были госпитализированы для прохождения хелационной (EDTA) терапии. Срочные меры по борьбе с эпидемиологической ситуацией были предприняты в 1974-1975 гг. и значительно снизили общее поступление свинца в организм детей к 1976 г. Тем не менее, среднее содержание свинца в крови детей дошкольного возраста все еще составляло ок. 40 мкг/дл вплоть до закрытия свинцовоплавильного

завода 1981 г. В 1983 г. было проведено масштабное обследование детей района. Средняя концентрация свинца в крови у дошкольников г. Смелтервила составила ок. 21 мкг/дл, что значительно меньше по сравнению с предыдущими годами и результатом медицинских программ по профилактике жителей и начавшимися работами по ремедиации (PHD, 1999).

Проект очистки района Бункер Хил

История

Завод по выплавке свинца был построен в Серебряной долине и начал работать в 1917 г. В 1928 г. вступил в строй завод по производству цинка. Постепенно район Бункер Хил превратился в крупный индустриальный комплекс, ориентированный на добычу руд, обогащение и выплавку металлов. После многих лет нормальной эксплуатации в 1973 г. произошел пожар на свинцовоплавильном заводе. В результате пожара, выведшего из строя систему очистки технологических газов, территория района оказалась сильно загрязнена соединениями тяжелых металлов. После этого события было проведено медицинское исследование в 1974 г., в результате которого было обнаружено, что люди, проживающие в этой местности, страдают от отравления свинцом различной степени тяжести и в районе много заболеваний, связанных с промышленным загрязнением. В 1977 г. администрация завода установила высокую трубу, чтобы выбросы в атмосферу могли выноситься за пределы Серебряной долины для снижения концентрации загрязнения в воздухе, что требовалось в соответствии с новыми федеральными стандартами. Тем не менее, значительного эффекта в снижении загрязнения достигнуто не было и из-за этого, а также из-за изменения ситуации на рынке металлов, завод и шахтный комплекс компании Бункер Хил были закрыты в 1981 г. (USEPA, 2001).

Бункер Хил был внесен в «Список национальных приоритетов» (National Priorities List) 8 сентября 1983 г. (USEPA, 2001). Это означало, что на очистку района и медицинскую помощь населению будет выделены средства из федерального Суперфонда. В российской системе это соответствует получению территорией статуса зоны экологического бедствия. В 1984 г. было проведено медицинское исследование совместно агентствами здравоохранения федерального правительства, штата и местных муниципалитетов (PHD, 1986). Это исследование риска отравления свинцом местных жителей продемонстрировало, что у многих детей, проживающих в районе, концентрация свинца в крови превышает допустимую, и это относится

также к тем детям, которые родились уже после закрытия завода. Остаточное загрязнение почв и пыли в поселениях было определено как основной источник опасного уровня свинца в организмах детей. В 1984 г. было начато Исследование загрязнения почв района и возможности очистки (Remedial Investigation и Feasibility Study - RI/FS). В 1985 г. был начат медицинский мониторинг детей на содержание свинца в крови и реабилитации детей с признаками отравления свинцом. В 1986 г. была начата очистка почв в наиболее посещаемых детьми общественных местах. В 1989 г. была начата программа по очистке дворов в частном секторе. Исследование RI/FS было закончено 30-го августа 1991 г. (USEPA, 2001). В 1991 г. было принято решение об очистке почв селитебной зоны, а в 1992 г. - решение об очистке остальной территории (USEPA, 1991, 1992). Подготовка плана очистки почвы была начата 29-го марта 1993 г. и закончена 17-го ноября 1994 г. В апреле 1995 был введен в силу «Государственный контракт Суперфонда». В том же году была начата планомерная очистка района от свинцового загрязнения (USEPA, 2001).

Ремедиация почв

Стратегии и задачи

С начала 1970х гг. в районе Бункер Хил накопился массив данных о загрязнении среды тяжелыми металлами и уровнях содержания свинца в организме людей, на основе которого была создана стратегия мониторинга здоровья детей и уменьшения риска отравления свинцом во время ремедиационного процесса. Стратегия очистки почвы полностью зависела от результатов наблюдений за уровнем свинца в крови и концентрации свинца в среде (TG, 2000; USEPA, 2001). Кроме того, была разработана особая модель, которая бы учитывала содержание свинца в среде и предсказывала уровень свинца в крови. Эта модель, позднее усовершенствованная, превратилась в широко используемую сейчас Агентством по охране природы США Интегрированную биокинетическую модель (Integrated Exposure Uptake Bio-kinetic Model - IEUBK). На основе результатов модельного анализа устанавливались критерии чистоты и уровней содержания свинца в почве и пыли жилых помещений, которых следовало достичь в ходе проекта (TG, 2000; USEPA, 2001). Согласно задачам ремедиации, концентрации свинца в крови детей должны быть уменьшены до уровня, обеспечивающего безопасность от угрозы отравления свинцом (TG, 2000): менее чем 5% детей должны иметь концентрацию свинца в крови 10 микрограмм на децилитр крови (мкг/дл) или выше,

а также ни у одного ребенка концентрация свинца в крови не должна превышать 15 мкг/дл (номинально <1% населения)

Задачи ремедиации включали в себя (TG, 2000):

- очистку всех частных дворов, коммерческой земельной собственности и обочин земельных участков, где концентрация свинца в почве превышает 1000 миллиграмм на килограмм (мг/кг);
- достижение геометрического среднего концентрации свинца в почве частных дворов менее чем 350 мг/кг в каждом поселке района;
- контролирование пыли в районе, стабилизация и задержание загрязненной почвы по всему участку работ;
- достижение концентрации свинца в пыли жилых помещений в каждом поселке по величине геометрического среднего 500 мг/кг Pb или меньше (причем ни в одном доме эта величина не должна превышать 1000 мг/кг).

Обзор проведенных работ

После закрытия завода в 1981 г. в районе был выполнен ряд мер по экологическому контролю за состоянием среды, медицинскому лечению пострадавших от отравления свинцом и очистке почв района. Технология очистки почвы заключалась в изъятии загрязненной почвы и замены ее чистой. В 1986 г. были начаты первые работы по очистке парков, детских площадок и обочин дорог. В последующие годы были предприняты меры по очистке и стабилизации ситуации на территории бывшего завода, контролю за пылью, облесения склонов гор и холмов местности и по очистке почвы в дворах (приусадебных участках), где дети были подвержены максимальному риску отравления свинцом (USEPA, 2001).

В 1986 г. усилиями Агентства по охране природы США было удалено приблизительно 6700 куб. м. загрязненной почвы в шестнадцати общественных местах (таких как парки и детские площадки), которая складировалась в специально отведенном месте в районе. Взамен удаленной почвы было внесено около 5500 куб. м. чистой, засыпано 1250 кв. м. территории и уложено 1 132 тонн асфальта в реновационных операциях. Вся загрязненная почва находилась в специальном огороженном временном хранилище, окопанном сточной канавой для предотвращения вторичного загрязнения и закрытом поливинилхлоридной пленкой (USEPA, 2001).

В 1991 г. Агентством по охране природы США было подписано решение, которое регламентировало очистку почв селитебной зоны в пределах участка в 54 кв. км. Все дворы, выходы и коммерческие зоны предписывалось очищать в том случае, если концентрация свинца в почве будет превышать 1000 мг/кг. Было установлено, что

примерно 2000 земельных участков требуют такого уровня очистки. К сентябрю 1998 г. почти 1400 участков было очищено под контролем администрации штата Айдахо. Проводившееся медицинское обследование детей, проживавших на этих участках, показало снижение уровня свинца в крови после очистки почвы. После завершения программы очистки почв было проведено совместное исследование Агентства по охране природы США и администрации штата Айдахо по определению необходимости очистки жилых помещений. Все основные промышленные объекты, включая зону шахтовых работ, свинцовоплавильный завод, цинковый завод и завод фосфорной кислоты и фосфатных удобрений (всего более ста основных объектов) были демонтированы и утилизированы (TG, 2000; USEPA, 2001).

В ходе проведения работ было обнаружено, что загрязнение почв района тяжелыми металлами распространено повсеместно и зачастую свинец проникает на такую значительную глубину, что почву крайне невыгодно очищать (TG, 2000). Поэтому было решено не добиваться полной очистки, а полагаться на устанавливаемые барьеры, служащие для разделения загрязненной и чистой почв и предохраняющие людей от контакта с загрязнением. Барьеры устанавливались одновременно на частных и коммерческих участках. После ремедиации обеспечение целостности барьера, очистка или повторная ремедиация участков после наводнения, эрозии, или переноса загрязненной почвы остаются на ответственности владельца участка (TG, 2000).

В ходе программы по извлечению загрязненной почвы отбирались пробы почвы во дворе каждого дома и составлялся список очередности очистки, где учитывался уровень загрязнения и возраст детей, проживавших в доме. Наибольший приоритет присваивался дворам, где концентрация свинца в почве превышала 1000 мг/кг (1000 мг/кг) и проживали дети до шести лет и беременные женщины. Во дворах этих домов устанавливался защитный барьер из чистой почвы глубиной 0,3 м на всей площади двора и 0,6 м в огороде и саду. Также устанавливался геотекстильный маркер в случае, если на глубине остается загрязнение (TG 2000, USEPA 2001).

Загрязненные материалы из хвостохранилищ шахт и загрязненная почва с частных дворов вывозились на постоянное место хранения в Центральное хранилище (Central Impoundment Area CIA), которое закрывалось слоем особой водонепроницаемой поливинилхлоридной пленки, предотвращающей контакт со средой и попадание загрязнения в природные воды. Поверх пленки был положен слой органики и выше почвы (USEPA, 2001).

Другим немаловажным аспектом проекта являлась пыль жилых помещений, так как было установлено, что в районе Бункер Хил пыль жилых помещений является основным источником отравления свинцом детей (PHD, 1986). Была выработана особая стратегия по устранению внешних источников поступления свинца в организм и снижения содержания свинца в пыли жилых помещений (TG, 2000).

Программа Серебряной долины по охране здоровья от свинца (Silver Valley Lead Health Intervention Program - LHIP)

История

Действия по медицинскому контролю и исследования отравления свинцом людей, проживающих в районе, начались после эпидемии сатурнизма в 1974 г. В 1970х годах перечень примененных мер включал в себя снижение выбросов в атмосферу на заводе, переселение семей с детьми, у которых была повышенная чувствительность, контроль за загрязнением пыли в городе, меры по озеленению и облесению, биологический мониторинг (свинца в крови детей), медицинскую помощь, экологическое образование и просвещение родителей и общественные/школьные образовательные программы (PHD, 1999). Эти меры осуществлялись под надзором и непосредственно департаментами штата и местного самоуправления и федеральными Центрами по контролю заболеваемости (Centers for Disease Control – CDC) и спонсировались совместно правительством и собственниками завода. Программа в основном достигла успеха в предотвращении и лечении клинического отравления свинцом (>60 мкг/дл) детей района. Тем не менее, среднее содержание свинца в крови сохранялось на уровне 40 мкг/дл до конца 1970х годов, и сотни детей, согласно современным критериям, были отравлены свинцом. Данная программа медицинской помощи населению была завершена в 1981 г. вслед за закрытием завода и прекращением финансирования (PHD, 1999).

В 1983 г. федеральным Суперфондом были выделены средства на исследование, проводимое совместно федеральными органами, властями штата и местного самоуправления по оценке состояния здоровья населения и риска отравления свинцом (PHD, 1986). В результате этого полномасштабного исследования было показано, что многие дети, проживавшие в районе, в той или иной степени подвержены отравлению свинцом, включая тех, кто был рожден после закрытия завода. Остаточное загрязнение пыли и почв района были квалифицированы как основные источники поступления свинца в организм детей в районе. При этом принималось, что основным путем

поступления свинца в организм было непроизвольное заглатывание детьми частиц почвы и пыли в процессе игр и обычного поведения во дворе и в доме. Были также выявлены несколько дополнительных влияющих факторов. Наиболее значимыми из них являлись следующие: уровень доходов семьи и ее социальный статус, уровень образования родителей, практика домашней гигиены, наличие курящих в доме, питание детей, использование местных сельскохозяйственных продуктов, поверхность игровых площадок (трава или же оголенная почва), продолжительность времени, проводимого на улице, характер детских игр и возраст ребенка.

По результатам исследования 1983 г. была составлена практически полная картина, показывающая источники свинца, пути поступления свинца в организм детей и факторы, влияющие на это. На основе полученной информации в 1985 г. был составлен полный план действий по снижению риска для здоровья жителей района. Основной задачей принятого плана было достижение снижения уровня абсорбции свинца в организме детей во время проведения работ по очистке района методом индивидуального подхода, усилий по общественному просвещению и целенаправленных ремедиационных мер. Эти действия вкпе с биологическим мониторингом и интрузивном менеджментом риска проводились в жизнь в районе в течение двадцати лет (PHD, 1999; ATSDR, 2000; TG, 2000).

В 1985 г. для выполнения принятого плана была создана объединенная Программа Серебряной долины по охране здоровья от свинца, направленная на минимизацию риска отравления свинцом через образование, просвещение родителей и осуществление биологического мониторинга. Программа LHIP была разработана для реализации действий по проверке уровня свинца в крови у детей, оказания медицинской помощи и лечения, оценке состояния среды, общественного экологического образования, определения содержания свинца в крови у беременных женщин, консультаций населения, обеспечения специальных образовательных программ для детей школьного и дошкольного возраста и проведения особых курсов подготовки местных врачей-терапевтов. Программа LHIP, спонсируемая Центрами по контролю заболеваемости (CDC) и Агентством по токсичным субстанциям и регистрации заболеваний (Agency for Toxic Substances and Disease Registry ATSDR), выполнялась местным департаментом здоровья по району Панхэндл (Panhandle Health District – PHD) при поддержке Департамента здоровья и благосостояния штата Айдахо (Idaho Department of Health and Welfare – IDHW). Во

время проведения программы LHIP и работ по проекту Суперфонда создавалась и пополнялась обширная индивидуализированная база данных, объединяющая и группирующая информацию по уровням свинца в крови детей, концентрациям поллютантов в среде, поступлению тяжелых металлов из среды в организм местных жителей, проведенным действиям по медицинской помощи и реабилитации и ремедиационным работам (PHD 1999, ATSDR 2000).

Действия по медицинской помощи или оздоровительная интервенция противодействия отравлению свинцом в рамках проекта включали в себя выявление через биологический мониторинг путей поступления свинца в организм детей, последующие проверки, консультации и просветительскую работу с родителями и усилия по общественному образованию и изменению паттернов детского поведения. Выполнение мер программы LHIP осуществлялось через федеральные гранты отделу здоровья Департамента здоровья и благосостояния штата Айдахо. Основное финансирование с 1985 по 1988 г. приходилось на Центры контроля заболеваемости службы общественного здоровья США U.S. Public Health Service Centers for Disease Control (CDC) и с 1988 по 1999 через Агентство по токсичным субстанциям и регистрации заболеваний. Также частичное финансирование с 1994 г. обеспечивалось потенциально ответственными за загрязнение сторонами (PHD, 1999; ATSDR, 2000).

Основные задачи программы LHIP

Основными задачами программы LHIP являлись (PHD, 1986):

- обеспечение мониторинга содержания свинца в крови детей в возрасте от 9 месяцев до 9 лет, проживавших в районе Бункер Хил;
- сравнение результатов обследований на содержание свинца с данными по штату и стране;
- обеспечение родителей и детей информационными материалами и наглядными пособиями, консультации по вредному воздействию свинца и путях его поступления в организм, информирование о возможности снижении токсичных эффектов свинца и других тяжелых металлов;
- консультация по правильному питанию для предотвращения и снижения абсорбции свинца организмом для беременных женщин, родителей и детей;

- обеспечение информационными материалами и обследование беременных женщин.

Программа LHIP является совместным проектом Департамента здоровья района Панхэндл (PDHD); Департамента здоровья и благосостояния штата Айдахо, Бюро экологии здоровья и безопасности (IDHW-DOH-BEHS); Центра CDC и Агентства токсичных субстанций и регистрации заболеваний. Агентство ATSDR было создано в 1980 г. законом CERCLA и со временем развилось в национальную программу мониторинга здоровья. В ходе выполнения программы в Серебряной долине агентство ATSDR было главным ведомством, ответственным за уменьшение угроз здоровью населения района Бункер Хил и предотвращение дальнейшего вредного воздействия свинца и иных токсичных веществ на местных жителей (ATSDR 2000). Все действия по медицинским обследованиям и экологическому образованию населения были разработаны и осуществлялись департаментом PDHD по контракту с бюро BEHS (PHD, 1999).

Современем программа LHIP развивалась, хотя основные подходы к управлению проекта остались неизменными; при необходимости отдельные компоненты программы и действия модифицировались. В любом случае программа осуществлялась как услуга населению, а не как научное исследование (PHD, 1999).

Выполнение программы LHIP

Программа выполняется как комплекс услуг населению, для того чтобы помочь снизить риск отравления свинцом, информировать общественность об источниках экспозиции свинца и бороться с путями проникновения свинца в организм человека. Изначально программа была создана как временная и краткосрочная мера, в то время как другие долгосрочные решения находились на стадии разработки. Все элементы программы были созданы из расчета, чтобы риск для здоровья людей в Серебряной долине не превышал стандартов, установленных Центром CDC (1985, 1991). Поскольку дети наиболее уязвимы к воздействию свинца, то большинство составляющих программы было ориентировано на детей и беременных женщин (PHD, 1999; TG, 2000).

Ежегодно с июля по август проводится опросное исследование всего района Бункер Хил. Для этого нанимаются и специально обучаются местные жители. Эти люди посещают каждую семью в районе и выявляют дома, где проживают дети в возрасте 9 лет и младше или беременные женщины, и собирают базовую информацию. Затем

проводится собеседование с родителями с целью привлечь детей для тестирования содержания свинца в крови. С 1988 года, при наличии в доме пылесоса, из его накопителя берутся пробы содержания свинца в пыли жилых помещений. Также проводились специальные исследования пыли жилых помещений в 1974, 1975 и 1983 годах. Начиная с 1996 г., проводятся исследования с помощью специальных пылевых матов (PHD, 1999; TG, 2000).

В 1988 г. протокол сбора базовой информации и тестирования был изменен. Вместо отбора капиллярной крови стали брать венозную кровь, а если обнаруживалось, что содержание свинца в крови превышает 25 мкг/дл, то проводилось дополнительное исследование на предмет выявления факторов, влияющих на поступление в организм свинца. В 1991 г. этот критерий был снижен до 20 мкг/дл в преддверии пересмотра Центром CDC стандартов по свинцу, которое произошло в октябре 1991 г. (CDC, 1991). В 1992 г. дополнительная работа велась со всеми детьми, у которых содержание свинца в крови превышало 15 мкг/дл. В 1993 г. этот критерий был снижен до 10 мкг/дл. Дополнительная работа с семьями, где у детей обнаружено повышенное содержание свинца в крови, проводится следующим образом. Специалист по влиянию экологических факторов на здоровья из Департамента здоровья округа Панхэндрл и медсестра проводят специальное собеседование с родителями, обеспечивая устную и письменную информацию о том, как идентифицировать источники поступления свинца в организм ребенка и как снизить риск свинцового отравления. Заполняется специальный опросник, где уточняются общие данные о семье, поведении и распорядке дня детей, содержании дома и т. д. Семья также обеспечивается информационными материалами, консультируется по вопросам питания и обеспечивается поливитаминными и железосодержащими препаратами. Родителям предлагается провести через три-четыре месяца следующее тестирование ребенка на содержание свинца в крови, обратиться к участковому педиатру и дать возможность ребенку поучаствовать в летних скрининг-программах (PHD, 1999; ATSDR, 2000).

Услуги помощи оказываются специалистом по экологии и здоровью и медсестрой. Все жители, врачи, учителя и дети района обеспечиваются помощью и информацией. Департаментом здоровья района совместно с другими участниками проекта Бункер Хил разрабатывается специальный план оценки эффективности

проводимых просветительских и образовательных мероприятий (PHD 1999, TG 2000).

Программа также предусматривает помощь беременным женщинам. Всем женщинам во время беременности, а также после родов предлагается пройти тест на содержание свинца в крови. Обеспечиваются информационная поддержка, консультации о правильном питании и способах снижения поступления свинца в организм. Информация также дается людям, планирующим создать семью. Это особенно важно для молодых людей, проживающих на территории во время работы завода по переплавке свинца (1973-1981). Публикуется множество сборников информации, брошюр, цветных буклетов и видеопродукции, повествующих о свинце и его отношении к здоровью детей и женщинам во время беременности (PHD, 1999).

Каждый год сотрудник медицинского центра посещает школы района. Для детей младших классов исполняется специальное образовательное кукольное шоу. Делается презентация для студентов по распознаванию и предотвращению путей попадания свинца в организм. Эта программа проводится в мае, так что детям перед летними каникулами, когда они подвергаются наибольшему риску, напоминают об опасности загрязненной свинцом почвы и пыли. Начиная с 1995 года, школьная программа включает в себя компоненты с первого по двенадцатый класс и проводится во всех частных и государственных школах района (PHD, 1999).

В школьной программе используются различные методы. Например, большой игрушечный домик с куклами помогает объяснить детям, как свинец попадает в дом. Светящиеся точки на темном фоне иллюстрируют визуально, как свинец может попадать с вещей в организм. Даются рекомендации о правильном и тщательном мытье рук и важности соблюдения правил личной гигиены. Была разработана особая образовательная игра под названием «Интересный свинец» (Lead Rummy). В этой игре используется похожая на обычную колода карт четырех мастей (уроки, эффекты, действия, вред – вместо традиционных карточных). Эти материалы были созданы с тем, чтобы помочь преподавателям оценивать прогресс обучения детей и степень понимания, а также способствовать развитию дискуссий среди участников (PHD, 1999).

В прошлом работа в школах включала в себя программу по созданию плакатов на уроках рисования. Эти плакаты затем использовались для создания цветного издания для раздачи во

время презентаций в школах и детям во время тестирования уровня содержания свинца в крови летом. Была оказана помощь средней школе г. Келлогг в создании образовательной школьной программы «Суперфонд – суперзнание». Департаментом здоровья использовались самые различные материалы в школьных презентациях – сборники, брошюры и буклеты. Аналогичная информация выдавалась на руки во время летней проверки уровня свинца в крови (PHD, 1999; ATSDR, 2000).

Начиная с 1985 г., проводились действия по оказанию помощи врачам-терапевтам района по вопросам, связанным с воздействием свинца на здоровье. Была создана специальная программа для работы с врачами. Издавались специальные пособия, проводились лекции по свинцу и другим тяжелым металлам. По заявлению врачей проводились дополнительные тестирования крови пациентов на содержание свинца и брались пробы среды в и возле места проживания пациентов с повышенным содержанием свинца в крови (PHD, 1999; ATSDR, 2000).

Программа LHIP была начата в 1984 г. на принципах добровольного участия в тестировании концентрации свинца в крови в стационаре, и основной проблемой было нежелание большинства жителей в этом участвовать. С начала 1985 г. и по настоящее время был принят более агрессивный метод обходов домов. С тем чтобы стимулировать участие жителей в программе с 1988 г., каждому протестированному выплачивалось \$20. В настоящее время представитель департамента здравоохранения связывается с каждым домом в районе. Участвующие в программе семьи проходят специальный опрос, и им назначается тестирование крови в местной поликлинике. В случае, если во время обхода никого не застали дома, его обитателям делается не менее двух телефонных звонков, а если и в этом случае никого не удастся застать, то оставляется письменное уведомление с описанием проводимого исследования и контактной информацией департамента здравоохранения в районе. Во время обходов опрашиваются соседи граждан, которых не застали дома на предмет, проживают ли там дети. Информация от соседей используется в оценке, какое количество родителей отказались от тестирования своих детей, находящихся под угрозой отравления свинцом (PHD, 1999; ATSDR, 2000; TG, 2000).

Особое внимание уделяется новым семьям, поселяющимся в районе. Каждому приезжающему на постоянное место жительства предоставляется «Информационный пакет нового жителя», в котором содержится необходимая информация о Суперфонде и оказываемых услугах населению. Им рекомендуется участвовать в ежегодных

тестированиях крови, а также получать бесплатные консультации, пылесосы, информацию о результатах анализа проб среды. Информация распространяется властями, дилерами недвижимости, в школах, больницах и других местах (PHD, 1999).

Вдобавок к существующим программам, проводимым департаментом здравоохранения, ведется работа с различными общественными организациями и заинтересованными лицами по обеспечению информацией и вовлечению к сотрудничеству. С 1985 г. существует особая общественная группа «Bunker Hill Superfund Task Force», которая к настоящему времени провела свыше 70 общественных собраний. Task Force является признанным объединением граждан, которое служит для обеспечения жителей информацией о проекте Суперфонда, его общественного обсуждения и участия. Собрания организации проводятся ежемесячно в вечернее время и доступны для посещения каждому желающему. На заседания приглашаются с лекциями и выступлениями представители властей штата и Агентства по охране окружающей среды, освещаются ежегодные достижения программы LHIP, и каждый год в октябре организации предоставляются результаты летнего обследования жителей на содержание свинца в крови. В 1994 г. была сформирована «Citizen' s Advisory Group» (CAG), состоящая из местных добровольцев для помощи департаменту здравоохранения в поддержке и улучшению программы LHIP. В соответствии с рекомендациями CAG были созданы видеоматериалы «Делать правильные решения» («Making The Right Choices») и «Свинец прочь» («Lead Away»).

Достижения

Проект Суперфонда в Бункер Хиле являлся, несомненно, успешным. За период с 1988 по 1999 г. общая концентрация свинца в почвах частных дворов была многократно снижена в поселках района до уровней, не превышающих в среднем 1000 мг/кг., что привело к снижению риска отравления свинцом в районе на 80% (TG, 2000). Поскольку почвы в районе были очищены и была проведена эффективная медицинская программа, риск свинца для здоровья населения района был значительно снижен. В табл. 9 показано стабильное снижение от года к году уровня свинца в крови детей, проживавших на территории района Бункер Хил. Таким образом, была достигнута главная задача ремедиации.

На рис. 9 наглядно демонстрируются успехи Программы по очистке почв жилых зон. С 1988 г. общая концентрация свинца в почвах

частных дворов и экспозиция детей была значительно понижена во всех населенных пунктах района (TG, 2000; USEPA, 2001).

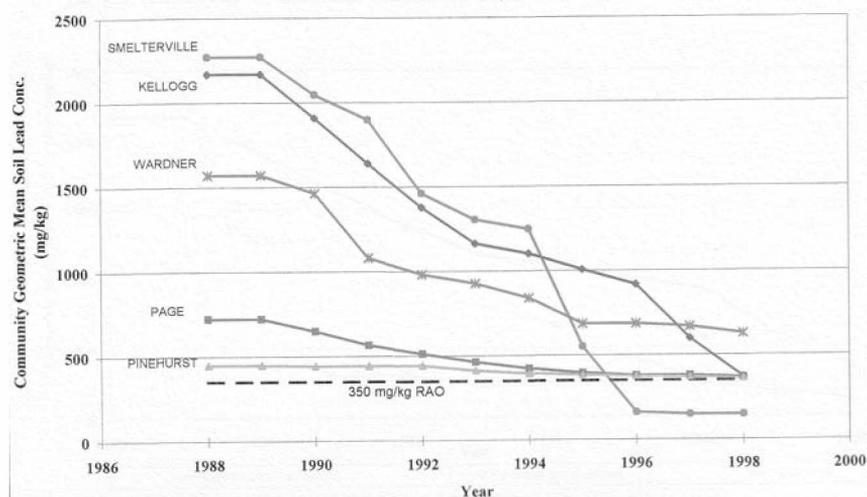


Рис. 9. Геометрическое среднее концентраций свинца в почвах поселков района и прогресс в достижении желаемого уровня ремедиации, 1988-1998 гг. (TG, 2000)

Таблица 9

Среднее значение концентрации свинца в крови детей
Смелтервилля, тестированных в 1974-1998 гг. (PHD, 1999)

год (19xx)	'74	'75	'76	'77	'78	'79	'80	'81	'82	'83
количество тестируемых детей	201	107	24	34	31	27	94	74	67	43
содержание свинца в крови (мкг/дл)	65	47	40	38	41	48	31	29	23	21
год (19xx)	'89	'90	'91	'92	'93	'94	'95	'96	'97	'98
количество тестируемых детей	39	29	49	55	66	48	40	51	33	43
содержание свинца в крови (мкг/дл)	14	10	7	8	7	6	7	6	6	6

Заключение

Территория Бункер Хил является местом одной из самых значительных эпидемий отравления свинцом в мире. При этом с 1890-х годов и до 1970-х годов ситуация не расценивалась властями как критическая и не предпринималось никаких серьезных мер по защите жителей от эффектов промышленного загрязнения. В середине 1970х годов., после пожара было привлечено внимание к

бедственному положению в районе Бункер Хил и была проведена первая оценка воздействия промышленности на здоровье. В 1980-х годах были предприняты серьезные шаги на всех уровнях власти по решению существующей проблемы. Был разработан подробный план по улучшению ситуации и начат проект Суперфонда. В результате действий федеральных, региональных и местных властей в течение последнего десятилетия был достигнут очень значительный прогресс. Почвы в населенных пунктах были очищены до допустимого уровня, а населению была оказана необходимая медицинская помощь в предотвращении и лечении отравления свинцом. В результате этого содержание свинца в крови местных жителей снизилось.

История района Бункер Хил может быть разделена на три фазы. Сначала потребовались годы, чтобы власти признали существование серьезной проблемы. В 1974 г. было проведено медицинское обследование, выявившее эпидемию отравления свинцом в Серебряной долине. Только десять лет спустя, после принятия закона CERCLA, район Бункер Хил был включен в список национальных приоритетов. Затем, после признания существования и масштаба проблемы, были предприняты шаги по снижению негативного воздействия промышленного загрязнения на здоровье населения и было начато планирование мер по очистке территории. Меры по оказанию медицинской помощи, созданию постоянного медицинского мониторинга и программы LHIP оказали очень существенное действие для снижения риска отравления свинцом в районе. В итоге, после проведения властями штата и Агентством по охране окружающей среды США широкомасштабной операции по очистке почв района местное население было избавлено от критического загрязнения среды и связанной с ним опасностью для здоровья.

Два района по разные стороны Тихого океана имеют много общего в отношении проблем загрязнения среды и здоровья. В то же время, когда ситуация в пос. Рудная Пристань остается критической и нерешенной, район Бункер Хил является примером того, как вовремя предпринятые меры помогли уменьшить и избавиться от проблем отравления свинцом. При ближайшем рассмотрении ситуаций в России и США можно обнаружить различия, не исключающие, однако, возможности применения американского опыта на российской почве. Контроль за пылью, лесовосстановление и озеленение, биологический мониторинг свинца в крови, наблюдение за состоянием здоровья детей, экологическое образование детей и взрослых являются примерами

того, что при соответствующем планировании они также могут быть сделаны в пос. Рудная Пристань.

В пос. Рудная Пристань мы наблюдаем сегодня то, что было в Серебряной долине почти полвека назад. Приморский поселок находится еще только в начале того пути, что уже пройден в штате Айдахо. Сейчас к проблемам жителей пос. Рудная Пристань еще не привлечено внимание властей и не существует никакой программы медицинской помощи населению или очистки территории поселка от свинца. Вместе с тем существует уникальная возможность использовать ценный зарубежный опыт, которой нельзя пренебречь. Многие подходы и методы, примененные в Серебряной долине, могут быть после соответствующей адаптации использованы в пос. Рудная Пристань и других подобных районах России.

ГЛАВА 3. ИССЛЕДОВАНИЕ ОЦЕНКИ РИСКА ОТРАВЛЕНИЯ СВИНЦОМ ДЕТСКОГО НАСЕЛЕНИЯ ПОС. РУДНАЯ ПРИСТАНЬ 1996-2005 ГГ.

В мире для характеристики районов, сходных по экологической ситуации с пос. Рудная Пристань, обычно проводится оценка риска отравления свинцом для определения основных факторов риска и поиска путей улучшения ситуации. В идеальном случае, следовало бы провести полномасштабное медицинское обследование детей в Рудной Пристани и начать постоянный мониторинг изменения концентрации свинца в крови. Однако, такое обследование и программа мониторинга не представлялись возможными на момент начала исследования в 1997 г., и вплоть до июня 2005 г. отсутствовали любые данные о содержании свинца в крови детей или взрослых поселка. Поэтому в рамках настоящего исследования проводится оценка риска отравления свинцом детского населения пос. Рудная Пристань путем получения данных по содержанию свинца в окружающей среде, использования этой информации о загрязнении среды в качестве входных данных для Интегрированной биокинетической модели (Integrated Exposure Uptake Biokinetic (IEUBK) Model) для получения прогнозных оценок риска отравления свинцом и тестирования детей поселка на содержание свинца в крови.

Данные о загрязнении среды, собранные группой под руководством профессора Маргрит фон Браун (2002) во время исследований и сбора проб в Рудной Пристани в 1996-97 гг., а также данные отечественных ученых, полученные как до середины 1990-х гг., так и в начале 2000-х гг., были использованы для проведения оценки риска воздействия свинца с использованием модели IEUBK и методов географических информационных систем (ГИС). Выбранные методы позволили выявить зоны повышенного риска отравления свинцом в пос. Рудная Пристань и показать значение каждого влияющего фактора. Помимо модельных оценок среди детей в поселке был проведен отбор проб крови на содержание свинца.

Материалы исследования

Всего в исследуемом районе при обследовании в 1996-1997 гг. было отобрано 38 проб (von Braun et al., 2002). При отборе проб использовалась стандартная процедура пробоподготовки и анализа для загрязненной свинцом почвы, утвержденная Агентством по охране природной среды (USEPA 1984, 1986b, 1987). Четыре пробы были отобраны в 1996 г., а остальные в 1997 г. (von Braun et al., 2002).

Пробы почвы были затем транспортированы из России в США и дважды подвергнуты лабораторному анализу на содержание тяжелых металлов. При первом анализе почва была просеяна через сито с ячейкой 80 и исследована по методу USEPA 3051 и 7420 на содержание свинца в частной лаборатории в США (von Braun et al., 2002). Впоследствии 21 проба была также проанализирована на содержание меди, цинка, мышьяка, кадмия, железа и свинца без просеивания методом рентгеновского излучения профессором Джоном Дрекслером в университете Колорадо, в г. Боулдер, штат Колорадо, США. Одиннадцать из этих проб были также протестированы в лаборатории университета Колорадо на биологическую доступность (Drexler, 1999). Данные о содержании свинца в почве, а также о величинах относительной биологической доступности (согласно методам профессора Дрекслера, 1997, 1998) приводятся в табл. 10 по величинам.

Из 38 мест отбора проб почвы в Рудной Пристани только 31 было выбрано для IEUBK-ГИС анализа. Семь точек не были использованы, поскольку они представляли пробы, взятые вблизи железной дороги, или пробы просыпанного концентрата свинца и, таким образом, не соответствовали предположениям модели IEUBK (почвы огорода, двора, улицы). В основе проводимого анализа лежало предположение о загрязнении почвы свинцом через выпадение свинецсодержащих частиц от выбросов завода из воздуха. Таким образом, точка «9» характеризуется наибольшей концентрацией свинца в почве исследуемого района (6200 мг/кг) из всех имеющихся данных, использовавшихся в анализе.

Кроме первичного анализа, основанного на данных 1996-1997 гг. о валовом содержании свинца в почве, проводился анализ риска отравления свинцом, основанный на данных, полученных в ходе настоящего исследования в 2003-2004 гг. Последние результаты включают информацию о содержании кислоторастворимой фракции свинца в почве и о концентрации свинца в основном местном сельскохозяйственном продукте – картофеле. Всего было отобрано и проанализировано 50 проб почв и 30 проб картофеля. Расположение точек отбора проб точно фиксировалось при помощи прибора глобального позиционирования (GPS), что облегчило дальнейшее картирование и анализ методами ГИС. Количество и характер расположения точек отбора проб соответствовал местам выращивания местными жителями сельскохозяйственной продукции .

При исследовании подвижной кислоторастворимой фракции свинца в почвах пос. Рудная Пристань в 2003-2004 гг. проба почвы

массой 5 г помещалась в колбу объемом 100 мл. К ней добавлялось 50 мл 1 н HNO₃, содержимое колбы перемешивалось и настаивалось в течение суток. Вытяжка фильтровалась через складчатый фильтр, и фильтрат анализировался на атомно-абсорбционном спектрофотометре (Методические рекомендации..., 1981). Минерализация проб картофеля для атомно-абсорбционного анализа осуществлялась конц. HNO₃. Определение проводилось к.б.н. Л.Т. Ковековой и М.В. Блохиным на атомно-абсорбционном пламенно-эмиссионном спектрофотометре «Shimadzu» AA-6601F в лаборатории ДВГУ. Часть проб с небольшой концентрацией свинца также анализировалась к.б.н. Л.Т. Ковековой в графитовой кювете на спектрофотометре «Shimadzu» AA- 6800 в лаборатории ТИНРО-центр.

В качестве дополнительной информации для исследования привлекались данные, предоставленные Центром санитарно-эпидемиологического надзора по Приморскому краю (2001). Этот массив данных содержал информацию о концентрациях свинца в почве (кислоторастворимая фракция) и овощах.

В мае-июне Дальневосточным государственным университетом, Владивостокским медицинским университетом и Центром санитарно-эпидемиологического надзора по Приморскому краю проводилось совместное исследование содержания свинца в крови детей в долине реки Рудная. Отбор и анализ проб крови проводился персоналом Дальнегорской больницы под руководством врача Г. М. Лачиловой. Пробы анализировались на приборе ESA «Leadcare» предоставленном Владивостокским медицинским университетом.

Таблица 10

Содержание свинца в почвах пос. Рудная Пристань

№	Описание мест отбора проб	Тип ¹	Pb, TG мг/кг ²	Pb, Дрекслер мг/кг ³	Био- доступность ⁴
•1	Футбольное поле	play	1350		
•2	Школа	play	430		
•3	Детский сад	play	270		
•4	Песочница детского сада	play	160		
•7	Проба пыли из пылесоса	ind	1190		

№	Описание мест отбора проб	Тип ¹	Pb, TG мг/кг ²	Pb, Дрекслер мг/кг ³	Био- доступность ⁴
1	Речной песок	RB	464	374	91
*2	Ж/д возле школы	RR	88000	80513	
3	Огород, ул. Песчаная, 9	G	806	457	
4	Двор, ул. Песчаная, 9	Y	1620	1215, 1187	
*6	Ж/д шпалы возле завода	RR	135000	269419	74
*7	Просыпанный концентрат	RR	95000	281926	
8	Пляж возле порта	B	610	348	
9	Песок, пляж возле порта	B	6200	1344	
*10	Склад	RD	65900	71365	
*11	Автобусная остановка	RD	22900	8675	
12	Огород, ул. Озерная, 22	G	4310	3235	64
13	Боковая улица	RD	2670	1544	
14	Огород, ул. Озерная, 21	G	2470	1949, 1875	
15	Аллея, ул. Озерная, 21	RD	3980	1971	
40	Дорожная пыль ул. Милая	RD	2020	648	66
41	Огород, ул. Милая, 3	G	4000	1959	
42	Огород, ул. Милая, 2	RD	5000	2762, 3335	72
43	Огород, ул. Милая, 2	G	1800	1081	
44	Пыль, двор, ул. Милая, 3	Y	4610	1356, 1335	
45	Дорожная пыль по ж/д	RD	4940	736	
46	Почва в верх. части поселка	G	1030	922	62
47	Почва склона холма	G	2439		
48	Огород, ул. Верхняя, 6	G	538	353	67
51	Огород, ул. Первомайская, 1	G	476	289	56
52	Двор, ул. Промышленная, 1	G	1340	835,921,974	
52b	Пойма рядом с мостом (1)	RB	654		
53	Пойма рядом с мостом (2)	RB	656	845	57
*54	Ж/д рядом со школой	RR	24400	1362	
*55	Ж/д возле завода	RR	30100		
57	Пойма рядом с заводом	RD	5080		
58	Третья улица от завода	RD	2360		
59	Огород, ул. Милая, 3	G	3620		
60	Огород, ул. Милая, 2	G	2650		

№	Описание мест отбора проб	Тип ¹	Pb, TG мг/кг ²	Pb, Дрекслер мг/кг ³	Био- доступность ⁴
61	Лужайка	У	3050		

* – не использовались в анализе ГИС и основных интерпретациях;

• – данные 1996 г;

1 – play – «места игр», RB – берег реки, RR – ж/д, G – огороды, У – дворы, В – берег моря, RD – улицы;

2 – данные компании TerraGraphics (von Braun et al., 2002);

3 – данные проф. Дрекслера (Drexler, 1999);

4 – величина биодоступности относительно ацетата свинца (Drexler, 1999).

Методы анализа

Модель IEUBK и сценарии анализа «а» и «b»

Биокинетическая модель поступления свинца в организм детей - Integrated Exposure Uptake Bio-Kinetic (IEUBK) - была создана в Соединенных Штатах Америки изначально на основе данных проекта Бункер Хил с целью прогнозирования содержания свинца в крови детей по данным загрязнения среды (TRWL, 1994; USEPA, 1994). Эта компьютерная программа, соединяющая воедино оценки поступления свинца в организм ребенка из воздуха, воды, почвы, пыли, продуктов питания с моделью абсорбции свинца в легких, желудочно-кишечном тракте и биокинетической моделью распределения свинца в организме, дает возможность оценивать наиболее вероятный уровень содержания свинца в крови детей в возрасте от 6 до 84 месяцев (TRWL, 1994; USEPA, 1994). Модель была разработана для оценки здоровья детей, поскольку они больше чем взрослые чувствительны к отравлению свинцом, которое может привести к тяжким последствиям (CDC, 1984, 1991; ATSDR, 1997).

Данные исследования 1996-1997 гг. (31 проба) были использованы как основная информация в модели IEUBK по трем отдельным сценариям. В сценарии «а» использованы значения концентраций свинца в почве, а все остальные параметры модели были сохранены по умолчанию. Результаты такого сценария отражают ситуацию, основываясь на достоверной информации о загрязнении почвы свинцом, но не беря в расчет другие пути проникновения свинца из среды в организм. Иными словами, такой сценарий по своей сути преуменьшает реальные уровни свинца в крови, поскольку свинец проникает в организм не только из почвы.

Второй сценарий – «b» использует в модели не только данные концентрации свинца в почве, но также значения биологической доступности свинца по Дрекслеру (1999) и значения концентрации

свинца в пыли в доме, рассчитанные при помощи Анализа множественных источников (MSA). Анализы MSA в модели IEUBK основываются на предположении, что большая доля свинца в пыли жилых помещений поступает из почвы во дворе и частично из воздуха. Такие оценки содержания свинца в пыли дома были выработаны, исходя из опыта районов, где расположены свинцовоплавильные заводы в США. Возможно, сделанные таким образом оценки для Рудной Пристани менее точны из-за культурно-бытовых различий между населением России и Америки. В сценарии «b» концентрации свинца в пыли жилых помещений определялись по формуле произведения коэффициента 0,7 и значения концентрации свинца в почве (т.е. 70% от содержания свинца в почве возле дома). Предположительно, такой сценарий позволял сделать более точную оценку, чем сценарий «a». С другой стороны, поскольку в распоряжении имелась лишь одна достоверная проба пыли в доме, а большинство других значений были рассчитаны по модели, такой подход снижает общую достоверность результатов анализа, проведенного по данному сценарию. Тем не менее, оценки сценария «b» обладают высокой точностью, поскольку использование модели IEUBK и анализа MSA показало очень хорошие результаты в зоне экологического бедствия Бункер Хил (USEPA, 1994; Spalinger, 2000; TG, 2000) и результаты неоднократно подтверждались данными других исследований (Yankel et al., 1977; Adgate et al., 1995; Mickle, 1998).

Хотя сценарии «a» и «b» обеспечивают хорошие оценки на основании имеющихся данных, по этим сценариям не учитывается все множество факторов, влияющих на уровень свинца в крови, и тем самым дается заведомо не полная оценка ситуации в Рудной Пристани и реального уровня риска. Сценарий «c», описываемый ниже, является попыткой смоделировать реально существующую ситуацию, поскольку он основывается на всей имеющейся в распоряжении информации о загрязнении среды и на применении, где необходимо, экспертных оценок параметров загрязнения среды пос. Рудная Пристань.

Предположения и детали входных данных сценария «С»

Загрязнение воздуха

Первый параметр модели – это содержание свинца в воздухе. Имеющиеся данные исследований, обобщенные в докладе А. Н. Качура (1996) позволяют предположить, что загрязнение воздуха составляет в среднем 7,5-16 мкг/м³ в пределах зоны 5 кв. км вокруг завода. В проведенном нами анализе во избежание переоценки использовалось значение 7,5 мкг/м³. Этой величиной было заменено

использовавшееся по умолчанию в модели IEUBK значение 0,1 мкг/м³, применявшееся в сценариях «а» и «б». Поскольку информация о загрязненности свинцом воздуха помещений, проценте абсорбции тканями легких, частоте вентиляции помещений, а также времени, проводимом детьми на открытом воздухе, отсутствовала, эти значения были оставлены по умолчанию в модели IEUBK.

Диета

В модели IEUBK значение входных данных по содержанию свинца в продуктах питания было установлено в соответствии с предположениями, основанными на знании автором бытовых особенностей питания населения исследуемого района. Основные предположения: диета жителей Рудной Пристанки в летне-осенний период не менее чем на 50%, а в зимне-весенний период – 30% (в среднем 40% в год) состоит из продукции, выращенной на собственных огородах, т. е. в пределах поселка, в зоне 5 кв. км вокруг завода. Из домашних продуктов питания на долю картофеля приходится не менее 75%. Согласно имеющимся данным, другие сельскохозяйственные продукты (корнеплоды и не корнеплоды) содержат сравнимые или более значительные концентрации свинца (Kachur et al., 2003). Поскольку мы не располагали подробными данными о потреблении всех видов сельскохозяйственной продукции, выращиваемой в Рудной Пристанки, данные по картофелю были экстраполированы для отражения влияния этого пути поступления свинца в организм на риск сатурнизма. В этом случае не происходит переоценки поступления свинца в организм. В сценарии «с» использованы данные С. Дудки с соавторами (1996) по линейной корреляции содержания свинца в картофеле и почве.

Поскольку данные о концентрации свинца в картофеле, выращенного на почве, содержащей более 5500 мг/кг свинца отсутствуют, то это значение принято за 0,9 мкг/г. Согласно результатам, приводимым в этом докладе Качура (1996) средняя концентрация свинца в 23 клубнях из пос. Рудная Пристань составляла 1,0 мг/кг сух. массы. Согласно данным Р. А. Макаревич (Качур, 1996), среднее содержание свинца в клубнике в пос. Рудная Пристань составляло 16,5 мг/кг, и эти ягоды используются в пищу свежими летом и в виде варенья в более поздние сезоны. Вышеприведенные данные показывают, что использование значений корреляции по Дудке в сценарии «с» не приводит к переоценке поступления свинца в организм с продуктами питания.

Питьевая вода

Поскольку нет данных, подтверждающих значительное загрязнение питьевой воды, в модели использовалось значение по умолчанию 4 мкг/л. Вместе с тем из доклада А. Н. Качура (1996) известно, что в реке Рудная концентрации свинца могут достигать 30-40 мкг/л, и дети могут проглатывать эту воду во время купания и игр в воде (рис. 10).



Рис. 10. Дети в р. Рудная

Содержание свинца в пыли жилых помещений

Во время исследований, выполнявшихся в 1996-1997 гг. российско-американской группой ученых и студентов, было сделано только одно измерение концентрации свинца в пыли жилых помещений. Проба была взята в пылесборнике пылесоса. Концентрация свинца в ней составила 1190 мг/кг. Проба была отобрана на четвертом этаже панельного дома в той части поселка, где содержание свинца в почве было существенно ниже, чем на улицах, примыкающих к заводу. Количество свинца в почвах вблизи этого дома изменялось от 160 до 1350 мг/кг. Значение 1190 мг/кг было использовано в модели для четырех точек, ближайших к месту отбора этой пробы пыли. Для всех других точек концентрация свинца в пыли моделировалась по анализу множественных источников модели IEUVK с коэффициентом 0,7, умножаемым на концентрацию свинца в почве. К сожалению, данных о других источниках поступления свинца в пыль жилых помещений очень мало, например, о свинецсодержащей краске. Широко

известно, что существует позитивная корреляция между количеством свинецсодержащей краски в жилых помещениях и концентрациях свинца в крови детей (Landrigan et al., 1976; Schilling et al., 1988), хотя Р. Шиллинг с соавторами (1988) показали, что учет свинецсодержащей краски не всегда имеет значимое влияние на оценку риска отравления свинцом.

Существует также еще один важный путь поступления свинца в пыль помещений, хотя в данной модели он не учитывался из-за недостатка данных. Известно, что местные жители находят различное применение (в том числе в качестве дров) брошенным старым шпалам, которые покрыты концентратом свинца (рис. 11). Сложно сделать оценку, как много людей в поселке используют эти шпалы, но их применение может оказывать большое влияние на повышение содержания свинца в пыли жилых помещений.



Рис. 11. Старые железнодорожные шпалы в пос. Рудная Пристань

Концентрации свинца в почве

Загрязненная почва считается одним из главных источников поступления свинца в организм детей (Roberts et al., 1974; Yankel et al., 1977; ATSDR, 1988; Schilling et al., 1988; Davis et al., 1993; TG, 1999; Spalinger, 2000). Для проводимого нами анализа необходимо было подсчитать для каждой точки отбора проб среднюю концентрацию свинца в почве, с которой встречается ребенок в течение дня. Предполагается, что почвы двора, огорода и улицы имеют наибольшее влияние на риск отравления детей свинцом, поскольку дети проводят

62

ок. 75% своего времени возле своего дома. Из прямых наблюдений в районе было заключено, что ребенок проводит примерно 15% своего времени на территории детского сада/школы, 5% на берегу реки и 5% на морском пляже (табл. 14). Предполагалось также, что в районе, близком к железной дороге, ребенок проводит 5% своего времени вблизи железной дороги, где концентрации свинца очень высока (рис. 12).

На основе изложенных предположений была составлена формула подсчета так называемой «концентрации²», содержания свинца в почве, с которой встречается ребенок:

концентрация² = $(x \cdot 75 + 398 \cdot 15 + 590 \cdot 5 + 1344 \cdot 5) / 100$ – для большей части поселка

концентрация² = $(x \cdot 70 + 398 \cdot 15 + 590 \cdot 5 + 1344 \cdot 5 + 65922 \cdot 5) / 100$ – для детей, проживающих вблизи железной дороги, где «x» обозначает концентрацию Pb в почве по результатам анализа проб (табл. 11).

Таблица 11

Геометрическое среднее концентраций свинца по зонам (мг/кг)

Детский сад/школа	398
Река	590
Пляж	1344
Железная дорога*	65922

* для точек: 2, 54, 42, 7, 45, 6, 55, 57, 11, 9, 10, 8, 40, 43, 44, 41, 60, 61 (табл. 10)

Предположения и детали входных данных сценария «d»

В этом сценарии в качестве входных данных модели IEUVK использовались результаты наблюдений 2003-2004 гг. по загрязнению свинцом почв и картофеля в пос. Рудная Пристань. В сценарии «d» моделировался современный уровень риска отравления свинцом детей в летне-осенний период, когда все жители поселка употребляют в пищу сельско-хозяйственную продукцию, выращенную в пределах поселка. Основное предположение, заложенное в этот сценарий: не менее 50% процентов диеты жителей составляют продукты питания, концентрация свинца в которых не ниже концентрации свинца в картофеле. Также в этом сценарии концентрация свинца в пыли жилых помещений оценивалась аналогично сценарию «b», и «c», т. е. по методу анализа множественных источников.



Рис. 12. Просыпанный концентрат свинца вдоль железной дороги

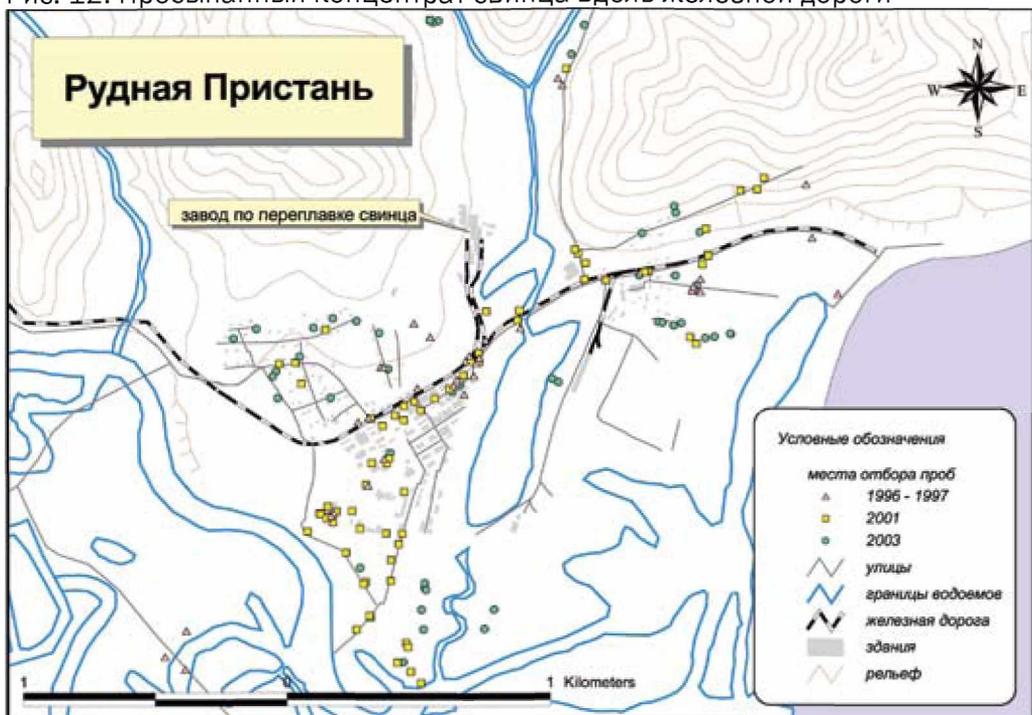


Рис. 13. Карта-схема пос. Рудная Пристань

ГИС Анализ

Анализ по модели IEUVK может дать оценки для некоторых заданных точек в пос. Рудная Пристань. Хотя полученные оценки подходят для того, чтобы показать, где в поселке могут быть проблемы, они не могут обеспечить полной картины и указать, является ли ситуация кризисной в целом или проблемы существуют только в некоторых частях поселка. Исходя из анализов загрязнения почвы

свинцом в нашем поселке и сравнения с историческими данными района Бункер Хилл можно заключить, что жители Рудной Пристани действительно испытывают проблемы со здоровьем, вызванные отравлением свинцом подобно тому, как это было в Серебряной долине в шт. Айдахо. Но поскольку существуют очевидные различия между этими двумя районам, необходимо выполнить тщательный оценочный анализ с привлечением пространственных данных, чтобы на основе зон различного уровня риска наглядно показать, где в поселке проблемы являются наиболее острыми и где требуются срочные ремедиационные и иные мероприятия.

В ходе проведения исследования по имеющимся картам (Атлас, 1989) и отобраным пространственным данным методом «цифрования с экрана» (on-screen digitizing) в ГИС программе ArcView была составлена карта улиц, некоторых зданий, дорог, селитебных зон, водотоков, уровней высот и объектов пос. Рудная Пристань (рис. 13).

При помощи прибора глобального позиционирования были определены расположения точек отбора проб. На приведенной выше карте района исследований (рис. 13) указаны 38 точек, где отбирались пробы в 1996-1997 г. группой под руководством проф. фон Браун (2002) (из них 31 точка была выбрана для проведения анализа GIS-IEUBK); 60 точек отбора проб в ходе исследования органов Санэпиднадзора (2001); а также 50 точек, где пробы отбирались группой ДВГУ под руководством автора.

После выполнения анализа по модели IEUBK для каждой точки (по четырем сценариям), полученные данные были занесены в таблицу атрибутов пространственных данных в файле GIS формата шейпфайл «shapefile» (ESRI, 1998). Затем предсказанные моделью IEUBK концентрации свинца в крови были подвергнуты операции пространственной интерполяции ГИС для создания пространственного слоя зон, предсказанного моделью риска отравления свинцом в пос. Рудная Пристань.

Пространственная интерполяция является набором математических и статистических методов для создания (интерполяции) поверхности по точкам. В данном случае анализ пространственной интерполяции был проведен с использованием двух различных методов и двух разных программ ГИС.

Первый метод назывался «ординарный кригинг» (ordinary kriging), анализ по этому методу проводился в программе ESRI ArcGIS. При кригинге присваивается вес точкам пространства, расположенным

вокруг точек с известными значениями исследуемого параметра, для предсказания значений в неизвестной области. Наибольшим влиянием на каждую точку интерполируемой поверхности обладают более близкие к ней точки. Однако вес в кригинге является более сложной структурой, чем, например, в также применявшемся в настоящем исследовании методе обращенных дистанций (IDW), где используется простой алгоритм. При кригинге вес точек анализа определяется согласно семивариограммы, которая создается, исходя из характера пространственной структуры данных и соизменяемости значений исследуемого параметра точек анализируемого геоинформационного слоя. Результатом является создание прогнозной поверхности или карты исследуемого явления, в соответствии с семивариограммой и пространственным расположением точек в исходном слое. Методы кригинга основываются на гипотезе автокорреляции, согласно которой точки, расположенные ближе друг к другу, более сходны между собой, чем более дальние. Степень убывания корреляции в этом случае является функцией расстояния. Это одна из основных принимаемых гипотез в геостатистике. В классической статистике наблюдения считаются независимыми друг от друга и, соответственно, отсутствует корреляция. В геостатистике информация по пространственным локациям позволяет вычислять расстояния между точками наблюдений и моделировать автокорреляцию (Статистические инструменты..., 2001).

Каждый набор значений, подсчитанный по сценариям «а», «b», «с» и «d» был использован для вычисления поверхностей, показывающих вероятные значения свинца в крови детей пос. Рудная Пристань.

Кроме операции кригинга в программе ArcGIS, пространственно-интерполяционный анализ был выполнен в программе ArcView 3.3 с использованием метода обращенных дистанций (Inverse Distance Weighted – IDW). Эта интерполяция была выполнена только для того, чтобы проверить, выдадут ли другой метод и другая программа сходный результат. В дополнение к анализу данных по содержанию свинца в крови была также проведена пространственная интерполяция по загрязнению почвы свинцом по данным 1996-1997 и 2003-2204 годов для получения приблизительной картины загрязнения района.

Загрязнение почв

Известно, что пространственная интерполяция может дать только приблизительную оценку, особенно в случае, подобном территории пос. Рудная Пристань, где мы располагали ограниченным набором проб, и они не отбирались с учетом только последующей пространственной

66

интерполяции. Тем не менее, масштаб и зоны различного уровня загрязнения с некоторой долей достоверности могут быть показаны. Ниже приводится полученная карта загрязнения почв (рис. 14).



Рис. 14. Пространственная интерполяция загрязнения почв методом кригинга, по данным валового содержания свинца, 1996-1997 гг.



Рис. 15. Пространственная интерполяция загрязнения почв свинцом

методом кригинга, по данным содержания кислоторастворимой фракции 2003-2004 гг.

Полученный вариант распределения загрязнения визуально подтверждает предположения о загрязнении свинцом почв через выпадение содержащих свинец пылевых частиц, выбрасываемых в атмосферу заводом. Зона наибольшего загрязнения располагается непосредственно рядом с заводом (4000-5000 мг/кг), более низкие концентрации характерны для почвы вдали от завода (до 500 мг/кг и ниже). Также подтверждено, что рельеф местности имеет некоторое влияние на распространение загрязнения через регуляцию характера распределения воздушных масс. Недостаточность выборки сказалась в виде очевидных, хотя и не значимых для настоящего исследования ошибок в результатах интерполяции. Большая территория на северной возвышенности охарактеризована концентрациями свинца в 2500 мг/кг, что, скорее всего, неправильно, поскольку самая северная точка отбора проб (51) имеет концентрацию 383 мг/кг, а ближайшая к ней (52) - 1018 мг/кг. Поскольку концентрация снижается с увеличением расстояния от завода, территория к северу и востоку от этих точек, вероятно, имеет показатели загрязнения ниже 1500 мг/кг, и отбор дополнительных проб может проверить это предположение.

Уровни загрязнения до 3000 мг/кг к северу от завода (на другом склоне от точек 51 и 52) и к востоку от завода (в сторону порта) выглядят корректно предсказанными интерполированной поверхностью. Этот прогноз подтверждается данными многих проб и прямыми наблюдениями влияния загрязненного воздуха на растительные сообщества (Качур, 1996; Wilson, 1999; Sharov, 2002). Это та территория, где постоянно живут люди и испытывают наибольший риск отравления свинцом.

Проба "8", отобранная на морском пляже, содержала 479 мг/кг, показывая наличие некоторого загрязнения, хотя и меньшего, чем во многих пробах поблизости. Такая относительно низкая концентрация свинца может быть объяснена большой удаленностью от завода (ок. 2 км) и тем, что на пляже свинец может быть частично смыт во время штормов и высоких приливов. Концентрация ближайшей к этой точке пробы (9) составила 3773 мг/кг, что согласуется с данными для других проб к востоку от завода и поддерживает валидность результатов интерполяции. Концентрация свинца в точке "9" гораздо выше близкой к ней точке "8", что, возможно, объясняется меньшим воздействием моря. Высокий уровень загрязнения, предсказанный анализом (рис. 14), к югу и юго-западу на расстоянии более 1,5 км от завода может быть

неточным, поскольку в этом районе протекает река и располагается ее пойма. Есть большая вероятность, что в той области загрязнение смывается рекой и выносится в море. Местность к северо-западу от завода оценивается как очень загрязненная, вплоть до 3000 мг/кг. Эти оценки интерполированной поверхности строго соответствуют общему тренду значений содержания Pb в пробах. Количество свинца в почве в целом уменьшается с расстоянием от источника загрязнения. Специфичность рельефа также, вероятно, влияет на распределение воздушных масс, несущих загрязнение, так что оно больше выносится на северо-запад и восток, чем на запад и юго-запад.

Сходная картина, отличающаяся меньшими значениями, наблюдается на карте, где интерполировались данные концентраций подвижной фракции свинца в почве 2003-2004 гг. (Рис.15) При проведении кригинга во избежание искажения общего результата не использовались данные двух проб, отобранных вблизи железной дороги, содержание свинца в которых составляло 2543 и 3333 мг/кг.

Загрязнение сельскохозяйственной продукции

В ходе исследования в пос. Рудная Пристань одновременно отбирались пробы клубней картофеля и почвы, в которой росло растение, поэтому пробам почвы и картофеля из одного места присваивался один номер. Результаты анализа представлены в табл. 12. Содержание свинца в почве (кислоторастворимая фракция) варьировало от 233 до 1242 мг/кг, в клубнях картофеля – от 0,08 до 23,93 мкг/г сух. массы.

Концентрация свинца в клубнях картофеля тем выше, чем выше содержание свинца в почве. Минимальному значению концентрации Pb в почве – 233 мг/кг соответствует минимальная концентрация Pb в клубнях картофеля – 0,08 мкг/г (проба №1), а клубни с аномально высокой относительно других проб концентрацией Pb – 23,93 мкг/г взяты из почвы с максимальным среди отобранных проб значением концентрации Pb – 1242 мг/кг (проба №29). Согласно данным предшествующих исследований, валовая концентрация свинца в почве в точке отбора пробы №1 составляет 1200-1800 мг/кг, а в точке отбора пробы №29 3500-5000 мг/кг (Sharov, 2002). По гипотезе исследования, основанной на различных литературных данных (Zimdahl et al., 1977; Dudka et al., 1996; Queirolo et al., 2000; Oliver, Naidu, 2003; Hough et al., 2004), Pb из загрязненной почвы усваивается сельскохозяйственными растениями, и можно ожидать увеличения содержания свинца в картофеле с увеличением количества Pb в почве.

Коэффициент корреляции между содержанием кислоторастворимой фракции Pb в почве и в клубнях картофеля составил 0,62.

Таблица 12

Содержание свинца в клубнях картофеля
и почвах пос. Рудная Пристань

№ пробы	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Почва (мг/кг)	233	374	429	462	878	462	417	421	514	644
Картофель (мкг/г)	0,08	0,69	0,20	0,24	1,23	1,10	1,61	1,59	2,28	2,16
№ пробы	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Почва (мг/кг)	493	401	415	754	427	256	174	262	276	740
Картофель (мкг/г)	2,61	2,25	2,78	0,30	0,47	0,55	0,15	0,19	0,99	2,36
№ пробы	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Почва (мг/кг)	840	738	707	550	522	937	742	544	1242	386
Картофель (мкг/г)	2,68	1,40	1,45	1,23	1,6	1,48	1,39	1,87	23,93	3,03

Анализ тех же проб почвы и картофеля проводился также и на другие тяжелые металлы – табл. 13. В абсолютном большинстве проб содержание ТМ превышает установленные ПДК (Почва..., 1999; Гигиенические требования..., 2002). Особенно опасна высокая концентрация канцерогенного кадмия в основном продукте питания местного населения. В пробах №7 и №21 концентрация Cd превышала – 1 мкг/г, причем точки отбора этих проб ближе всего расположены к главной трубе свинцовоплавильного завода.

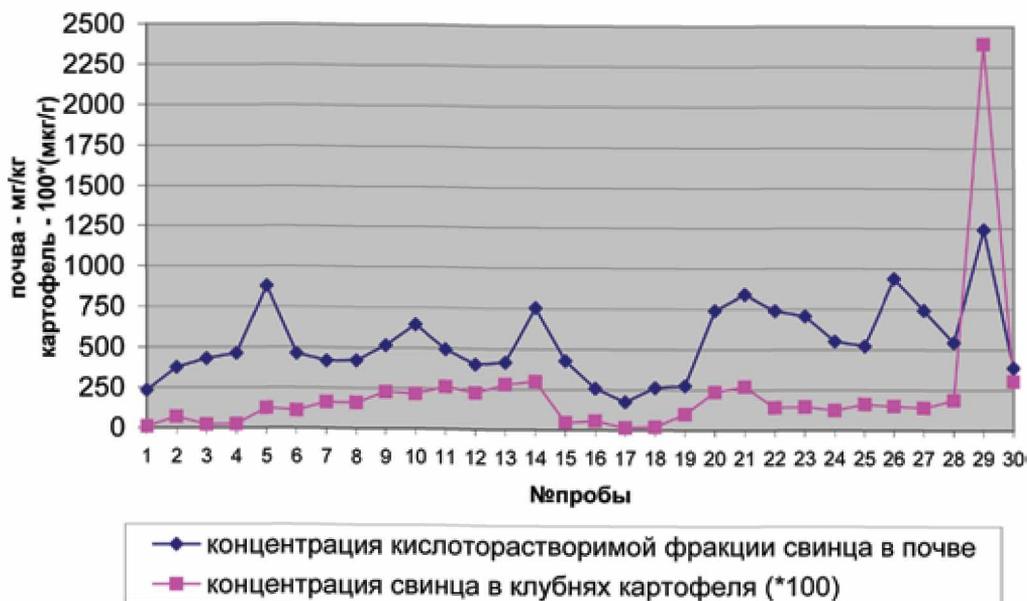


Рис. 16. Содержание свинца в клубнях картофеля и почвах пос. Рудная Пристань



Рис. 17. Пространственная интерполяция загрязнения картофеля методом кригинга, по данным 2003-2004 гг.

Таблица 13

Содержание Cd, Zn, Cu и Pb в картофеле пос. Рудная Пристань

№	место отбора проб	концентрация металлов, мкг/г			
		Cd	Zn	Cu	Pb
1	Падь Поселковая	0,498	18,49	1,70	0,08
2	ул. Первомайская 8	0,215	22,86	1,94	0,69
3	ул. Первомайская 14	<0,2	14,29	2,51	0,20
4	ул. Портовая 5	0,642	34,22	2,64	0,24
5	ул. Озерная 21	0,248	18,18	2,10	1,23
6	ул. Песчаная 9	0,333	16,39	3,36	1,10
7	ул. Песчаная 8	1,033	46,14	4,81	1,61
8	ул. Горная 1	0,243	10,32	1,45	1,59
9	ул. Горная 4	0,298	18,45	3,96	2,28
10	ул. Центральная 16	0,407	23,27	2,18	2,16
11	ул. Луговая 5	0,319	17,70	1,21	2,61
12	ул. Луговая 7	0,326	21,15	3,43	2,25
13	ул. Луговая 7	0,215	10,80	2,16	2,78
14	ул. Центральная 3	0,336	7,39	0,78	3,00
15	ул. Советская 12	<0,2	17,20	0,90	0,47
16	ул. Советская 10	0,297	22,08	1,98	0,55
17	ул. Советская 8	0,317	20,82	2,10	0,15
18	Падь Охобинская	<0,2	17,79	4,36	0,19
19	ул. Советская 8	0,236	10,11	1,14	0,99
20	Огород вблизи завода	0,598	40,78	7,23	2,36
21	Огород вблизи завода	1,274	29,09	4,72	2,68
22	ул. Меркулова 3	0,331	31,47	2,74	1,40
23	ул. Меркулова 7	0,398	32,55	7,94	1,45
24	ул. Меркулова 15	0,778	38,87	9,89	1,23
25	ул. Озерная 18	0,447	14,22	1,94	1,60
26	ул. Линейная 7	<0,2	18,43	1,79	1,58
27	ул. Центральная 26	0,349	45,04	5,34	1,39
28	Огород к юго-востоку от завода	0,333	17,57	1,70	1,87
29	Огород к юго-востоку от завода	<0,2	13,88	3,95	23,93
30	ул. Школьная 14	0,215	16,28	1,12	3,03

Полученные данные показывают, что содержание тяжелых металлов в основное возделываемой и потребляемой сельскохозяйственной культуре представляют опасность для здоровья жителей долины р. Рудная.

Концентрации свинца в крови

Анализ IEUBK

Прогноз концентраций свинца в крови был сделан по модели IEUBK согласно описанным выше условиям четырех сценариев а, b, c и d. Для детей в возрасте от 6 до 84 месяцев результаты выводились моделью в виде графика распределения вероятности. Записывались значения геометрического среднего вероятной концентрации свинца в крови, максимально возможный уровень и прогнозируемый процент детей с концентрацией свинца в крови выше 10 мкг/дл и 8 мкг/дл. В табл. 14 показаны результаты использования модели.

Из 38 точек, где отбирались пробы почв на химический анализ, семь не были включены для дальнейшего анализа ГИС (хотя они тестировались по модели IEUBK, чтобы показать, насколько отличаются их значения от остальных точек). Эти семь проб были отобраны в самых загрязненных местах близ железной дороги, где был просыпан концентрат свинца. Невероятно высокие значения, выданные моделью IEUBK для этих точек, подтвердили, что различия между ними и остальными точками слишком велики для их обобщения в одном наборе данных, и необходим особый подход к анализу сверхзагрязненных областей без использования интерполяции. Кроме того, ни одна из этих семи точек не находилась во дворе жилого дома или на огороде, что является обычным условием для входных данных модели IEUBK.

Результаты, полученные для остальных 31 точек, были вполне ожидаемы и соответствовали своим сценариям. В сценарии «а» геометрическое среднее значение концентрации свинца в крови колебалось в пределах 3,5 - 19 мкг/дл, что свидетельствует о наличии в некоторых частях поселка детей с повышенным содержанием свинца в крови, в то же время в менее загрязненных местах дети подвергаются меньшему риску. Наибольшие концентрации были получены для точек, расположенных ближе к заводу, что и ожидалось. Средняя концентрация свинца в крови 19 мкг/дл способна нанести значительный вред здоровью ребенка (CDC, 1991).

Результаты модели IEUVK для сценариев а, б, и с

№	конц. Pb мг/кг	Сценарий «а»		Сценарий «б»			Сценарий «с»		
		г. ср. мкг/ дл	>10 мкг/ дл %	г. ср. мкг/ дл	макс. мкг/ дл	>10 мкг/ дл %	г. ср. мкг/ дл	макс. мкг/ дл	>10 мкг/ дл %
1	419	4.7	5.0	6.2	22	14.5	11.8	45	61.1
3	631	5.6	10.6	6.9	24	19.8	11.9	45	61.1
4	1417	8.7	36.0	12	45	61.1	16.8	60	83.7
8	479	5.0	6.4	5.7	20	11.3	20.9	80	92.6
9	3772	16.0	81.1	22.7	80	94.3	31.5	110	98.7
12	3773	16.0	81.1	23.2	90	94.3	25.2	90	97.0
13	2107	11.1	55.5	15.7	60	81.1	18.9	70	88.5
14	2098	11.1	55.5	15.7	60	81.1	18.9	70	88.5
15	2976	13.8	72.7	19.6	70	90.7	22.0	80	94.3
40	1334	8.4	34.0	12	45	61.1	24.4	90	95.7
41	2979	13.8	72.7	19.6	70	90.7	28.9	100	97.9
42	3699	15.8	81.1	23.9	90	95.7	32.6	120	99.2
43	1441	8.7	36.0	12.2	45	64.0	24.3	90	95.7
44	2434	12.1	64.0	17.3	60	86.2	27.5	100	97.9
45	2838	13.4	69.8	19	70	88.5	28.0	100	97.9
46	976	7.0	21.0	8.4	30	34.0	13.7	50	72.7
47	2439	12.1	64.0	17.3	60	86.2	21.3	80	92.6
48	446	4.8	5.7	5	18	6.8	11.3	40	58.3
51	383	4.5	4.4	4.5	16	4.4	10.4	40	50.1
52	1018	7.2	22.4	9.5	35	42.7	13.7	50	72.7
52b	654	5.7	11.3	7.1	26	21.0	12.0	45	61.1
53	750	6.1	13.6	7	24	21.0	12.4	45	64.0
57	5080	19.2	90.7	27.2	100	97.9	34.2	120	99.2
58	2360	11.9	61.1	16.9	60	83.7	21.3	80	92.6
59	3620	15.6	81.1	22.2	80	94.3	23.9	90	95.7
60	2650	12.8	66.9	18.2	70	88.5	27.7	100	97.9
61	3050	14.0	72.7	19.9	70	90.7	29.1	100	97.9

г. ср. – геометрическое среднее концентраций свинца в крови в данной точке

*макс. – максимальная концентрация свинца в крови
>10 мкг/дл – процент детей с концентрацией свинца в крови выше
стандарта США 10 мкг/дл*

Интересно, что даже для точки “•4”, где анализ почвы выявил наименьшую концентрацию свинца (160 мг/кг), модель IEUBK показала, что существует вероятность содержания свинца в крови до уровня 13 мкг/дл. Это означает, что повышенное содержание свинца в крови возможно у любого ребенка поселка. Прогнозируемый процент детей с повышенным содержанием свинца в крови варьирует от 1,2% до 90,7%. Эти оценки показывают, что в пределах поселка могут быть большие различия. Агентство по охране окружающей среды США считает уровень 5% неприемлемым и требующим оперативного вмешательства для снижения риска отравления свинцом. В целом по сценарию «а» модель IEUBK предсказывает довольно высокие концентрации свинца в крови, хотя и не показывает ситуацию катастрофичной, за исключением наиболее загрязненных мест.

Сценарий «б» в целом дал результаты сходные со сценарием «а.» Включение в анализ данных биодоступности не оказало значительного влияния, поскольку геометрическое среднее абсолютной биологической доступности проб с места исследования (35,5 %) было близко к значению этого параметра по умолчанию, использовавшегося в сценарии «а» - 30%. С другой стороны, для некоторых точек изменение процента биодоступности существенно изменило результаты. Так, для точек “1” и “42,” где биологическая доступность составляла соответственно 45,5% и 36%, в добавок к учитываемому влиянию значений загрязнения пыли помещений, модель выдала результаты, отличающиеся от сценария «а» по величине геометрического среднего содержания свинца в крови 4,7 — 6,2 мкг/дл и 15,8 — 23,3 мкг/дл, соответственно. Величины содержания Pb в пыли помещений по MSA также повысили прогнозируемую концентрацию свинца в крови, и максимальное значение составило 27,2 мкг/дл для детей, проживающих на территории, ближе всего расположенной к заводу. По сравнению со сценарием «а», сценарий «б» показал, что у всех детей в поселке прогнозируется повышенное содержание свинца в крови. Более того, в некоторых частях поселка выявлена критическая ситуация .

Сценарий «с» является попыткой смоделировать реальную ситуацию в пос. Рудная Пристань. Первым результатом было то, что только в одной точке поселка прогнозируемая концентрация свинца в крови была ниже 10 мкг/дл и составляла 9,2 мкг/дл (точка •4). В

то же время максимальное значение геометрического среднего прогнозируемой концентрации свинца в крови составило 35 мкг/дл. Для точки •4, где концентрация свинца в крови была наименьшей, модель предсказала 40%-ую вероятность повышенного содержания свинца в крови. Максимально возможный уровень был оценен в 120 мкг/дл. Для детей, проживающих возле железной дороги и вблизи завода, геометрическое среднее содержания свинца в крови составило 20 - 34 мкг/дл, что соответствует высокому риску отравления свинцом. Согласно расчетам модели, в большей части поселка вероятность повышенного содержания свинца в крови - 90%. Эти результаты показывают, что экологическая ситуация в пос. Рудная Пристань очень напряженная.

Кригинг

Результаты анализа модели IEUBK использовались в пространственной интерполяции ГИС, чтобы создать пространственное представление ситуации в пос. Рудная Пристань. Метод кригинг был выбран в качестве основного по причине его удобства и адекватности характеру собранных данных. Полученные карты являлись пространственными оценками данных, которыми мы не обладали – концентрациями свинца в крови детей исследуемого района. Для каждого сценария в качестве вводных данных использовались модельные оценочные значения геометрического среднего и максимального содержания свинца в крови.

Сценарий «а»

На рис.18 показана карта пос. Рудная Пристань, полученная методом пространственной интерполяции «ординарный кригинг» при анализе значений геометрического среднего содержания свинца в крови из модели IEUBK по сценарию «а».

Согласно результатам кригинга, высокие значения концентрации свинца в крови детей, проживающих поблизости от завода, а также на восток, запад и северо-запад от завода, уменьшаются с увеличением расстояния от него, что соответствует картине загрязнения почв, показанной на рисунках. Анализ выявил зону высокого риска, длиной примерно в один километр на север от завода, что можно игнорировать, поскольку никто не живет в этой зоне. Контуры вычисленной стандартной ошибки на рис. 18 (и на всех других картах кригинга) показывают, на каких территориях погрешность интерполяции меньше и что можно считать более достоверным. Как и ожидалось, чем ближе к точкам отбора проб, тем более достоверны результаты кригинга.

Результаты кригинга по сценарию «а» в виде поверхности по значениям геометрического среднего показывают, что на большей части поселка содержание свинца в крови детей имеют ниже 10 мкг/дл. Однако вблизи завода риск отравления свинцом возрастает и содержание этого металла в крови поднимается до 18 мкг/дл, что сигнализирует об опасности, необходимости проведения оценки риска и регулярного контроля за концентрацией свинца в крови, чтобы планировать меры по предотвращению отравления.

Данные анализа IEUBK-ГИС показывают, что в любой части поселка существует вероятность содержания свинца в крови детей равного 40 - 65 мкг/дл, что означает значительную степень отравления свинцом (Ливанов и др., 1997). Эти результаты пространственной интерполяции основываются на максимальных значениях, прогнозируемых по сценарию «а» моделью IEUBK. Это означает, что вероятность столь высокой концентрации свинца в крови хотя и минимальна, но существует.

Сценарий «b»

Как показано на рис. 19 результаты сценария «b» имеют сходные тренды в распределении риска отравления свинцом по поселку, как в случае сценария «а», и только отличаются более высокими значениями. Так, на карте значений геометрического среднего зоны повышенного содержания свинца в крови сходны с картой сценария «а», но в среднем показатели на 5 мкг/дл выше. Важность этих результатов состоит в том, что они отражают влияние свинца в пыли помещений. Учет только воздействия загрязнения почвы, как показал анализ сценария «а» модели IEUBK, не показывает действительную опасность отравления свинцом. По сравнению со сценарием «а», сценарий «b» более точно прогнозирует реальную ситуацию, поскольку принимает во внимание больше факторов, таких как пыль помещений и биологическая доступность.

В настоящее время завод не работает и его выбросы не поступают в атмосферу поселка. Поэтому сценарий «b», который не учитывает влияние загрязнения атмосферы и поступления свинца с пищей, является хорошей моделью экспозиции местных жителей в зимне-весенний период, когда уменьшено влияние потребления населением собственной растениеводческой продукции. Последнее обстоятельство обуславливает относительную заниженность оценок сценария «b» для летне-осеннего периода, когда значительную долю в диете местных жителей составляют продукты собственного огорода, а

также повышается значения фактора вторичного загрязнения свинцом атмосферы пылью, поднятой приземными инверсиями.

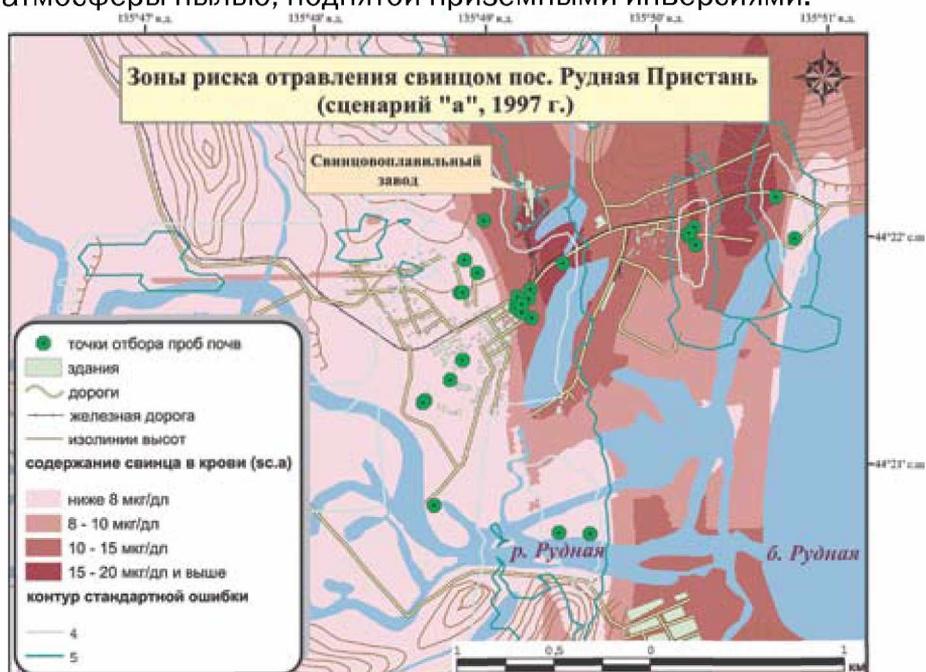


Рис. 18. Карта-схема значений геометрического среднего содержания Pb в крови по сценарию «а», 1997 г. (зоны риска отравления свинцом)



Рис. 19. Карта-схема значений геометрического среднего содержания Pb в крови по сценарию «б», 1997 г.

Сценарий «с»

В целом, главным результатом анализа по сценарию «с» является то, что вся территория пос. Рудная Пристань является в большей или меньшей степени зоной риска отравления свинцом. Только те люди, которые проживают в долине, защищенной холмами от загрязненного воздуха и далее двух километров к северу от завода, находятся в относительной безопасности. Чем ближе к источнику загрязнения, тем больше риск отравления свинцом.

Сценарий «d»

Очень высокий уровень риска выявлен по четвертому сценарию, что, главным образом, обусловлено высоким содержанием свинца в одном из основных продуктов питания местного населения – картофеле. В этом сценарии не учитывался фактор загрязнения воздуха, который в настоящее время по своему влиянию незначителен. Форма зон риска отравления свинцом в сценарии «d» соответствует зонам загрязнения свинцом почв и картофеля. На расстоянии свыше 1 км к югу от завода располагается зона меньшего риска, где прогнозируемые моделью концентрации свинца в крови детей варьируют от 20 до 25 мкг/дл. Вся центральная часть Рудной Пристань, которая расположена в зоне до 1 км от завода, является зоной повышенного риска, где прогнозируемые моделью концентрации свинца в крови изменяются от 25 до 40 мкг/дл и выше. Приведенные результаты отражают ситуацию в поселке, когда местное население употребляет в пищу собственную растениеводческую продукцию, выращенную на загрязненных почвах. Это характерно, прежде всего, для летне-осеннего периода, когда созревает большинство овощей, фруктов и ведется уборка картофеля. В теплый период года дети больше времени проводят на свежем воздухе, зачастую с родителями на огороде или играя на детских площадках и в песочнице. Это повышает уровень влияния загрязнения почвы на риск отравления свинцом. Отсутствие важнейшего фактора риска – загрязнения воздуха – положительно сказывается на здоровье местного населения, но, как показывают результаты сценария «d», пока существуют факторы загрязнения свинцом почвы, пыли жилых помещений и продуктов питания, риск отравления свинцом детей поселка очень высок.



Рис. 20. Карта-схема значений геометрического среднего содержания Pb в крови по сценарию «с», 1997 г.



Рис. 21. Карта-схема значений геометрического среднего содержания Pb в крови по сценарию «d», 2003 г.

Ограничения анализа экспозиции

Ни одна модель не может точно предсказать реальную ситуацию. В случае анализа, проведенного в пос. Рудная Пристань, важную роль имеют следующие ограничения:

- недостаточный доступный объем данных;
- модель IEUBK была разработана в США и там же тестировалась и показала себя очень эффективной, но ее результаты в России могут быть менее надежны из-за разницы в условиях;
- пробы почв отбирались для выявления возможного риска отравления свинцом без учета возможного анализа ГИС и поэтому не дают полностью адекватной картины;
- сценарий «с» в значительной степени основывается на предположениях и данных, которые не являются результатом исследований в этом конкретном районе.

Приведенные ограничения означают, что результаты всех четырех сценариев анализа IEUBK-GIS являются симплифицированными и приблизительно предсказывают существующую ситуацию в пос. Рудная Пристань. Тем не менее, очень важным результатом является то, что, хотя по структуре анализа каждый из сценариев (за исключением сценария «d») являлся а priori недооценкой фактической степени риска отравления свинцом, превышение допустимой концентрации свинца в крови для всего поселка было предсказано всеми сценариями. Основным выводом является то, что потенциально все дети в пос. Рудная Пристань находятся в зоне высокого риска отравления свинцом и наибольший риск приходится на территории вблизи завода.

Реальная ситуация

Ниже приводятся данные отбора проб крови, проведенного в мае-июне 2005 г., показывающие в целом верность прогнозов вышеприведенных сценариев анализа IEUBK-GIS (рис. 22). Всего в поселке Рудная Пристань было протестировано 120 детей. Содержание свинца в крови варьировало от 1,6 до 56,7 мкг/дл. У 84 детей концентрация свинца в крови превышала установленный в РФ допустимый уровень (8 мкг/дл). У 14 детей была выше 20 мкг/дл, что может привести к нейродинамическим нарушениям, нарушениям мочевого обмена и снижению интеллекта (Ливанов и др., 1997). На рис. 22 видно, что меньшие концентрации свинца в крови характерны для южной части поселка, где также ниже содержание свинца в почве и сельскохозяйственной продукции. В зону большего риска попадает

остальная часть поселка, где дома располагаются ближе к плавзаводу и где выявлено более высокое загрязнение. Полученные данные свидетельствуют, что уровень риска отравления свинцом в поселке очень велик, хотя ситуация немного лучше чем в районе Бункер Хил в 1970-х гг. По нашему мнению, остановка производства на заводе и как следствие уменьшение атмосферного загрязнения были причиной снижения риска отравления свинцом. В настоящее время основными факторами риска являются употребление населением собственной растениеводческой продукции и загрязнение почв. Очевидно, на момент отбора и анализа проб крови основным влияющим фактором было лишь загрязнение почв, поскольку новый урожай еще не был убран, а прошлогодние запасы подошли к концу. Вероятно, риск меньше для жителей многоквартирных пятиэтажных домов в центре и на юге поселка, поскольку они меньше полагаются на огородную продукцию для пропитания. Ввиду вышесказанного, ситуация в мае-июне больше всего соответствует сценарию «b», что подтверждается результатами анализов крови.



Рис. 22. Карта реально существующих уровней риска отравления свинцом в пос. Рудная Пристань (май-июнь 2005)

ГЛАВА 4. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО СНИЖЕНИЮ РИСКА ОТРАВЛЕНИЯ СВИНЦОМ ЖИТЕЛЕЙ ПОС. РУДНАЯ ПРИСТАНЬ

Пути поступления свинца в организм человека

На рис. 23 показано, как свинец попадает в организм жителей пос. Рудная Пристань. Во-первых, они дышат загрязненным воздухом, куда свинец попадает с дымом завода и с пылью загрязненной почвы при сильном ветре. Частицы пыли, содержащие свинец, из воздуха попадают в почву и внутрь жилых помещений. Пыль жилых помещений особенно опасна для детей из-за их малого роста и особенностей поведения - они часто играют на полу, перемещаются “на четырех” и берут в рот предметы с пола. По тем же причинам опасно свинцовое загрязнение почвы: дети играют во дворе, на лужайках, в огороде, садятся на землю и траву. Помимо этого жители поселка выращивают на своих огородах, где почва сильно загрязнена, разнообразную плодово-овощную продукцию. Кроме того, пыль оседает на листовых пластинах овощей и зелени, постепенно ассимилируется и, свежееосевшая и плохо смытая с поверхности, поступает в организм человека с овощами, зеленью, ягодами.

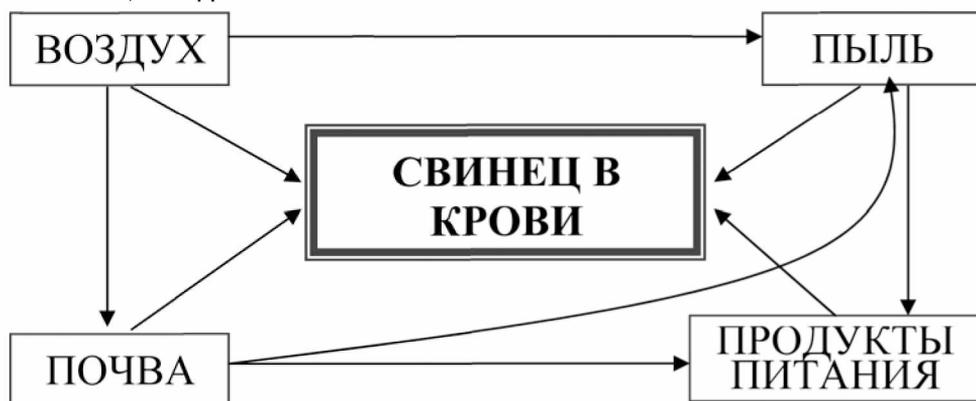


Рис. 23. Поступление свинца в организм человека

Предлагаемые решения

Воздух

В настоящее время (конец 2004 - начало 2005 г.) завод временно приостановлен, в результате чего из-за отсутствия выброса дыма в атмосферу значительно снизилось загрязнение воздуха. Если же завод возобновит свою деятельность, необходимо, чтобы было установлено качественное пылеулавливающее оборудование, которое позволит минимизировать поступление свинца из трубы в атмосферу. Важную роль в этом должны сыграть желание администрации завода и

контроль со стороны властных структур, ответственных за обеспечение конституционного права жителей на здоровую и благоприятную среду. Если удастся добиться существенного снижения загрязнения воздуха свинцом, значительно понизится и уровень содержания свинца в крови жителей, то есть уменьшится риск отравления свинцом. Такой эффект наблюдался в 1980х гг. в местности Бункер Хил после закрытия завода по выплавке свинца из-за невыполнения заводом экологических общегосударственных требований по качеству воздуха. В случае решения проблемы загрязнения воздуха свинцом в Рудной Пристани должна также улучшиться общая картина заболеваемости.

Пыль

В отличие от воздуха, проблема пыли может быть в значительной степени решена действиями самих жителей пос. Рудная Пристань. Мы предполагаем, что концентрация свинца в пыли жилых помещений может составлять до 70% от концентрации свинца в почве двора дома. При создании и реализации специальной программы по просвещению населения и объяснения, как можно снизить поступление свинца в дом с улицы, можно добиться большого эффекта. В целом эта проблема относительно мало исследована в России. По сравнению с жителями сходных районов Америки, россияне обычно чаще проводят влажную и сухую уборку жилых помещений и не проходят в дом в уличной обуви. Тем не менее, в пос. Рудная Пристань немало семей, которым требуется усилить контроль за чистотой в доме. Возможно, был бы достигнут некоторый положительный эффект в случае создания в долине реки Рудной программы, аналогичной существовавшей в Бункер Хил, где жителям бесплатно раздавали пылесосы. Уменьшение содержания пыли в доме путем частой влажной уборки может в два и более раз снизить риск отравления детей свинцом.

Еще одним важным аспектом проблемы пыли является использование жителями поселка старых железнодорожных шпал, в том числе возможное сжигание в качестве дров, применение как строительных материалов и т.п. Эти железнодорожные шпалы обычно покрыты слоем пыли концентрата свинца, который был просыпан в процессе транспортировки. Концентрация свинца на шпалах может достигать 200 000 мг/кг (в то время как пороговый реальный опасный уровень в Рудной Пристани не более 400 мг/кг) Поэтому использование «освинцованных» шпал местными жителями недопустимо, вместо этого должна быть обеспечена их утилизация в порядке, предусмотренном для отходов, представляющих большую опасность для здоровья человека.

Еще одним источником свинца в пыли жилых помещений является свинец-содержащая краска. В настоящее время нет достоверных данных, подтверждающих использование таких красок местными жителями для окрашивания внешних стен домов, внутренних стен жилых помещений или оконных рам и подоконников. Но учитывая, что в Рудной Пристани люди живут, в основном, в старых домах, можно ожидать, что при проведении отделочных работ в прошлом использовалась содержащая свинец краска. Крошки этой старой краски могут попадать в пыль жилых помещений и, соответственно, в организм ребенка. Поэтому требуется обеспечить жителей краской, не содержащей свинец, и объяснить необходимость перекрашивания старых окрашенных поверхностей внутри и снаружи жилых помещений. Необходимо учесть, что свинцовую пыль могут приносить с собой рабочие завода. По имеющимся данным, на заводе применяется ряд мер по обеспечению безопасности рабочих и их индивидуальной гигиены, но независимой оценки эффективности этих мер не проводилось, хотя они могут оказаться достаточными для минимизации этого пути поступления свинца в пыль жилых помещений.

В целом можно оптимистично оценить, что снижение содержания свинца в пыли жилых помещений достижимо при сравнительно небольших финансовых вложениях, что позволит добиться существенного в два и более раз снижения риска отравления детей свинцом.

Почва

Снизить воздействие загрязненной почвы сложнее, поскольку очистка в ближайшем будущем района не произойдет. В то же время просвещение населения может значительно уменьшить негативное действие этого фактора. В разъяснительных беседах местным жителям необходимо объяснить, как важно контролировать поведение детей и особенно соблюдение правил личной гигиены. Как было показано в исследованиях 1996-1997 гг. (von Braun et al., 2002), Центром санитарно-эпидемиологического надзора по Приморскому краю (2001), а также Дальневосточным государственным университетом и Дальневосточным фондом охраны здоровья (2004), почва и песок в местах детских площадок, речных и морских пляжей (за исключением расположенных в непосредственной близости от портовой зоны) содержат меньшее количество свинца и относительно безопасны. С другой стороны, игры на почве в других местах и, в особенности, поблизости от железной дороги, порта или завода должны быть под строгим запретом. Концентрация свинца в почве около железной дороги

может достигать 200 000 мг/кг при уровне абсолютной биологической доступности 37%, что является очень опасным для здоровья детей. На практике постоянный контроль за детьми является нелегким делом, но это единственный способ при отсутствии действующего проекта по очистке почвы. По-видимому, можно достичь большего эффекта, если огородить особо опасные зоны - железную дорогу и порт.

Сельскохозяйственная продукция

Очень большое влияние на здоровье людей оказывает содержание свинца в овощах и фруктах, выращиваемых жителями поселка на приусадебных участках и огородах. Ввиду низкого уровня доходов абсолютное большинство жителей поселка в повседневном питании полагается на сельскохозяйственную продукцию, выращенную собственными силами - корнеплоды, овощи, ягоды, фрукты и пр. Содержание свинца в этих растениях очень велико и составляет наибольшую среди других факторов долю риска отравления свинцом населения. Почти единственный способ решения данной проблемы без полной ремедиации почв - это выделение жителям сельскохозяйственных земель за пределами зоны в радиусе 2х километров от завода и запрещение выращивания сельскохозяйственных растений в пределах поселка. Возможен вариант субсидирования жителям покупки или бесплатной раздачи завозной чистой от свинца плодо-овощной продукции и объяснение необходимости отказа от использования в пищу местных продуктов. Но это лишь временная мера, поскольку не устраняет проблему полностью и может оказаться малоэффективной, да и маловероятной.

В идеальном случае следовало бы выселить жителей в другое место, поскольку загрязнение почвы очень велико и его невозможно очистить на большую глубину ввиду больших затрат. Практически в любом случае постройка новых домов и выделение земельных участков для населения будут дешевле проекта очистки почвы всей территории пос. Рудная Пристань.

Последний и, возможно, самый дорогой вариант – это очистка почв. Технология, которая применялась в районе Бункер Хил, предусматривает проведение большого количества анализов почв по всему поселку и последовательную замену верхнего слоя загрязненной почвы на чистую. Проведение такого проекта может в течение нескольких лет полностью решить проблему влияния загрязненной почвы и продуктов местного растениеводства на здоровье местного населения.

Вместе с тем, в любом случае должна проводиться просветительская работа с населением по поводу употребления в пищу местной сельскохозяйственной продукции. Нельзя разрешать детям есть немытые ягоды, овощи и фрукты, поскольку на них могут оседать насыщенная свинцом пыль и частицы почвы. Нежелательно употребление местных продуктов, особенно картофеля, в качестве основного питания.

Железная дорога

Существует ряд мер, которые необходимо применить в пос. Рудная Пристань относительно железной дороги. Во-первых, необходимо переоборудование вагонеток, используемых в настоящее время для перевозки концентрата свинца в Рудную Пристань, с тем, чтобы концентрат не просыпался по дороге и не разносился ветром (рис. 24). Возможно, следует предусмотреть крышки или другие приспособления, которые позволят перевозить концентрат без потерь по дороге.

Во-вторых, железная дорога на всем протяжении должна быть очищена от просыпанного концентрата. Плохое состояние путей приводит к дополнительной тряске вагонеток, сходу составов с путей и большему рассеиванию высокотоксичного груза (рис. 26). Также необходим эффективный контроль за использованными шпалами, чтобы они не попали к местному населению и не могли быть использованы в строительных, отопительных и иных целях.

Важную роль играет просвещение населения об опасности железной дороги как источника свинца и важнейшего фактора риска сатурнизма. Необходимы знаки соответствующего содержания, предупреждающие людей и указывающие на недопустимость нахождения взрослых и детей вблизи железной дороги или хождения по шпалам. Детям нельзя брать в руки кусочки просыпанного концентрата свинца или использовать его в своих играх. Также не следует вблизи железной дороги пастись скот или выпускать домашних птиц (рис. 25).

В районе Бункер Хил аналогичная железная дорога была демонтирована и место ее прокладки заасфальтировано. Теперь это большая велосипедная дорожка, которая используется местными жителями и приезжающими на отдых туристами. В том случае, если железная дорога из Дальнегорска в Рудную Пристань больше не будет иметь значительного практического значения, следует поступить также, как в Бункер Хил. Таким образом можно будет обезвредить опаснейший сегодня фактор загрязнения и риска отравления свинцом.



Рис. 24. Вагонетки



Рис. 25. Коровы, овцы и другой скот часто пасутся прямо у железнодорожных путей



Рис. 26. Плохое состояние путей способствует просыпанию концентрата и сходу составов с путей

Корпуса старых аккумуляторов

В течение нескольких последних лет на заводе использовались старые отработанные аккумуляторы с кораблей Тихоокеанского Флота для выплавки свинца. В результате этого накопилось большое количество корпусов-оболочек этих аккумуляторов. Специальной программы утилизации корпусов не было, и они растаскивались населением, причем сначала жителям поселка они доставались бесплатно, а позже за них стали взимать плату в пользу завода. Прочные, вместительные, долговечные и водонепроницаемые коробки старых аккумуляторов используются в поселке для строительства заборов, гаражей, дорожек, в качестве емкостей для кормления животных, сбора дождевой воды и полива огородов. Таким образом, эти коробки стали еще одним и немаловажным фактором риска сатурнизма, поскольку стенки и дно этих емкостей буквально пропитаны свинцом. Анализ пробы осадка в одной из коробок, используемых для сбора дождевой воды, показал наличие свинца в концентрации 293 000 мг/кг. Следовательно, полив растений водой, собранной в этой емкости, наверняка обогатит их свинцом, а с урожаем этот свинец попадет в организм людей.



Рис. 27. Коробка от старого аккумулятора, применяемая как накопительная емкость дождевой воды для полива растений. Концентрация свинца в донном осадке – 293 000 мг/кг.

Решением этой проблемы может быть запрет на распространение коробок старых аккумуляторов среди населения с изъятием имеющихся и/или проведение просветительской работы с жителями для объяснения опасности использования этих емкостей в быту. В любом

случае недопустимо использование аккумуляторных коробок (Рис. 27) для полива приусадебных участков, кормления домашних животных и иных случаев, когда свинец может в итоге попасть в организм человека.

Программы экологического просвещения

Эта мера является одной из наиболее дешевых по применению и одной из наиболее эффективных по результату снижения риска отравления свинцом. И детям, и взрослым должна доводиться информация о свойствах свинца, его местонахождении, добыче и использовании, путях поступления в организм и токсичности. Меры по уменьшению вредного воздействия свинца перечислены выше и могут дать хороший положительный эффект, как это имело место в районе Бункер Хил, где после начала действия программ экологического просвещения концентрация свинца в крови детей снизилась более чем в два раза. Необходимо распространять листовки, небольшие брошюры, делать плакаты, печатать статьи в местной прессе, выступать по телевидению, проводить лекции и встречи с родителями. Наибольший риск свинец представляет для детей, поэтому все меры направлены прежде всего на их безопасность. Несомненно, даже те из взрослых, кто не верит в серьезность опасности отравления свинцом для себя, будут обеспокоены будущим своих детей и заинтересуются участием в просветительных мероприятиях, получении информации, тестировании крови детей на содержание свинца и выполнении предписаний по уменьшению риска сатурнизма.

Образование детей должно проводиться, главным образом, в школах и детских садах в форме тематических уроков, лекций и интерактивных игр. Проведение таких мероприятий не требует больших финансовых вложений и может быть санкционировано соответствующими местными властными органами. При этом программа просвещения должна проводиться во всей долине реки Рудной, особенно в Дальнегорске и Рудной Пристани. Детям необходимо рассказать о том, что такое свинец, почему он опасен, как он проникает в организм и как можно этого избежать. Если эта информация будет доводиться детям и дома, и в школе, то вполне достижимо значительное снижение риска отравления.

Медицинский мониторинг

Первоочередной мерой, которая должна быть выполнена независимо от действий по другим направлениям, является организация программы медицинского мониторинга сатурнизма

в районе и помощи детям с повышенным содержанием свинца в крови. Для этого необходимо достаточное финансирование, которое, впрочем, на порядки меньше проекта по очистке загрязненных почв, реконструкции завода или переселения жителей. В первую очередь необходимо протестировать всех детей, проживающих в поселке, на содержание свинца в крови и направить на лечение тех, у кого этот уровень значительно превышает допустимый (8 мкг/дл). Необходимо провести расследования каждого случая отравления свинцом для выявления источников загрязнения и принятия мер для предупреждения дальнейшего поступления этого металла в организм ребенка.

Уровень свинца в крови детей является основным показателем риска сатурнизма, принятым как в мире, так и в нашей стране. Измерение уровня должно быть ежегодным в долине реки Рудной и обязательно проводиться для тех детей, у кого по предыдущим результатам содержание свинца в крови было равно или превышало 8 мкг/дл. Для проведения тестирования удобнее всего использовать школы и детские сады района. Встречи с родителями для объяснения необходимости тестирования и опасности отравления свинцом должны повысить уровень участия в программе медицинского мониторинга.

В российских условиях также могут быть эффективными чисто императивные меры по обязательному тестированию детей (особенно в зонах повышенного риска - пос. Рудная Пристань и часть города Дальнегорска) по распоряжению местной администрации или краевого департамента здравоохранения. Данные об опасно высоком содержании свинца в крови также могут послужить в качестве серьезного аргумента в диалоге с органами государственной власти, руководством завода и другими заинтересованными сторонами о необходимости решения проблем отравления свинцом в долине р. Рудная и финансировании соответствующих мероприятий.

В любом случае, учитывая российскую специфику, медицинская программа в Рудной Пристане и Дальнегорске окажется значительно менее затратной по сравнению с аналогичными мерами в районе Бункер Хил, но от этого не будет менее эффективной. Успешное начало и выполнение этой программы должно стать основой результативного осуществления всего проекта снижения риска отравления свинцом в пос. Рудная Пристань и во всей долине реки Рудной.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Свинец является основным загрязнителем в пос. Рудная Пристань и большинстве других участков долины р. Рудная, но довольно долгое время аспекты влияния загрязнения среды данным металлом на здоровье людей, проживающих в этом районе, оставались сравнительно малоизученными. Вместе с тем научные исследования в долине реки Рудной велись учеными Дальневосточного отделения Российской академии наук (ДВО РАН) и Дальневосточного государственного университета (ДВГУ) на протяжении многих десятилетий, и полученные данные свидетельствовали о значительном промышленном загрязнении среды, которое могло негативно влиять на здоровье местного населения, о чем имелись косвенные наблюдения (Игнатова, 1991).

Настоящая работа была призвана заложить основу для комплексной оценки риска отравления свинцом детского и взрослого населения пос. Рудная Пристань, города Дальнегорска и прилегающих к ним населенных пунктов: Сержантово, Мономахово, Смычка и др. Полученные в ходе нашего исследования результаты позволяют констатировать, что отравление свинцом местного населения не только имеет место, но и носит массовый характер. Это обусловлено, в первую очередь, влиянием такого основного фактора, как загрязнение почвы. Валовое содержание свинца в почвах в пределах селитебной зоны пос. Рудная Пристань составляет от 160 до 202 000 мг/кг. При этом полученные в ходе исследования методом кригинга карты зон загрязнения свидетельствуют, что на большей части территории поселка концентрация свинца колеблется в пределах от 1000 до 4000 мг/кг, что значительно выше установленной в РФ ПДК (32 мг/кг) и превышает уровень, при котором проводятся работы по ремедиации почвы в США (400 мг/кг).

Еще более важным является то, что из загрязненной почвы свинец поступает в сельскохозяйственные растения, выращиваемые местными жителями для собственного употребления и кормления домашнего скота и птицы. Концентрация свинца в клубнях картофеля, одного из основных местных сельскохозяйственных продуктов, в большинстве отобранных проб составляет от 1 до 3 мкг/г. Ежедневное употребление такого картофеля опасно для здоровья детей, поскольку даже без учета других факторов может привести к повышению концентрации свинца в крови до 15-20 мкг/дл (отравление свинцом второго уровня).

Загрязненная почва также влияет на содержание свинца в воздухе и пыли жилых помещений. Полный комплексный анализ и оценка риска отравления свинцом, не проводившиеся в данном исследовании, обычно учитывают влияние как этих факторов, так и таких, как проветриваемость помещений, поведение и распорядок дня детей, питание, контакт с поверхностями, окрашенными свинцовыми красками и др. Даже без такого полного анализа, который обычно проводится при выполнении больших ремедиационных проектов, полученные данные свидетельствуют о том, что ситуация в пос. Рудная Пристань является чрезвычайной и, возможно, исследуемый район должен получить статус зоны экологического бедствия.

ЛИТЕРАТУРА

- Аржанова В. С., Елпатьевский П. В. Геохимия, функционирование и динамика горных систем Сихотэ-Алиня. Владивосток: Дальнаука, 2005. 253 с.
- Атлас Приморского края. – М.: Главное управление геодезии и картографии при Совете Министров СССР, 1989. 120 с.
- Барбье М. Введение в химическую экологию. М: Изд. «Мир», 1978. 207 с.
- Боев В. М., Красиков С. И., Воронкова И. П. Загрязнение свинцом некоторых объектов окружающей среды. //Гигиена и санитария. 2004. №1. С. 25-28
- Бондарев Л. Г. Микроэлементы – благо и зло. М.: Знание, 1984. 144 с.
- Быков А. А., Ревич Б. А. Оценка риска загрязнения окружающей среды свинцом для здоровья детей в России. //Медицина труда и промышленная экология. 2001. №5. С.6-10.
- Венецкий С. И. О редких и рассеянных: рассказы о металлах. М.: Metallurgia, 1980. 184 с.
- Водный кодекс Российской Федерации. 1995. N 167-ФЗ. P9504602.
- Воздушный кодекс Российской Федерации. 1997. N 60-ФЗ. P9701092.
- Войнар А. И. Биологическая роль микроэлементов в организме животных и человека. М.: Высшая школа, 1960. С. 402–410.
- Геоэкология урбанизированных территорий. Сб. тр. Центра Практической Геоэкологии // Под ред. В.В.Панькова, С.М.Орлова - М.: ЦПГ, 1996. 108с.
- Герлах С. А. Загрязнение морей. Диагноз и терапия. Л.: Гидрометеиздат, 1985. 262 с.
- Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов. М:ФГУП «ИнтерСЭН» 2002, 164 с.
- Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 1999 году» Госкомэкология России. 1999. 15 с.
- Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2000 году» МПР России. 2000. 280 с.
- Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2001 году» МПР России. 2001. 448 с.
- Грацианская Л.Н., Розенцвит Г.Э. Клиника профессиональных нейротоксикозов. М: 1961. 52 с.
- Гудима Н. В., Шейн Я. П. Краткий справочник по металлургии цветных металлов. М.: Metallurgia, 1975. 535 с.
- Гудков А. В., Багрянцев В. Н., Кузнецов В. Г., Бурага А. И.. Микроэлементы в окружающей среде и в волосах детей. Экология Приморья //www.fegi.ru/ecology/vlad_sit/sit_micro.htm [январь, 2003]
- Двужильный Г. В. Содержание тяжелых металлов в листьях элеутерококка колючего в окрестностях Дальнегорска. //Международные научные чтения «Приморские зори – 2003». Владивосток: ДВГТРУ, 2003. С. 160-161.
- Демидов А. Ванна профессора Ванюкова //Северное Приморье. 2002. 19 с.
- Димиденок Ж.А., Харина С.Г. Содержание тяжелых металлов в почвах и продукции растениеводства южной зоны Среднего Приамурья. //Электронный журнал «ИССЛЕДОВАНО В РОССИИ» <http://zhurnal.ape.relarn.ru/articles/2005/039.pdf>
- Доклад о состоянии окружающей природной среды Приморского края в 1995 г. Приморский краевой комитет охраны окружающей среды и природных ресурсов. Владивосток, 1996. 173 с.
- Доклад о состоянии окружающей природной среды Приморского края в 1999 г. Комитет природных ресурсов по Приморскому краю. Владивосток, 2001. 117 с.

- Доклад о состоянии окружающей природной среды Приморского края в 2000 г.
Комитет природных ресурсов по Приморскому краю. Владивосток, 2001. 216 с.
- Доклад о состоянии окружающей природной среды Приморского края в 2001 г.
Комитет природных ресурсов по Приморскому краю. Владивосток, 2001. 160 с.
- Долговременная программа охраны природы и рационального природопользования природных ресурсов Приморского края до 2005 года.
Владивосток: Дальнаука, 1993. 628 с.
- Дрогичина Э.Л. Профессиональные болезни нервной системы. М: 1968. 60 с.
- Елпатьевская В. П. Роль горнодобывающего производства в трансформации окружающей среды (юг Дальнего Востока). //География и природные ресурсы. 1996. №3. с. 53-62.
- Ермоленко А.Е., Хелковский-Сергеев Н. А., Кравченко О. К. Новые гигиенические требования при работе со свинцом. //Медицина труда и промышленная экология. 2001. №5. С.34-37.
- Жаворонков А. А. Руководство для врачей и студентов медицинских вузов. (Диагностика и лечение сатурнизма) М.: Медицина, 1997. 22 с.
- Закон Приморского края "Об экологическом образовании в Приморском крае" от 15 ноября 2001 г. N 164-КЗ
- Закон Российской Федерации «Об охране здоровья граждан» от 22 июля 1993 г. N 5487-1.
- Закон Российской Федерации «Об экологической экспертизе» от 19 июля 1995 г. N 174-ФЗ
- Закон Российской Федерации «О защите прав потребителя» от 7 февраля 1992 г. N 2300-1
- Закон Российской Федерации «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения» от 30 марта 1999 г. N 52-ФЗ
- Земельный кодекс Российской Федерации. N 136-ФЗ.
- Ишков А. Г. Свинцовый воздух Москвы // Экология и жизнь, 1999. №2. с. 60–61.
- Игнатова Н. К. Экология популяций мышевидных грызунов в условиях техногенной геохимической аномалии. Владивосток: ДВО АН СССР, 1991. 19 с.
- Качур, А.Н. 1996. "Современное экологическое состояние бассейна р. Рудная." Доклад. Тихоокеанский институт географии. Владивосток.
- Качур А.Н., Кондратьев И.И., Перепелятников Л.В. Эколого-геохимические проблемы сухопутных и прибрежно-морских ландшафтов береговой зоны российской части бассейна Японского моря. Вестник ДВО РАН. 2001. № 5. 53-71 с.
- Клиника, диагностика, лечение, вопросы экспертизы трудоспособности и профилактика свинцовых интоксикаций. Методические рекомендации. Минздрав СССР, ГУ Лечебно-профилактической помощи. Москва. 1985. 24 с.
- Коженкова С. И. Мониторинг состояния прибрежно-морских вод Приморья по содержанию тяжелых металлов в бурых водорослях (диссертация). Владивосток, 1999. 195 с.
- Конституция Российской Федерации. 1993.
- Кузнецов А.В. Контроль техногенного загрязнения почв и растений // Агрехимический вестник. 1997. №5. с.7-9.
- Кузьминова О.В., Свинцовый завод ОАО «ГМК Дальполиметалл» в поселке Рудная Пристань. Курсовая работа. Владивосток, ДВГУ, 2003. 72 с.

- Кунцевич И.Е., Терещенко О.В. Причинно-следственные связи между содержанием свинца в биосредах и некоторыми показателями его биологического эффекта у детей дошкольного возраста. //Гигиена и санитария. 1986. №8. с. 35-37.
- Кунцевич И.Е., Дубровская Г.Н., Терещенко О. В. Влияние содержащегося в атмосферном воздухе свинца на накопление его в организме и на некоторые биохимические показатели. //Гигиена и санитария. 1984 №9. с.52-55
- Куракин С. А., Заньков А. П. ОА «Дальполиметалл» //www.fegi.ru/primorye/mining/dalpoli.htm 2002 [декабрь, 2002]
- Куров Б. А. Как уменьшить загрязнение окружающей среды автотранспортом. Россия в окружающем мире: аналитический ежегодник. М.:МНЭПУ, 2000. с. 169–192.
- Кучма В.Р., Миннибаев Т.Ш., Дьяконова О.М., Жученко Н.А., Панасюк Н. Н., Гильденскиольд С.Р., Башкирова М.А., Нарышкина Е.В. Состояние здоровья детей, проживающих в экологически неблагополучных районах. // Гигиена и санитария. 1993. №8. 38-42 с.
- Ли Г. Свинцовый завод. 70 лет на благо России // Трудовое слово. 2000. 185 с.
- Ливанов Г. А., Соболев М.Б., Худoley В.В. Диагностика и лечения отравлений свинцом у детей. Минздрав, Институт токсикологии, С-Пб: 1997. 25 с.
- Методические рекомендации по проведению полевых и лабораторных исследований почв и растений при контроле загрязнения окружающей среды металлами. Госкомгидромет СССР, Институт экспериментальной метеорологии, М: 1981. 108 с.
- Навгеоком. Введение в ГИС с применением GPS. 2004. <http://www.agp.ru/gps/gps2/index.htm> [февраль 2004]
- Ноздрюхина Л. Р. Биологическая роль микроэлементов в организме животных и человека. М.: Наука, 1977. 183 с.
- Ноздрюхина Л. Р., Гринкевич Н. И. Нарушение микроэлементного обмена и пути его коррекции. М.: Наука, 1980. 276 с.
- Окружающая среда и здоровье населения Владивостока. ДВО РАН ТИГ. отв редакторы А.Б. Косолапов, Б.В.Преображенский Владивосток: Дальнаука. 1998. 212 с.
- Пащенко П. Единственный в России. // Трудовое слово. 1993. № 2.129 с.
- Пащенко П. Пожар на плавзаводе. // Трудовое слово. 1994. №1. 21 с.
- Полянский Н. Г. Свинец. Л: Наука. 1986. 351с.
- Почва, очистка населенных мест, бытовые и промышленные отходы и санитарная охрана почвы. Гигиеническая оценка качества почвы населенных мест. М: Федеральный центр ГССЭН, 1999, 37 с.
- Привалова Л.И., Кузьмин С.В., Малых О.Л., Воронин С.А., Кошелева А.А., Маршалкин А.П., Прокопьев А.А., Кацнельсон Б.А.. Роль загрязнения среды обитания свинцом в задержке психологического развития детей дошкольного возраста. //Вестник Рос. АМН. 2002. №11. 50-53 с.
- Привалова Л.И., Кацнельсон Б.А., Малых О.Л., Воронин С.А., Кузьмин С.В., Никонов Б.И., Гурвич В.Б., Лобов И.Е., Маршалкин А.П., Старцева Н.Н., Казанцев В.С., Дегтярева Т.Д., Винокуров М.В. Оценка опасности воздействия свинца на детей дошкольного возраста, проживающих в районе размещения медеплавильного комбината. //Медицина труда и промышленная экология. 1998. №12. 32-38 с.
- Проблемы экологии Архангельской области на рубеже веков: приоритеты, направления, стратегии. Монография / Под ред. М.Б. Шрага, С.И. Сафина – Архангельск: Изд-во СМГУ, 2002. 112 с.

- Ревич Б.А., Быков А.А., Ляпунов С.М., Прихожан А.М., Серегина И.Ф., Соболев М.Б. Опыт изучения воздействия свинца на состояние здоровья детей г. Белово. // Медицина труда и промышленная экология. 1998. №12. 25-32 с.
- Реконструкция свинцового завода ОАО «ГМК Дальполиметалл». Общая пояснительная записка. Чертежи. Владивосток: Дальневосточный Промстройинипроект, 2002. 50 с.
- Реконструкция свинцового завода ОАО «ГМК Дальполиметалл». Свободный сметный расчет. Владивосток: Дальневосточный Промстройинипроект, 2002. 21 с.
- Ростовский Ф. И., Хетчиков Л.Н. Рифтогенез и регенерация рудных компонентов в процессе формирования сульфидно-касситеритового оруднения Сихотэ-Алиня. Дальневосточный геологический институт ДВО РАН //www.fegi.ru/FEGI/sbornik2/index.htm [март 2003]
- Руководство пользователя eTrex, eTrex Camo GARMIN. – М.: JJ-GROUP. 2003. 50 с.
- Свиныхов Г. В., Свиныхов В. Г. Кондратьев И. И. Исследования и краткосрочный прогноз загрязнения воздуха в городах Приморского края. Владивосток: Издательство Дальневосточного университета, 1993. 91 с.
- Симаненко Л. Ф. Свинец и цинк Дальнегорского рудного района. Дальневосточный геологический институт ДВО РАН // www.fegi.ru/PRIMORYE/GEOLOGY/zn.htm [сентябрь, 2002]
- Снакин В.В. Загрязнение биосферы свинцом: масштабы и перспективы для России. //Медицина труда и промышленная экология. 5: 21-27. 1999.
- Соболев М.Б., Г.Н. Ильичева, Г. А. Ливанов. Комплексная профилактика воздействия свинца на здоровье детей. //Российский педиатрический журнал. 2001. №2 с. 67-68.
- Соболева Е.В., Ковековдова Л.Т. Свинец в почвах и растениях г. Уссурийска и Уссурийского района. Электронный журнал «ИССЛЕДОВАНО В РОССИИ» 2003. 8 с. <http://zhurnal.ape.relarn.ru/articles/2003/182.pdf> [март, 2004]
- Статистические инструменты для исследования данных, моделирования и расширенного построения поверхностей в ArcGIS Geostatistical Analyst. Руководство ESRI. www.esri.com [август, 2001 г.] 22 с.
- Технологическая инструкция свинцового завода Горно-металлургического комбината им. В. И. Ленина. Министерство цветной металлургии СССР. Главцинк-свинцолово, 1977. 55 с.
- Технологический регламент на проектирование производства по плавке сульфидных свинцовых концентратов на ОАО «ГМК Дальполиметалл». ООО СКБЦМ, 2002. 101 с.
- Технологический регламент на проектирование производства серной кислоты из технологических газов плавки сульфидных свинцовых концентратов в печи Ванюкова на свинцовом заводе ОАО «ГМК Дальполиметалл». ООО СКБЦМ, 2002, 69 с.
- Усольцев В. И. Открытое письмо директору Блэксмит Института Р. Фуллеру. 2004. 3 с.
- Христофорова Н. К. Биоиндикация и мониторинг загрязнения морских вод тяжелыми металлами. Л.: Наука, 1989. 192 с.
- Христофорова Н. К., Шулькин В. М., Кавун В. Я., Чернова Е. Н. Тяжелые металлы в промысловых и культивируемых моллюсках залива Петра Великого. Владивосток: Дальнаука, 1993. 296 с.
- Центр государственного санитарно-экологического надзора в Приморском крае (ЦГСЭН). Результаты химического анализа содержания тяжелых металлов в

- почвах и плодо-овощной продукции в пос. Рудная Пристань. Внутренний отчет. 2001. 50 с.
- Чухловина М.Л. Свинец и нервная система. //Гигиена и санитария. 1997. №8. 39-42 с.
- Шаров, П.О. Возможности использования модели IEUVK для оценки риска свинца для здоровья детей. Тезисы докладов. VI региональная конференция по актуальным проблемам экологии, морской биологии и биотехнологии студентов, аспирантов, молодых преподавателей и сотрудников вузов и научных организаций Дальнего Востока России. 2003. 110-112 с.
- Шаров, П.О. Использование метода пространственной интерполяции для картирования зон риска отравления свинцом в пос. Рудная Пристань Приморского края. Тезисы докладов. VII региональная конференция по актуальным проблемам экологии, морской биологии и биотехнологии студентов, аспирантов, молодых преподавателей и сотрудников вузов и научных организаций Дальнего Востока России. 2004. 108-109 с.
- Шаров, П.О. Оценка уровня свинца в крови детей пос. Рудная Пристань Приморского края. Материалы конференции ТАНЭБ «Приморские зори». Владивосток. 2003.
- Шаров, П.О. Содержание свинца в сельскохозяйственных почвах и клубнях картофеля пос. Рудная Пристань Приморского края. Материалы конференции ТАНЭБ «Приморские зори». Владивосток. 2005.
- Шаров, П.О. Загрязнение свинцом среды пос. Рудная Пристань. Тезисы докладов. XII научное совещание географов Сибири и Дальнего Востока. 2004.
- Шаров П.О. “История проекта Бункер Хил США и возможность применения этого опыта в пос. Рудная Пристань:Россия” Электронный журнал “Исследовано в России”, 134, стр. 1350-1358, 2005 г. <http://zhurnal.ape.relarn.ru/articles/2005/134.pdf>
- Шепотько А.О., Дульский В.А., Сутурин А.М., Ломоносов И.С., Николаев А.А., Леонова Г.А.. Свинец в организме животных и человека (обзор). //Гигиена и санитария. 1993. №8. 70-73 с.
- Шиврин Г. Н. Металлургия свинца и цинка. М.: Металлургия, 1982. 351 с.
- Шихова Н.С. Накопление тяжелых металлов ассимиляционными органами дальневосточных древесных пород. Вестник ДВО РАН. 1994. №5-6. 143-149 с.
- Экологическое обоснование лицензированного вида деятельности для ЗАО «Свинцовый завод – Дальполиметалл». Владивосток: Государственный природоохранный центр, 1999. 34 с.
- Adgate J., Weisel C., Wang Y., Rhoads G., and Liou P. Lead in House Dust: Relationships between Exposure Metrics. //Environmental Research. 1995. №70, 134-147 pp.
- Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). The Nature and Extent of Lead Poisoning in Children in the United States: a Report to Congress. ATSDR, Public Health Service, US Department of Health and Human Services. 1988. 108 p.
- Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). ATSDR - PHA - RSR Corporation, Dallas County, Texas. 1994. www.atsdr.cdc.gov/HAC/PHA/rsrcorp/rsr_p1.html [April 2001]
- Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). A Case Control Study to Determine Risk Factors for Elevated Blood Lead Levels in Children, The Silver Valley, Idaho. ATSDR, Public Health Service, US Department of Health and Human Services. 1995. 180 p.

- Agency for Toxic Substances и Disease Registry (ATSDR). Toxicological Profile for Lead. ATSDR, Public Health Service, US Department of Health и Human Services. 1997a. 55 p.
- Agency for Toxic Substances и Disease Registry (ATSDR). A Cohort Study of Current и Previous Residents of the Silver Valley: Assessment of Lead Exposure и Health Outcomes. ATSDR, Public Health Service, US Department of Health и Human Services. 1997b. 65 p.
- Agency for Toxic Substances и Disease Registry (ATSDR). 2000. Bunker Hill Superfund Site. <http://atsdr1.atsdr.cdc.gov:8080>. [February 2002]
- Alliance to End Childhood Lead Poisoning and Environmental Defense Fund (AECLP and EDF). The Global Dimensions of Lead Poisoning: An Initial Analysis. 1994. 15 p.
- Anselin, L. Kriging. Spatial Analysis Guide. 2003. 5 p.
- ArcView Spatial Analyst. ESRI White Paper. www.esri.com [May 2000] 16 p.
- Arzhanova, V.S., Chudaeva, V.A. and Yelpatyevsky, P.V. The relationships of the natural and pollution-originated constituents in the discharge of the Rudnaya River, Sea of Japan catchment, Russia. In "Proc. of the 8th Int. Symp. on Water-Rock Interaction – WRI-8" (Y.Kkharaka, O.V. Chudaev, Eds.), 1995. Rotterdam, Brookfield, Vladivostok.
- Baker E, L. Jr, Landrigan P.J., Barbour A.G., Cox D.H., Folland D.S., Ligo R.N, Throckmorton J. Occupational lead poisoning in the United States: clinical и biochemical findings related to blood lead levels. //Journal of Industrial Medicine. 1979. №36-4, 314-322 pp.
- Blake, K.C.H., Barbezat, G.O. и Mann, M. Effect of Dietary Constituents on the Gastrointestinal Absorption of ²⁰³Pb in Man. //Environmental Research. 1983. №30, 182-187 pp.
- Blumer, W., Cranton E. Ninety Percent Reduction in Cancer Mortality after Chelation Therapy with EDTA. //Journal of Advancement in Medicine. 1989. №2: 11-12 pp.
- Bruening K., Kemp F.W., Simone N., Holding Y., Louria D.B., Bogden J.D. Dietary calcium intakes of urban children at risk of lead poisoning. //Environmental Health Perspectives. 1999. №07-6. 431-435 pp.
- California Air Resources Board (CARB). California Air Resources Board Identifies Inorganic Lead as a Toxic Air Contaminant. 1997. <http://www.arb.ca.gov/newsrel/nr042497.htm> [March 2001]
- Casteel S, Cowart R, Weis C, Henningsen G, Hoffman E, Brattin W, Guzman R, Starost M, Payne J, Stockham S, Becker S, Drexler J, и Turk J. Bioavailability of lead to juvenile swine dosed with soil from the Smuggler Mountain NPL site of Aspen, Colorado. //Fundamentals of Applied Toxicology. 1997. №36-2. 177-187 pp.
- Centers for Disease Control (CDC). Preventing Lead Poisoning in Young Children: Statement by the Centers for Disease Control. U.S. Department of Health и Human Services, Public Health Service. 1985. 45 p.
- Centers for Disease Control (CDC). Preventing Lead Poisoning in Young Children: Statement by the Centers for Disease Control. U.S. Department of Health и Human Services, Public Health Service. 1991. 68 p.
- Centers for Disease Control (CDC). Screening Young Children for Lead Poisoning: Guidance for State и Local Public Health Officials. U.S. Department of Health и Human Services, Public Health Service. 1997. 36 p.
- Chaney R.L., Brown S.L., Angle J.S., Stuczynski T.I., Daniels W.L., Henry C.L., Siebielec G., Li Y.-M., Malik M., Ryan J.A., and Compton H.. In situ Remediation/Reclamation/Restoration of Metals Contaminated Soils using Tailor-Made Biosolids Mixtures. In Proceeding of Symposium on Mining, Forest and Land Restoration: The Successful

- Use of Residuals/Biosolids/Organic Matter for Reclamation Activities. Rocky Mountain Water Environment Association, Denver, CO. 2000. 21p.
- Cornejo A. B., Gottesfeld P. Niveles de Plomo en Interiores, La Oroya - Peru. Lima: Asociacion Civil Labor, 2004. 21 p.
- Crawford M.D., D.G. Clayton. Lead in Bones и Drinking Water in Towns with Hard и Soft Water. //British Medicine Journal. 1973. №7. 21-23 pp.
- Dames and Moore. Bunker Hill RI/FS: Draft Remedial Investigation Report. 1991. 158 p.
- Davis A., J.W. Drexler, M.V. Ruby, A. Nicholson. Micromineralogy of Mine Wastes in Relation to Lead Bioavailability, Butte, Montana. //Environmental Science и Technology. 1993. №27. 1415-1425 pp.
- Derieux J.-C., I. Mansilla-Rivera, E.E. Sanches-Nazano, C.J. Rodriguez-Sierra. Soil и Blood Lead Association Among Children Living on a Former Municipal Waste Site in Vega Baja, Puerto-Rico. //Microelements in medicine. 2001. №4. 18-25 pp.
- De Pieri L.A., Buckley W.T., and C.G. Kowalenko. Cadmium and lead concentrations in commercially grown vegetables and soils in the Lower Fraser Valley of British Columbia. //Canadian Journal of Soil Science. 2002. №77-1. 78-84 pp.
- Drexler J. W. Validation of an in vitro Method: A Tandem Approach to Estimating the Bioavailability of Lead и Arsenic in Humans. IBC Conference on Bioavailability. Scottsdale, Arizona. 1997.
- Drexler J. W. An in vitro Method that Works: A Simple, Rapid and Accurate Method for Determination of Lead Bioavailability. USEPA Workshop on Modeling Lead Exposure и Bioavailability . Durham, NC. 1998.
- Drexler J.W. Bioavailability of Rudnaya Pristan' Soil samples (unpublished data). 1999.
- Dudka, S., Piotrowska M., Terelak H.. Transfer of Cadmium, Lead, и Zinc from Industrially Contaminated Soil to Crop Plants: a Field Study. 1996. //Environmental Pollution. №94. 181-188 pp.
- Eckhardt H., Stoffler G. Contamination of grass with atmospheric air in rural areas of Dania. //Nature. 1979. №57-21. 425-426 pp.
- ESRI. What is ArcGIS? Textbook. New-York: NY-Press, 2001. 172 p.
- ESRI. Shapefile Technical Description. ESRI White Paper. www.esri.com [July 1998] 34p.
- Federal Register. Part III Environmental Protection Agency, 40 CFR Part 745 Lead; Identification of Dangerous Levels of Lead. Final Rule. 2001. 12 p.
- Fergusson D. M., L.J. Horwood, F.T. Shannon et al. Parental Smoking и Lower Respiratory Illness in the First Three Years of Life. //Journal of Epidemiology of Community Health. 1981. №35. 180-184 p.
- Fewtrell L., Kaufmann R., and Pr ss- st n A. Lead: Assessing the environmental burden of disease at national and local levels. Environmental Burden of Disease Series, No. 2. Geneva: WHO Document Production Services. 2003. 46 p.
- Goyer, R. A. Lead Toxicity: From Over to Subclinical to Subtle Health Effects. // Environmental Health Perspectives. 1990. №86. 177-181 pp.
- Gulson B. L., Mahaffey K. R., Jameson C. W., Vidal M., Law A. J., Mizon K. J., Smith A. J. M., and Korsch M. J. Dietary Lead Intakes for Mother/Child Pairs and Relevance to Pharmacokinetic Models. // Environmental Health Perspectives. 1997. №105. 1334-1342 pp.
- Hammad T. A., Sexton M., Langenberg P. Relationship between blood lead and dietary iron intake in preschool children. A cross-sectional study. //Annual Epidemiology. 1996. №6-1. 30-33 pp.

- Ho Y.B., Tai K.M. Influence of rains on lead content of dust on near road vegetation of Hong-Kong. //Bull. of Environment, Contaminants, and Toxicology. 1979. №23, 4-5. 658-660 pp.
- Hough R. L., Breward N., Young S. D., Crout N. M. J., Tye A. M., Moir A. M., and Thornton I. Assessing Potential Risk of Heavy Metal Exposure from Consumption of Home-Produced Vegetables by Urban Populations. //Environmental Health Perspectives. 2004. №112. 215-221 pp.
- Hoekman, T.B. Heavy Metal Toxicology. <http://www.hbci.com/~wenonah/hydro/heavmet.htm> [March 2001] 2001.
- Hoffman S. P, Sverd J, Clark J, Voeller K. Lead и hyperactivity, behavioral response to chelation: A pilot study. //American Journal of Psychiatry. 1976. №133. 1153:1155 pp.
- Huffman G. B. New American Academy of Pediatrics Recommendations for blood lead screening in children. //American Family Physician. 1998. №58 – 8. 1862-1864 pp.
- Ingold, J. Lead. Chemistry. 1972. №4-121. 2419-2420 pp.
- Introduction to ArcView GIS. Three day course with exercises and study material. – New-York: NY Press, 1996. 560 p.
- Kachur, A. N., Arzhanova V. S., Yelatyevsky P.V., von Braun M. C., von Lindern I.H. Environmental Conditions in the Rudnaya River Watershed – A Compilation of Soviet и Post-Soviet Era Sampling around a Lead Smelter in the Russian Far East. //Science of the Total Environment. 2003. №303. 171-185 pp.
- Kaiser R., Henderson A. K., Daley R. W., Naughton M., Khan M. H., Rahman M., Kieszak S., and Rubin C. H. Blood Lead Levels of Primary School Children in Dhaka, Bangladesh. //Environmental Health Perspectives. 2001. №109. 563–566 pp.
- Kaul B., Sandhu R. S., Depratt C., and Reyes F. Follow-Up Screening of Lead-Poisoned Children Near an Auto Battery Recycling Plant, Haina, Dominican Republic. //Environmental Health Perspectives. 1999. №107-11. 917-920 pp.
- Kennedy, M. Understanding Map Projections. ArcInfo8 Guide. Environmental Systems Research Institute, Inc. New-York. 1999. 117 p.
- Lanphear, B. P., Matte, T. D., Rogers, J., Clickner, R. P., Deitz, B., Bornschein, R. L., Succop, P., Mahaffey, K., Dixon, S., Galke, W., Rabinowitz, M., Farfel, M., Rohde, C., Schwartz, J., Ashley, P., и Jacobs, D. E. The Contribution of Lead-Contaminated House и Residential Soil to Children's Blood Lead Levels. //Environmental Research Sec. A. 1998. №79. 51-68 pp.
- Landrigan P.J., E.L. Baker, R.G. Feldman et al. Increased Lead Absorption with Anemia and Slowed Nerve Conduction in Children Near a Lead Smelter. //Pediatrics. 1976. №89. 904-910 pp.
- Lead. Uses of Lead. <http://www.hbci.com/~wenonah/hydro/index.htm> [March 2001]
- Lead in the Environment. Report by National Science Foundation. Edited by W. R. Boggess. 1977. 312 p.
- Maddaloni, Mark; Nancy Lolocono, William Manton, Conrad Blum, John Drexler, Joseph Graziano. Bioavailability of soilborne lead in adults, by stable isotope dilution. //Environmental Health Perspectives. 1998. №106-6. 1589-1594 pp.
- Methods for Biological Monitoring. Edited by Kneip T. J. and Crable J. V. APHA. Washington DC.1988. 496 p.
- Mickle M. H. Structure, Use, and Validation of the IEUBK Model. //Environmental Health Perspectives. 1998. №106-6. 252-258 pp.

- National Council for Science и the Environment (NCSE). Summaries of the Environmental Laws Administered by EPA. <http://www.cnie.org/nle/leg-8/k2.html> [March 2001] 1998.
- Orlova, A., Bannon D., Farfel, M., Thomas V., Aleschukin, L., Kudashov, V., Shine, J., Kruchkov, G. Pilot study of sources of lead exposure in Moscow, Russia. // *Environmental Geochemistry and Health*. 1995. №17. 200-210 pp.
- Oliver D. and Naidu R. Uptake of Copper (Cu), Lead (Pb), Cadmium (Cd), Arsenic (As) and Dichlorodiphenyltrichloroethane (DDT) by Vegetables Grown in Urban Environments. Proceedings of the Fifth National Workshop on the Assessment of Site Contamination. Adelaide SA. 2003. 14 p.
- Panhandle Health District (PHD). Kellogg Revisited – 1983: Childhood lead in blood and Environmental Status Report. 1986. 85 p.
- Panhandle Health District (PHD). Overview of the Silver Valley Lead Health Intervention Program Bunker Hill Superfund Site. Prepared for Idaho Department of Health & Welfare Division of Health, Boise, Idaho. 1999. 112 p.
- Queirolo F., Stegen S., Restovic M., Paz M., Ostapczuk P., Schwuger M. J., Munoz L. Total arsenic, lead, and cadmium levels in vegetables cultivated at the Andean villages of northern Chile. // *Science of the Total Environment*. 2000. № 255(1-3). 75-84 pp.
- Rabinowitz, M.B., Kopple J.D., Wetherill G.W. Effect of Food Intake и Fasting on Gastrointestinal Lead Absorption in Humans. // *American Journal of Clinical Nutrition*. 1980. №33. 1784-1788 pp.
- Riegel S. Methods of extraction and purification. *Industrial Chemistry*. 5th ed., Reinhold Publishing Corp., New York, N. Y. 1960. 960 p.
- Richards P., Wadsworth J. Preparation of lead of a high degree of purity. // *Journal of American Chemistry*. 1980. Sec. 38, №221 1916 p.
- Roberts, T.M., Hutchinson, T.C., Paciga, J., Chattopadhyay, A., Jervis, R.E., VanLoon, J., и Parkinson, D.K. Lead Contamination around Secondary Smelters: Estimation of Dispersal and Accumulation by Humans. // *Science*. 1974. №186. 1120-1123 pp.
- Rubin, C.H., Esteban, E., Jones, R., Noonan, G., Gurvich, E., Utz, S., Spirin, V., Revich, B., Kruchkov, G., и Jackson, R.J. Childhood Specific Lead Poisoning in Russia: A Site-specific Pediatric Blood Lead Evaluation. // *International Journal of Occupational Environmental Health*. 1997. №3 (4). 241-248 pp.
- Schilling, R.J., и Bain, R.P. Prediction of Children's Blood Lead Levels on the Basis of Household-specific Soil Lead Levels. // *American Journal of Epidemiology*. 1988. №128. 197-205 pp.
- Schwartz J., Landrigan P.J., Baker E.L., Orenstein W.A., and von Lindern I.H. Lead-induced anemia: dose-response relationships и evidence for a threshold. // *American Journal of Public Health*. 1990. №80. 165-168 pp.
- Sharov. P. O. Analysis and Recommendations for Lead Health Risk Reduction at Rudnaya Pristan Russia. M.S. thesis. Moscow, ID. University of Idaho. 2002. 170 p.
- Sharov. P. O. IEUBK-GIS Human Lead Exposure Risk Assessment at Rudnaya Pristan. Materials of Int. Conf. INTERCARTO 10: Sustainable Development of Territories: GIS and Practical Experience. 2004. 12 p.
- Shulkin V.M. Pollution of the coastal bottom sediments at the Middle Primorye (Russia) to due mining activity. // *Environmental Pollution*. 1998. №101. 401-404 pp.
- Spalinger S. M. Analysis of Heavy Metal Exposure at Two Mining/Smelting Sites in the United States и Russia. M.S. thesis. Moscow, ID. University of Idaho. 2000. 144 p.
- Technical Review Workgroup for Lead (TRWL). Technical Support Document: Parameters и Equations Used in the Integrated Exposure Uptake Biokinetic (IEUBK) Model

- for Lead in Children (V 0.99d). Prepared for the Office of Emergency и Remedial Response, U.S. Environmental Protection Agency, Washington, D.C. 20460, Research Triangle Park, NC 27711. EPA/540/R-94/040. 1994. 113 p.
- TerraGraphics Environmental Engineering, Inc. (TG). 1999 Five Year Review Report: Bunker Hill Superfund Site. Prepared for Idaho Dept. of Health и Welfare, Boise, ID. 2000. 232 p.
- Toxic Dangers. <http://www.advantage-inspection.com/toxic.html> [March, 2001] 2001.
- Turner, T. LIH Landscape Information Hub: Vitruvius Ten Books <http://www.lih.gre.ac.uk/histhe/vitruvius.htm> [April 2002] 2000.
- U.S. Environmental Protection Agency (USEPA). EPA Characterization of Hazardous Waste Sites - A Methods Manual - Volume II, Available Sampling Methods. 1984. 248 p.
- U.S. Environmental Protection Agency (USEPA). Test Methods for Evaluating Solid Waste. SW-846, 3rd Ed., updates I, II, IIA, IIB, III. 1986a. 260 p.
- U.S. Environmental Protection Agency (USEPA). Air Quality Criteria for Lead, Volumes I-IV. Environmental и Criteria Assessment Office. EPA-600/8-83/028a-dF. 1986b. 143 p.
- U.S. Environmental Protection Agency (USEPA). Guidance Manual for the Integrated Exposure Uptake Biokinetic Model for Lead in Children. Office of Emergency и Remedial Response. EPA/540/R-93/0811994.
- U.S. Environmental Protection Agency (EPA). NPL Site Narrative at Listing. 1995. <http://www.epa.gov/superfund/sites/npl/nar1381.htm> [April 2001]
- U.S. Environmental Protection Agency (USEPA). Recommendations of the Technical Review Workgroup for Lead (TRWL) for an Interim Approach to Assessing Risks Associated with Adult Exposures to Lead in Soil. 1996.
- U.S. Environmental Protection Agency. (USEPA). Technical Review Workgroup for Lead (TRWL). Model IEUBK Bioavailability Variable. Guidance Document. 1999. 28 p.
- U.S. Environmental Protection Agency (USEPA). 2001. www.epa.gov [January 2002]
- von Braun M. C., von Lindern I. H., Khristoforova N. K., Kachur A. N., Yelpatyevsky P. V., Elpatyevskaya V. P., and Spalinger S. M.. Environmental Lead Contamination in the Rudnaya Pristan Dalnegorsk Mining и Smelter District, Russian Far East. // Environmental Research. 2002. №88-A, 164-173 pp.
- Washington State Department of Health (WSDH). Public Health Fact Sheet. <http://www.doh.wa.gov/topics/lead.htm> [March 2001] 2000.
- Wibowo, A. A., Brunekreef, B., Leuret, E., и Pieters, H. The Feasibility of Using Lead in Hair Concentration in Monitoring Environmental Exposure in Children. //International Archive of Occupation и Environmental Health. 1980. №46-3. 275-280 pp.
- Wilson, B. Visit Report Dalpollimetals Lead Smelter - Rudnaya Pristan, International Lead Management Center. 1999. 6 p.
- Xintras, S. D. Analysis Paper: Impact of Lead-Contaminated Soil on Public Health. U.S. Department of Health и Human Services, ATSDR, Atlanta, GA. 1992. 68 p.
- Yankel, A. J., von Lindern, I. H., и Walter, S. D. 1977. The Silver Valley Lead Study: The Relationship between Childhood Blood Lead Levels and Environmental Exposure. //JAPCA. №27. 763-767 pp.
- Zimdahl R. L., Koeppe D.E. Lead in the Environment. Uptake by plants. Report for National Science Foundation. Edited by W. R. Boggess. 1977. 99-104 pp.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1. Список сокращений

ПДК - предельно допустимая концентрация

ГИС - географические информационные системы

IEUBK - Integrated Exposure Uptake, и Biokinetic (IEUBK) Model for Lead in Children - модель поступления свинца в организм детей

LHIP - Silver Valley Lead Health Intervention Program - Программа Серебряной долины по охране здоровья от свинца

ПРИЛОЖЕНИЕ 2. ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВО РОССИИ ОБ ОХРАНЕ ЗДОРОВЬЯ НАСЕЛЕНИЯ И ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Конституция Российской Федерации (1993)

Статья 41

1. Каждый имеет право на охрану здоровья и медицинскую помощь. Медицинская помощь в государственных и муниципальных учреждениях здравоохранения оказывается гражданам бесплатно за счет средств соответствующего бюджета, страховых взносов, других поступлений.

2. В Российской Федерации финансируются федеральные программы охраны и укрепления здоровья населения, принимаются меры по развитию государственной, муниципальной, частной систем здравоохранения, поощряется деятельность, способствующая укреплению здоровья человека, развитию физической культуры и спорта, экологическому и санитарно-эпидемиологическому благополучию.

3. Сокрытие должностными лицами фактов и обстоятельств, создающих угрозу для жизни и здоровья людей, влечет за собой ответственность в соответствии с федеральным законом.

Статья 42

Каждый имеет право на благоприятную окружающую среду, достоверную информацию о ее состоянии и на возмещение ущерба, причиненного его здоровью или имуществу экологическим правонарушением.

Статья 58

Каждый обязан сохранять природу и окружающую среду, бережно относиться к природным богатствам.

Закон Российской Федерации “Об охране окружающей природной среды” (2002)

Статья 3. Основные принципы охраны окружающей среды
соблюдение права человека на благоприятную окружающую среду;
обеспечение благоприятных условий жизнедеятельности человека;
научно обоснованное сочетание экологических, экономических и социальных интересов человека, общества и государства в целях обеспечения устойчивого развития и благоприятной окружающей среды;
ответственность органов государственной власти Российской Федерации, органов государственной власти субъектов Российской Федерации, органов местного самоуправления за обеспечение

благоприятной окружающей среды и экологической безопасности на соответствующих территориях;

допустимость воздействия хозяйственной и иной деятельности на природную среду исходя из требований в области охраны окружающей среды;

обеспечение снижения негативного воздействия хозяйственной и иной деятельности на окружающую среду в соответствии с нормативами в области охраны окружающей среды, которого можно достигнуть на основе использования наилучших существующих технологий с учетом экономических и социальных факторов;

обеспечение интегрированного и индивидуального подходов к установлению требований в области охраны окружающей среды к субъектам хозяйственной и иной деятельности, осуществляющим такую деятельность или планирующим осуществление такой деятельности;

соблюдение права каждого на получение достоверной информации о состоянии окружающей среды, а также участие граждан в принятии решений, касающихся их прав на благоприятную окружающую среду, в соответствии с законодательством;

организация и развитие системы экологического образования, международное сотрудничество Российской Федерации в области охраны окружающей среды.

Статья 5. Полномочия органов государственной власти Российской Федерации в сфере отношений, связанных с охраной окружающей среды

организация и развитие системы экологического образования, формирование экологической культуры;

обеспечение населения достоверной информацией о состоянии окружающей среды;

ведение государственного учета объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду, и их классификация в зависимости от уровня и объема негативного воздействия на окружающую среду;

экономическая оценка воздействия хозяйственной и иной деятельности на окружающую среду;

осуществление международного сотрудничества Российской Федерации в области охраны окружающей среды;

Статья 6. Полномочия органов государственной власти субъектов Российской Федерации в сфере отношений, связанных с охраной окружающей среды

разработка, утверждение и реализация целевых программ в области охраны окружающей среды субъектов Российской Федерации;

осуществление природоохранных и иных мер по улучшению состояния окружающей среды в зонах экологического бедствия на территориях субъектов Российской Федерации;

обеспечение населения достоверной информацией о состоянии окружающей среды на территориях субъектов Российской Федерации;

ведение учета объектов и источников негативного воздействия на окружающую среду на территориях субъектов Российской Федерации;

Статья 13. Система государственных мер по обеспечению прав на благоприятную окружающую среду

1. Органы государственной власти Российской Федерации, органы государственной власти субъектов Российской Федерации, органы местного самоуправления и должностные лица обязаны оказывать содействие гражданам, общественным и иным некоммерческим объединениям в реализации их прав в области охраны окружающей среды.

Статья 39. Требования в области охраны окружающей среды при эксплуатации и выводе из эксплуатации зданий, строений, сооружений и иных объектов

2. Юридические и физические лица, осуществляющие эксплуатацию зданий, строений, сооружений и иных объектов, обеспечивают соблюдение нормативов качества окружающей среды на основе применения технических средств и технологий обезвреживания и безопасного размещения отходов производства и потребления, обезвреживания выбросов и сбросов загрязняющих веществ, а также иных наилучших существующих технологий, обеспечивающих выполнение требований в области охраны окружающей среды, проводят мероприятия по восстановлению природной среды, рекультивации земель, благоустройству территорий в соответствии с законодательством.

Статья 77. Обязанность полного возмещения вреда окружающей среде

1. Юридические и физические лица, причинившие вред окружающей среде в результате ее загрязнения, истощения, порчи, уничтожения, нерационального использования природных ресурсов, деградации и разрушения естественных экологических систем, природных комплексов и природных ландшафтов и иного нарушения законодательства в области охраны окружающей среды, обязаны возместить его в полном объеме в соответствии с законодательством.

2. Вред окружающей среде, причиненный субъектом хозяйственной и иной деятельности, в том числе на проект которой имеется положительное заключение государственной экологической экспертизы, включая деятельность по изъятию компонентов природной среды, подлежит возмещению заказчиком и (или) субъектом хозяйственной и иной деятельности.

Статья 79. Возмещение вреда, причиненного здоровью и имуществу граждан в результате нарушения законодательства в области охраны окружающей среды

1. Вред, причиненный здоровью и имуществу граждан негативным воздействием окружающей среды в результате хозяйственной и иной деятельности юридических и физических лиц, подлежит возмещению в полном объеме.

Закон Российской Федерации “О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения” (1999)

Статья 8.

Граждане имеют право:

на благоприятную среду обитания, факторы которой не оказывают вредного воздействия на человека;

получать в соответствии с законодательством Российской Федерации в органах государственной власти, органах местного самоуправления, органах и учреждениях государственной санитарно-эпидемиологической службы Российской Федерации и у юридических лиц информацию о санитарно-эпидемиологической обстановке, состоянии среды обитания, качестве и безопасности продукции производственно-технического назначения, пищевых продуктов, товаров для личных и бытовых нужд, потенциальной опасности для здоровья человека выполняемых работ и оказываемых услуг;

осуществлять общественный контроль за выполнением санитарных правил;

вносить в органы государственной власти, органы местного самоуправления, органы и учреждения государственной санитарно-эпидемиологической службы Российской Федерации предложения об обеспечении санитарно-эпидемиологического благополучия населения;

на возмещение в полном объеме вреда, причиненного их здоровью или имуществу вследствие нарушения другими гражданами, индивидуальными предпринимателями и юридическими лицами санитарного законодательства, а также при осуществлении санитарно-противоэпидемических (профилактических) мероприятий, в порядке, установленном законодательством Российской Федерации.

Статья 10.

Граждане обязаны:

выполнять требования санитарного законодательства, а также постановлений, предписаний и санитарно-эпидемиологических заключений осуществляющих государственный санитарно-эпидемиологический надзор должностных лиц;

заботиться о здоровье, гигиеническом воспитании и об обучении своих детей;

не осуществлять действия, влекущие за собой нарушение прав других граждан на охрану здоровья и благоприятную среду обитания.

Статья 15.

Пищевые продукты должны удовлетворять физиологическим потребностям человека и не должны оказывать на него вредное воздействие.

Статья 18.

Водные объекты, используемые в целях питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения, купания, занятий спортом, отдыха и в лечебных целях, в том числе водные объекты, расположенные в черте городских и сельских поселений (далее - водные объекты), не должны являться источниками биологических, химических и физических факторов вредного воздействия на человека.

Статья 20.

Атмосферный воздух в городских и сельских поселениях, на территориях промышленных организаций, а также воздух в рабочих зонах производственных помещений, жилых и других помещениях (далее - места постоянного или временного пребывания человека) не должен оказывать вредное воздействие на человека.

Статья 21.

В почвах городских и сельских поселений и сельскохозяйственных угодий содержание потенциально опасных для человека химических и биологических веществ, биологических и микробиологических организмов, а также уровень радиационного фона не должен превышать предельно допустимые концентрации (уровни), установленные санитарными правилами.

Статья 36.

Гигиеническое воспитание и обучение граждан обязательны, направлены на повышение их санитарной культуры, профилактику заболеваний и распространение знаний о здоровом образе жизни.

Основы законодательства Российской Федерации об охране здоровья граждан (1993)

Статья 2.

Основными принципами охраны здоровья граждан являются:

- 1) соблюдение прав человека и гражданина в области охраны здоровья и обеспечение связанных с этими правами государственных гарантий;
- 2) приоритет профилактических мер в области охраны здоровья граждан;
- 3) доступность медико-социальной помощи;
- 4) социальная защищенность граждан в случае утраты здоровья;
- 5) ответственность органов государственной власти и управления, предприятий, учреждений и организаций независимо от формы собственности, должностных лиц за обеспечение прав граждан в области охраны здоровья.

Статья 17.

Граждане Российской Федерации обладают неотъемлемым правом на охрану здоровья. Это право обеспечивается охраной окружающей природной среды, созданием благоприятных условий труда, быта,

отдыха, воспитания и обучения граждан, производством и реализацией доброкачественных продуктов питания, а также предоставлением населению доступной медико-социальной помощи.

Статья 19.

Граждане имеют право на регулярное получение достоверной и своевременной информации о факторах, способствующих сохранению здоровья или оказывающих на него вредное влияние, включая информацию о санитарно-эпидемиологическом благополучии района проживания, рациональных нормах питания, о продукции, работах, услугах, их соответствии санитарным нормам и правилам, о других факторах. Эта информация предоставляется местной администрацией через средства массовой информации или непосредственно гражданам по их запросам в порядке, устанавливаемом Правительством Российской Федерации.

Статья 28.

Гражданам Российской Федерации, проживающим в районах, признанных в установленном законодательством порядке экологически неблагоприятными, гарантируются бесплатная медицинская помощь, медико-генетические и другие консультации и обследования при вступлении в брак, а также санаторно-курортное и восстановительное лечение, обеспечение лекарственными средствами, иммунобиологическими препаратами и изделиями медицинского назначения на льготных условиях.

Закон Российской Федерации “Об экологической экспертизе” (1995)

Статья 11.

Обязательной государственной экологической экспертизе, проводимой на федеральном уровне, подлежат:

...

материалы комплексного экологического обследования участков территорий, обосновывающие придание этим территориям правового статуса особо охраняемых природных территорий федерального значения, зоны экологического бедствия или зоны чрезвычайной экологической ситуации, а также программы реабилитации этих территорий;

Закон Приморского края “Об экологическом образовании в Приморском крае” (2001)

Статья 3. Основные принципы и направления в области экологического образования

1. Экологическое образование осуществляется на основе следующих основных принципов и направлений:

обязательности экологических знаний в системе образования;

участия общественных объединений и граждан в реализации государственной политики в области экологического образования;

...

2. Руководители учреждений, организаций и предприятий, иные должностные лица и специалисты, граждане, связанные деятельностью, оказывающей вредное влияние на окружающую природную среду и здоровье человека на территории Приморского края, обязаны иметь необходимую экологическую подготовку, которая учитывается при назначении на должность, аттестации и перееаттестации работников.

Статья 13. Обеспечение экологического просвещения

1. В целях обеспечения конституционного права граждан на достоверную информацию о состоянии окружающей среды и формирования нравственного отношения к природе осуществляется экологическое просвещение населения через средства массовой информации, музеи, библиотечную сеть, эколого-просветительские центры, лектории, экологические инициативы и акции.

Lead Health Risks at Rudnaya Pristan, Russia

Lead has thousands of uses in modern human life. In order to satisfy the growing demand for the metal, enormous amounts are produced every year. As a result, lead pollution and accumulation in the environment threaten both human health and the environment. It becomes an especially serious problem in areas where lead is mined and processed. Highly industrialized countries where these problems take place have to develop solutions to mitigate the negative effects of lead on human health. Russia and the United States may serve as perfect examples of countries that have to deal with high levels of industrial lead pollution.

The present publication concentrates on two lead smelter sites: Rudnaya Pristan in Russia and Bunker Hill in the U.S. The main focus is on lead environmental contamination and its impacts on the health of children, since they are most sensitive to lead exposure and their health damages are most severe (ATSDR 1997, CDC 1984, 1991). The similarity of the problems in both countries is likely to produce similar solutions. Therefore, an exchange of experience and information would prove very useful in dealing with lead health dangers. The problems at the Bunker Hill (also known as the Silver Valley) site in Idaho have received much attention and substantial financing, which helped reduce human exposure to lead and significantly improved the environmental situation. The lessons learned at the Bunker Hill site may help solve problems at Rudnaya Pristan in Russia, where no actions have been taken.

According to data collected by a group of Russian and American scientists in 1996-1997, lead contamination of the Rudnaya Pristan and Dalnegorsk district currently poses significant potential health risk problems to the area residents. Levels of contamination as high as 95000 mg/kg were detected in the soil. On average, soil samples of the residential yards contained 2095 mg/kg of lead (von Braun et al. 2002). These data suggest that drinking water, interior dust, and garden crops also likely contain dangerous levels of lead. The lead levels in people's blood are above the "safe" level (10 µg/dl) for most of the residents.

It should not be surprising that the area where a lead smelter has been operating for 70 years is so highly contaminated. The surprise is that since 1930 there has not been a single educational or technical environmental program to address the environmental and human health concerns. The residents of the area were simply left to deal with their health risk problems on their own and are unaware of the risks. To collect precipitation for watering their gardens, some people in Rudnaya use old casings of

submarine batteries that were recycled by the smelter. Measurements of the residues of those casings showed 293000 mg/kg lead contamination. This sole fact illustrates both the low level of local awareness of the risk from lead exposure and the poor hazardous waste management at the smelter.

The main question now is whether and how the current situation can be changed for the better. The primary responsible organizations in the district are Primorye Department of the Federal Ministry of Natural Resources, Regional Administration, Municipal Administration of Dalnegorsk District, and the private owner of the smelter, Dalpolymetall company. All of these organizations are obliged by current legislation (Federal Law of Environmental Protection 2002) to take actions to maintain a healthy natural environment. However, due to the current political and economic situation in Russia, none of those stakeholders is able to start or responsibly take part in a full-size cleanup and project to mitigate lead exposure. Therefore, for the situation to change the following steps must be taken:

- determine the full extent of environmental degradation and human health risk,
- identify the costs and stages of the future cleanup project,
- achieve sufficient financial support,
- create political incentives.

Lessons learned from similar sites worldwide will be helpful. The Bunker Hill site in the U.S. has experienced conditions similar to the ones in Rudnaya Pristan. This site also has had old smelter, human health problems, and critical levels of lead contamination. Unlike in Russia, at the Bunker Hill site a number of environmental and medical programs have addressed the issues. The experience accumulated during the past decades in the Bunker Hill area may be invaluable for Rudnaya Pristan. Early efforts at Bunker Hill preceded the availability of CERCLA funds in 1980 and involved low-cost, low-technology approaches that could be implemented at Rudnaya. Therefore, in order to consider the possibility of improving the situation in Russia, the Bunker Hill site experience must be carefully studied and, with appropriate accommodations to local conditions, be applied in Rudnaya Pristan. Analysis of the efforts applied at Bunker Hill site will most likely reveal some methods of lead health risk reduction that would be useful in Rudnaya Pristan. Use of the Bunker Hill site experience, joined with understanding of the legal frame of environmental issues in

Russia and reality of Rudnaya Pristan, should provide enough basis to determine solutions to Rudnaya Pristan problems.

Description of Rudnaya Pristan

Rudnaya Pristan is a small industrial town in the Russian Far East, approximately 400 km northeast of Vladivostok. The population averages 5,000 people including nearby villages. This area is part of the Dalnegorskiy District with the administrative center in the city of Dalnegorsk (population 45,000), about 30 kilometers from Rudnaya Pristan. During the Soviet era, the Dalnegorskiy District was developed as an industrial mining area because it has one of the richest mineral deposits in the Far East. The government built numerous mines, plants, and smelters. During that era, little consideration was given to health risks associated with industrial pollution. It was national policy for the government to build residential areas in the immediate vicinity of the industrial sites. Therefore, the industrial pollution accumulated in and near the people's houses placing residents at increased health risk. This situation lasted for a long time and still exists now, though in the 1990's comprehensive legislation was adopted to address the standards of environmental quality and in 1993 it was constitutionally acknowledged that people have the right to a clean environment (Constitution 1993).

The Rudnaya Pristan smelter, located at the mouth of the Rudnaya River approximately 1.5 km from the bay, was established in 1930 by the actor Yul Brynner's family. It is known to be the only remaining open-hearth furnace in Russia utilizing the British "Newman" process. The plant was nationalized by the Soviets in 1932 and few technological improvements have since been made. Therefore, at present the main technological processes are much like they were in the 1930s. One of the few updates was the installation of a mechanized forklift in 1970, to replace hand labor to stir the ore. The plant appears to be in abject disrepair operating with technology of 1930's and with few health or safety precautions..

Starting in the 1930s, industrial development of Rudnaya Pristan brought a variety of pollution into the area. Sources of environmental pollution included construction, operation of the smelter, transportation, and related poor hazardous waste management. Air pollution remains one of the main environmental problems. Particulates of high lead content came from the smelter stacks and were distributed throughout the site with the wind. From this airborne transport and deposition, lead and other heavy metals accumulated ubiquitously and contaminated soils, water, houses, and gardens. Data from other sites with similar industry suggest that breathing air filled with lead-contained dust contributes to lead-

associated health problems of the local population (ATSDR 1988, ATSDR 1994, ATSDR 1997b, CARB 1997, USEPA 1995).

There is evidence of SO₂ emissions extending about 2 kilometers to the west of the plant (Wilson 1999, von Braun et al. 2002). An approximately 3 km strip around the smelter is denuded and heavily eroded. The shrubs and trees growing in this area are stressed, lack normal lichen cover and exhibit poor, abnormal growth due to sulfur dioxide emissions. Plant extracts have been reported to have 0.3 mg/l As, 9 mg/l Zn, 20 mg/l Pb and 0.5 mg/l Cu (Kachur 1996).

The environment of Rudnaya Pristan has been studied for a number of years, and area soils have been found to be highly contaminated with heavy metals, such as Pb, Cd, Zn, Cu (MNRRF 1999, von Braun et al. 2002). A recent study, conducted in 1997-1999, revealed dangerous concentrations of lead in soil near the smelter and throughout the town (von Braun et al. 2002). Sampling efforts focused on roadsides, gardens, yards, riverbanks, railroad beds, beaches, and playgrounds. Soil samples taken from residential gardens averaged 2200 mg/kg Pb, which exceed USEPA remedial trigger levels of 400-1200 mg/kg (Federal Register 2001). School areas and playgrounds in Rudnaya Pristan averaged 550 mg/kg, with a maximum of 1350 mg/kg soil Pb. One paint sample was collected and contained 0.75% Pb, compared to the U.S. trigger level of 0.5%. In Rudnaya Pristan, the exteriors of houses were commonly painted with lead-based marine paints salvaged from ship maintenance activities in the local port (von Braun et al. 2002). Table 1 shows that soil lead contamination levels up to 95000 ppm were found at Rudnaya Pristan. The highest levels were from the samples near the railroad where lead concentrate was spilled. Even the lowest concentrations of lead at locations farthest from the smelter still show contamination 160–896 ppm far exceeding background level. Exposure to lead from contaminated soil through ingestion is acknowledged as the primary pathway for children (Lanphear et al. 1998, Xintras 1992, USEPA 1986, Yankel et al. 1977, Roberts et al. 1974).

Another important pathway of exposure to lead is consumption of locally grown fruits and vegetables. It is common in the Russian country side, and is true in Rudnaya Pristan, that people try to grow as much food as possible in their gardens in order to avoid buying food at the market and to ensure a quality food supply year round. Primarily, people grow potatoes. This main food item is grown in larger quantities than any other crop. In Russian cuisine potatoes are almost always peeled and washed which excludes risk of ingestion of contaminated soil with consumption

of the potato. On the other hand, lead contained in soils of the area may be accumulated in tubers of the plant and thereby be ingested. Second to potatoes are tomatoes, cucumbers, and a number of berries. Both tomatoes and cucumbers are popular summer foods used primarily for making salads, and marinated or preserved for winter in large quantities. In preparing these vegetables, they are always washed and that reduces risk of ingestion of accumulated lead-containing dust. Like potatoes these vegetables also may accumulate lead in their tissues from the contaminated soil on which they are grown. Since potatoes, tomatoes, and cucumbers are consumed year round it may mean year round exposure to lead for most of the families in Rudnaya Pristan. Another important part of the local diet is berries. Strawberries and currants along with some other berries are used mainly for making jams for wintertime consumption. In preparing jam, the berries are also always washed and so the lead-containing air deposited dust does not get ingested. If the locally grown berries accumulate lead from the contaminated soil, exposure to lead from this source is mostly during fall and winter periods. However, the berries are also often eaten by local children without washing and that is a source of exposure to lead from air dust. Other crops, although grown in the gardens, represent a much smaller portion of the local diet.

The locally grown crops collected by Russian researchers in Rudnaya Pristan. It was found that some vegetables and fruits have been characterized as yielding average dry weights of 16.5 mg/kg Pb, 5.6 mg/kg Cd and 32.0 mg/kg Zn in strawberries, with lesser but significant levels indicated in potatoes, cucumbers and tomatoes (Kachur et al. 2002). Another study conducted by the author in 2003-2005 revealed high concentrations of heavy metals in edible parts of potatoes grown in Rudnaya Pristan and neighboring villages. Concentration of Pb ranged from 0.08 to 23.93 $\mu\text{g/g}$ (2.22 $\mu\text{g/g}$ average). Concentration of Cd ranged from 0.2 to 1.27 $\mu\text{g/g}$ (0.39 $\mu\text{g/g}$ average). Concentration of Zn ranged from 7.39 to 46.14 $\mu\text{g/g}$ (22.19 $\mu\text{g/g}$ average). Concentration of Cu ranged from 0.78 to 7.23 $\mu\text{g/g}$ (3.10 $\mu\text{g/g}$ average).

Health studies of the whole Dalnegorsk District conducted during the Soviet era revealed the anomalous structure and extent of local health problems. Respiratory pathologies and infections hold the first place in the structure of diseases and health problems. In 1987-1989 on average there were 538 cases of respiratory problems per thousand residents per year, the highest rate among all industrial centers of Primorye. At the same time there were 1048 and 1010 cases of respiratory problems per thousand children in Dalnegorsk and Rudnaya Pristan, respectively. Starting in 1981,

there a steady increase of heart pathologies in children of 0 – 14 years was noted (Kachur 1996).

There has been no comprehensive health study conducted at Rudnaya Pristan regarding lead health hazards. It is noted from direct observation in the town that residents do have health problems that could be associated with lead contaminated environment. For instance, residents of “Milaya” street, which is the closest in the city to the smelter, complained of their child’s physical condition. They said that their seven-year-old boy had health problems ever since birth. The list includes 2% visual capacity of one eye, annual bronchial respiratory troubles and absence of high temperature when sick. Since they live close to the smelter, less than half a kilometer, they are likely to suffer from the heavy metals contaminated dust and smoke coming from the smelter. The soil samples of their garden and yard yielded from 1,800 to 4,610 ppm of lead which rates among the most polluted in town.

Other data collected by Russian researchers also indicate that lead accumulates in the bodies of area residents and may harm their health. According to the results of a survey conducted in 1986 and reported by Kachur (1996), hair lead levels in kindergarten children averaged 5.6 µg/g and ranged to 9.6 µg/g, compared to background levels of 0.44 µg/g (Table 8). Hair lead levels of smelter workers averaged 286.6 µg/g, which is significantly higher than background samples yielding 6.7 µg/g, taken in Terney, an unindustrialized town about 100 km north of Rudnaya Pristan.

Bunker Hill Super Fund Site Experience

The Bunker Hill site area has experienced one of the most severe epidemics of lead poisoning in the world. From the 1890s and until the 1970s the situation was not recognized as critical and no major actions were taken to protect the residents from the effects of industrial pollution. The very location of the large industrial complex in a small valley surrounded by mountains and the scale of production resulted in widespread contamination of the whole area with heavy metals and seriously affected the health of the people living there. In the mid-1970s, after the baghouse fire, attention was drawn to the disastrous situation at Bunker Hill, and the first assessments were made to estimate the health impacts due to industry. In the 1980s significant steps were taken by all levels of government to address the problem. A comprehensive plan to improve the situation and reduce health risks was developed and a Superfund project was started. As a result of multiple efforts applied by federal, state, and local powers within the past decade tremendous progress was achieved. Contaminated soils were cleaned up to acceptable levels in the towns of Kellogg, Smeltonville,

Pinehurst, Wardner, and Page located on the site. Communities received the necessary support to mitigate and avoid the lead hazards. As a result of these actions the blood lead levels of the residents of the area have dropped radically in comparison with the 1970s and early 1980s and lead health risks in the area have been practically eradicated.

The entire Bunker Hill story can be clearly divided in three phases. First, it took years for authorities to recognize the problem. A lead health study was conducted in 1974, which found that people living in the area are severely lead poisoned. Only ten years later, after passage of CERCLA, Bunker Hill was added in National Priorities Listing. Second, once the problem was acknowledged, steps were taken to mitigate the adverse health effects while cleanup actions were planned and implemented. These measures, from early health response and monitoring activities to a comprehensive lead health intervention program, helped greatly to reduce the lead health risks at the site. And third, during the past decade, residents of Bunker Hill were gradually relieved of heavy metal contamination of the area through the cleanup actions accomplished by the U.S. Environmental Protection Agency and the state. The 25 year period spans from a local environmental and health crisis to achievement of relative safety and stability. It took over a quarter of a century for citizens to have their right for clean environment satisfied. Fortunately, it did not take longer and the problems were at last addressed properly and solved.

The two sites, on opposite sides of the Pacific Ocean, have much in common with respect to environmental and health problems. While the situation at Rudnaya Pristan in Russia remains critical and unattended, the Bunker Hill site is an example of proper measures taken to mitigate and eradicate lead health hazards. A closer look the situations in Russia and the United States shows differences, but those differences do not preclude deployment of the American experience on Russian soil. Home yard and community dust control, re-vegetation and greening efforts, biological (blood lead) monitoring, nursing follow-up, parental awareness, and public/school education programs are examples of things which, with proper planning and consideration, could be done at Rudnaya Pristan. Although these actions cannot not guarantee an acceptable reduction of lead health risks in the community, these measures should prove to be effective and make a difference without a prohibitively expensive project of soils cleanup and families relocation.

Lead Health Risk Assessment at Rudnaya Pristan

In order to understand the situation in Rudnaya Pristan, it is necessary to estimate the extent of lead poisoning at the site. This was done by means

of blood lead sampling and evaluating through modeling based on data of environmental lead contamination data. The modeling was done by means of Integrated Exposure Uptake Biokinetic (IEUBK) Model.

The IEUBK Model was developed in the United States in order to predict blood lead concentration in children exposed to lead from environmental contamination (TRWL 1994, USEPA 1994). This software combines estimates of lead intake from lead in air, water, soil, dust, diet, and other ingested media, with an absorption model for the uptake of lead from the lung or gastrointestinal tract, and a biokinetic model of lead distribution, and elimination from a child's body, to predict the likely distribution of blood lead for children of ages 6-84 months exposed to lead in these environmental media (TRWL 1994, USEPA 1994). The model was made to provide estimates for children since they are most sensitive to lead exposure and their health damages are most severe (ATSDR 1997, CDC 1984, 1991).

Environmental data obtained at Rudnaya Pristan by von Braun et al. (2002) during 1996-97 studies, previous research at the site done by Russian scientists, and data collected by the author in 2003-05 were used to conduct human lead exposure risk assessment analysis involving IEUBK Model and methods of Geographic Information Systems (GIS). The purpose of the analysis was to predict the actual lead health hazard situation of Rudnaya Pristan and provide the basis of the lead risk assessment of the study area.

The IEUBK model analysis can give estimates for some known locations in Rudnaya Pristan. Although such estimations are good to show whether there may be problems in town, these data cannot provide an overall view of whether the situation in the whole settlement is catastrophic or if there are only some parts of town that call for action. Judging only by the soil contamination data and comparing it to historical data from Bunker Hill Superfund site it can be inferred that people in Rudnaya Pristan are being severely lead poisoned similar to the Silver Valley site in Idaho. But since there are some obvious differences between the two sites, a careful exposure assessment involving spatial data should help create a representation of where and how big the health problems in town are.

After conducting IEUBK analysis for each location, the existing and derived data were inserted into the digitized GIS shapefile table representing the analyzed locations. Then the IEUBK predicted blood lead values were subjected to spatial interpolation GIS procedures in order to create approximate representative estimations of the predicted by the

model extent of the Rudnaya Pristan health problems associated with elevated blood lead levels.

Blood lead concentration predictions were produced by IEUBK model according to four scenarios a, b, c, and d. Scenario a used only soil contamination data from research conducted in 1996-97. Scenario b used same data, but also employed data on bioavailability of lead in soil and modeled lead concentrations in indoor dust. Scenario c used all available data before 2003 and modeled exposures from lead in soil, dust, air, and locally grown foods. Scenario d used data on lead content in soil and main local food item potato from the research conducted by the author in 2003-05. Results were displayed as graph of distribution probability percent for range of ages 0 – 84 months. Geometric mean values of blood lead level, maximum predicted blood lead concentrations, and probability percent of children with lead concentration above 10 µg/dl were recorded.

In scenario “a,” geometric mean values ranged from 3.5 to 19 µg/dl blood lead concentration, suggesting that, in some parts of town, there are children with elevated blood lead levels and in other less contaminated areas children are at less risk of lead poisoning. The highest geometric mean values were obtained for areas closest to the smelter, as expected. The mean blood lead concentration of 19 µg/dl, predicted for that area, is known to cause serious health damages (CDC 1991) and for such reasons the U.S. standard was decreased to 10 µg/dl (USEPA 2001).

It is noteworthy that even at point “•4”, a sample with least soil lead concentration (160 µg/dl), the IEUBK model showed that there is a possibility for a child to have an elevated blood lead level, 13 µg/dl. This suggests that children may have elevated blood lead levels anywhere in town. The probability percent of children with elevated blood lead levels ranges from 1.2% to 90.7%. Such estimations indicate that there may be large differences within the area. USEPA considers 5% to be unacceptable and requiring actions to reduce exposure to lead. Overall it can be observed that for scenario “a,” the IEUBK model generally predicts high blood lead concentrations, but does not portray the situation as catastrophic because only the areas closest to the smelter are of serious concern. Compared to scenario “a,” the scenario “b” estimated that children in most of the town have elevated blood lead levels and in some areas the situation is serious.

Scenario “c,” although not completely based on data obtained by approved in the U.S. methods from the site and based to some extent on estimations of exposure, was an attempt to model as close to the real situation in as possible. Thus, scenario “c,” while carrying the least degree

of credibility in respect to building analysis on many assumptions, is the one most likely of the first three scenarios to represent the reality in Rudnaya Pristan. First, it was found that only one result predicted a geometric mean blood lead level below 10 µg/dl, 9.2 µg/dl for point 4. At the same time for the same point, the maximum possible value of blood lead concentration was predicted 35 µg/dl. At this location where the soil concentration is the least in town the IEUBK model predicted 40% probability of blood lead level above the 10 µg/dl level. The whole town was estimated to have high blood lead levels. The maximum possible blood lead level on site was assessed at 120 µg/dl. For children living near the smelter and/or the railroad, geometric mean blood lead concentrations were estimated to be in between 20 and 34 µg/dl, which means significant lead poisoning. The model calculated, that for most of the town, there was a 90% probability for children to have elevated blood lead levels. Such results show that the situation in Rudnaya Pristan is serious and all known pathways of exposure cause health problems associated with lead poisoning. Scenario “d” produced results similar to scenario “c” indicating that only in the southern part of Rudnaya Pristan (farthest from the smelter main stack) the most likely average blood lead levels are below 20 µg/dl.

In 2005 in towns of Dalnegorsk, Serzhantovo, Monomakhovo, and Rudnaya Pristan there was conducted actual blood lead testing of children, which was financed by Blacksmith Institute and organized by the Far Eastern Health Fund and Dalnegorsk Division of the Center of State Sanitary and Epidemiologic Supervision for Primorye. In Rudnaya Pristan 120 children were tested and over 50% of them had blood lead concentrations above the “safe” level of 10 µg/dl. The blood lead level ranged from 1.6 to 56.7 µg/dl (average 12.4 µg/dl). Spatially, the children at the highest risk of lead poisoning live closer to the smelter in the central, eastern and western parts of town. Most of tested children live in the southern part of Rudnaya Pristan where lead health risk is lower. These data generally support the results of IEUBK-GIS analysis thus indicating that presented methods of lead health risk assessment could be successfully used for purposes of developing risk mitigation measures and environmental remediation project.

Rudnaya Pristan Environmental Restoration Project

The area of Rudnaya Pristan is known to be highly contaminated with heavy metals. The smelter, located within town borders, serves as the main source of pollution for air, soils, and water. Adverse health effects of exposure to heavy metals, most of all lead, are well known and it is assumed that residents of the site suffer health problems due to constant

exposure. According to law people have the right to claim compensation for their health damages caused by a contaminated environment (Constitution 1993, FLPHC 1993, RFLEP 2002). The law also states that should there be health damages to the population, response measures and cleanup or exposure mitigation actions are to be taken (RFLEP 2002). Hence, the need for creation and implementation of a comprehensive environmental project to address the issues of environmental quality and public health in Rudnaya Pristan is paramount and supported by the law.

Such a project would aim for substantial improvement of environmental quality, elimination or, at least, drastic reduction of residential exposure to heavy metals, and restoration of the damaged environment. The creation of such a project can benefit from the vast experience of a similar site in the U.S., the Bunker Hill Superfund Site in Idaho. Despite the differences between the two nations, both the Russian and American sites share many features and a successful project completed in Idaho may bring valuable approaches to the Rudnaya Pristan project.

The actions necessary in Rudnaya Pristan are similar to those taken at the Bunker Hill site and include, but are not limited to, health monitoring and intervention, relocation of families, soil cleanup, and environmental awareness programs. It is more important, however, to determine how the project is to be planned and who would be responsible for implementation and financing.

The first stage of the project would be to gather information which would demonstrate that residents of heavily polluted areas suffer health problems and that these problems of environmental contamination and residents' health could not be solved by relying only on local resources. The basis of such data is already provided by the work done on the site by researchers of the region. It is already admitted that Rudnaya Pristan is one of the most contaminated cities in Russia. A government sponsored health study to reveal the connection between the environmental pollution and health problems of the population should be conducted and will serve as a proof for the need of action. After scrutinizing the collected data, authorities can decide whether Rudnaya Pristan is eligible for the status of "extreme ecological situation zone" and, accordingly, apply to the Government of Russia for the area to gain such status.

The results of the lead exposure assessment show the need for immediate actions. If nothing is done, the situation would not change and people would continue to suffer from lead exposure and health problems related to industrial pollution. The Russian reality at present is such that no expensive project similar to the Bunker Hill Superfund Site is achievable.

It is neither within present government policy, nor affordable, to undertake an extensive cleanup of the area and run a comprehensive medical help program at the site. The administrations of Dalnegorsk District, Primorskiy krai, and the federal environmental agency are not presently involved in developing a project to solve the problems of Rudnaya Pristan residents. Years ago Russian scientists proposed relocation of the population, use of antidotes to lead by the local population, and health intervention activities, but none of these actions were even considered by authorities. People of Rudnaya Pristan have been kept unaware of lead hazards and some of them would not dare to talk about it aloud fearing that the plant would be closed and they would be left without jobs.

Of all the actions that may be applicable to improve the environment for people in Rudnaya Pristan two primary criteria are, that they (1) minimize pathways of exposure to lead and (2) are low-cost. The criterion of low-cost is explained easily: the more funds to be requested for the project, the less feasible the proposal will be.

Therefore, the way to determine the actions to implement is to use knowledge of the area and local conditions and to assess the actions which would eliminate or reduce pathways of exposure and make a situation closer to scenario "a" (soil exposure only), than to scenario "c" and "d" (multiple exposures). Scenario "a" is likely the most realistic goal since most soil will not be cleaned up in the foreseeable future.

The children in Rudnaya Pristan breathe polluted air. Air, filled with lead-containing particles, also contaminates soil and indoor dust. Indoor dust is significant in the scheme of the exposure as could be seen from the comparison of scenarios "a" and "b." Contaminated soil is an important pathway of exposure and also transfers lead to indoor dust and homegrown food. Crops, raised on contaminated soil, are the final component of exposure.

Air quality could be improved by installing better dust-catching and filtering equipment at the smelter. Therefore, the administration of the smelter, either on their own or by agreement, by enforcement, or with help from environmental authorities should install better techniques to comply with air standards and reduce air pollution. Once that is done, the blood lead levels should go down immediately as happened in Bunker Hill. It would also notably improve the health of the local population by decreasing incidents of respiratory illnesses, which are now significant. In 2004 smelter owner company Dalpolymetall promised that it would remodel the plant and would no longer smelt lead from concentrate. This gives hope that problem of air pollution could be solved

Unlike the air pathway, exposure to dust could be minimized by actions of the residents themselves. It is assumed in scenarios “b,” “c,” and “d” that soil lead concentration contributes 70% of indoor dust contamination. By creating a public awareness program and explaining how soil contamination could be prevented from entering houses, indoor dust lead concentrations could be greatly reduced. Unlike in some American households, in Russian families people traditionally do not walk inside with their street shoes. Also, an average family washes the floor in the house once a week and the floor of the corridor may even be washed everyday. Not all Russian families have vacuum cleaners, but their carpets are regularly cleaned (usually by taking them out of the house) and sometimes washed. The floor beneath the carpets is washed weekly. All that could be asked from residents is to implement even stricter standards of cleanliness in the house. Distribution of free or inexpensive vacuum cleaners, like was done at the Bunker Hill site, would also contribute to reduction of indoor dust mass and lead concentrations.

Another aspect of house dust lead reduction is that old railroad ties should not be used as firewood or for any other purposes. Materials burned in stoves contribute significantly to indoor dust. All old railroad ties should be collected by the authorities or administration of the smelter and removed from public access.

Lead-based paint, another source of lead in house dust, should be removed from households. At the moment, there is no proof that residents paint the interiors of their houses with lead based paint. The interior walls of most Russian houses and apartments are not painted, but decorated with wallpaper. Usually window frames are painted in all houses, but a special survey is needed to determine whether lead-based paint is used. If it is, then residents should be supplied with lead-free paint and educated about lead-based paint hazards. Undoubtedly, nobody would like to risk the health of their children and residents would repaint. Authorities should sample houses for lead-based paint and help families repaint by providing paint, equipment, or physical help.

Reducing exposure to contaminated soil is more difficult since it will not be cleaned up in the near future. Public awareness may reduce this exposure route significantly by explaining to people how they should control their children’s activities. It was shown in the 1996-97 studies by von Braun et al. (2002) that playgrounds, river and sea beaches (except in the immediate vicinity of the port area) are less contaminated than the rest of the town. Therefore, children should be encouraged to spend more time in those areas. On the other hand, playing with garden or yard soil and

near the railroad must be strictly prohibited. It is known that children ingest soil and by playing on the railroad may swallow a pure concentrate with up to 202029-ppm lead content (von Braun et al. 2002) and a 37% absolute bioavailability (Kachur 2002). Both elimination of this source and access to it should be the first priority. By controlling the behavior of children and identifying relatively clean and safer play areas, exposure to contaminated soil could be reduced to some achievable minimum. This approach may prove difficult for active and disobedient children, but without soil cleanup it seems to be the only way. Fencing areas of high contamination like the port area should also help reduce exposure.

Exposure to lead from garden crops may even be more difficult to reduce than from soil. Most of the population in Rudnaya Pristan gets significant portions of their food from gardens and would not give it up because they cannot afford to buy all of their food from the store. The only way to change this is to provide people with land in areas where the soil is relatively clean. Generally, this is possible, because all the land in Russia belongs to the government and could be given to families as compensation for health damages resulting from industrial pollution. The process of land distribution could be complicated though and involve court and/or special commission decision, but is doable, as government distribution of land is a common practice in Russia. Another problem would be that the new cropland would be far from the residences so some people may refuse to walk that distance and prefer land that is contaminated, but is close to their house. Some people would likely resist the notion that their own land, in fact, is dangerous to use. Also, new land would most likely require additional work to clear the forest, plow, and fertilize.

An ideal situation would be to provide families not only with land but also with long-term no or low interest loans to build houses or with new government built apartments or houses farther from the smelter and near the new farm land. It basically means relocating families from the danger zones. Such a project will most likely not be implemented, since it would involve considerable amounts of money and was not done after being proposed years ago by Russian scientists. Nevertheless, it remains one of the options, if the amount of financing and details of this project are calculated and proven viable within the total funding scheme of a Rudnaya Pristan environmental restoration and lead exposure reduction plan. The houses located close to the smelter are not new or expensive. Most of those buildings are old and poor to live in. Residents would cooperate and work toward any idea of the government to help them move to a new home, especially after learning more about lead health dangers.

If relocation is not workable, or before relocation, people should be advised about contaminated garden crops. Probably the only thing residents can do is not let children eat any unwashed fruits, vegetables, or berries either from the garden or the wild. This way children would at least not eat contaminated dust that accumulates on those crops while they were growing. In summary, locally grown food will remain a substantial part of the local diet and reducing contamination in garden crops will be a complicated part of the Rudnaya Pristan project.

Several actions are needed regarding the railroad. First, the railcars that are used to transport lead concentrate to the smelter have to be reconsidered in design or use so that the transported concentrate does not spill and contaminate the town. For instance, special covers on top of the railcars could be installed, or the lead concentrate could be loaded to only half the capacity of the cars.

Second, the length of the railway, at least within the city boundaries, must be remediated, regardless of methods. Currently, this is likely the most hazardous public place in town and elimination of this threat would substantially reduce lead exposure of local children. Once these actions are taken, danger associated with the railroad will be minimized. Finally, old railroad ties should not be abandoned in town. They must be taken to a specially designated disposal area and residents should not be allowed to re-use those ties for any purpose. Residents should be prohibited to walk on those ties and children should not be allowed to play around them.

Of these actions, only cleanup of the railroad requires a substantial investment. This cost, though not as big as cleanup of the whole town, would have a tremendous positive effect if implemented. If some funds are ever appropriated for the Rudnaya Pristan project, a portion of them should be applied to cleanup of the railroad. It is also important that present and former owners of the railroad pay partial or full costs to clean it up.

Old submarine battery casings, that are currently just scattered around town near the smelter and are used by some residents to collect rainwater, should all be collected and disposed of, along with the old railroad ties. A sample of rusty dust from one such casing yielded 293,000 ppm of lead, the highest concentration found in the area. People use the rainwater collected in these containers to water their gardens, thus contaminating their soil and crops. These battery casings must be collected by the administration of the smelter and removed from public access. The administration of the city should issue an order for the residents of the area to cease using these casings and for management of the smelter to collect them. Another option may be a thorough cleaning program for these casing before giving them

to people. But creation and evaluation of such program are questionably practicable regarding local conditions.

Public awareness programs is among the cheapest measures to accomplish and among the most efficient in reducing blood lead levels (PHD 1999, TG 2000). Both adults and children should be educated about negative effects of lead on human health and ways to reduce or avoid exposure to heavy metals in their families. The information should be delivered to people in public meetings and in the form of printed media, similar to how it was done in Bunker Hill. Information that has been presented in the present work should be given to people in an easy-to-understand, clear format. Even people who do not care much about their own health would take steps to reduce exposure for their children and substantial progress could be achieved.

Education of children could be done in schools and kindergartens in the form of interactive games, lessons, and lectures. These programs are also cheap to implement and can easily be authorized and organized by the departments of public education of Rudnaya Pristan and Dalnegorsk. Children should be told what lead is, why is it dangerous, how it enters the body, and how they can stay away from exposure. If children were told these things, both in school and at home, a reduction in blood lead levels would be achievable.

Organization of health intervention, medical help, and monitoring programs, although they would require substantial while not excessive funding, must be done regardless of whether or not other proposed actions are implemented. Most importantly, children of the area should be tested for blood lead levels. The relation between the lead concentrations and health problems are known from world medical experience. Accordingly, each case of elevated blood lead level should be studied and the reasons for the increased blood lead concentration should be identified in order to reduce that individual's exposure to lead.

Special attention should be paid to the health of children because they are more sensitive to lead exposure than adults. The local administration, using funds from within or outside Dalnegorsk District, can issue an order of obligatory blood lead testing in schools and kindergartens; similar orders are common place in Russia. From already conducted general blood tests of children in Rudnaya Pristan some effects that could be related to exposure to lead are seen (Kachur 1996). By measuring the blood lead concentrations in children the relationship between the observed adverse health effects in the population and industrial pollution could be developed. Such findings would help in treating patients and could also

serve as grounds for involving resources outside of the area to improve the environmental situation.

A health program in Rudnaya Pristan would prove less troublesome and cheaper than at Bunker Hill, but it would not be less effective. This action should be the primary one to accomplish on site and shall be the basis of success for the whole Rudnaya Pristan project.

CONCLUSIONS AND RECOMMENDATIONS

Lead is the primary contaminant of the Rudnaya Pristan area. Local residents are generally unaware of lead health risks and suffer from poor hazardous waste management, spills of lead concentrate, polluted air, and exposure to lead from the locally grown crops. Previous studies indicate that people living in Rudnaya Pristan are likely to have high blood lead levels and be diagnosed with various stages of lead poisoning. A proper health and lead exposure study could better define the situation critical and confirm the necessity of actions to reduce lead health risk.

Improvement of the situation in Rudnaya Pristan is possible within the existing legislation and administrative structure. It is clear that laws protecting environmental quality are being violated. By following the proper procedures, local or regional administrations could start the process of making Rudnaya Pristan attain the status of “zone of ecological disaster.” This would lead to involvement of federal funds to solve the environmental problems.

A site similar to Rudnaya Pristan, the Bunker Hill site in US, Idaho, has experienced one of the most severe epidemics of lead poisoning in the world. As a result of multiple efforts by federal, state, and local governments, within the past decade tremendous progress has been achieved to improve environmental situation and reduce health risks.

Rudnaya Pristan and Bunker Hill sites have much in common with respect to environmental and health problems. The situations in Russia and the United States are somewhat different, but those differences do not preclude use of the American experience on Russian soil. Home yard and community dust control, re-vegetation and greening efforts, biological (blood lead) monitoring, nursing follow-up, parental awareness, and public/school education programs are examples of steps which, with proper planning and consideration, could be applied in Rudnaya Pristan. Most of the actions taken at the Bunker Hill site can be efficiently carried out in Primorye but for much less money than was spent in the U.S. and be just as efficient.

The lead health risk assessment conducted for Rudnaya Pristan, although simplistic and approximate, predicts incidence of elevated blood lead levels in the whole town with health risks increasing in the vicinity of the smelter.

To remediate the situation, my proposal is to:

- organize public awareness and children's education programs,
- organize a health monitoring and intervention program with obligatory blood lead testing of children
- give people uncontaminated farm land,
- order better hazardous waste management for the smelter administration,
- apply for status of "extreme ecological situation zone" for Rudnaya Pristan,
- fence industrial zones and areas of high contamination,
- conduct a survey of lead-based paint use and distribute non lead-based paint for repainting of houses,
- cleanup the railroad area and change methods of lead concentrate transportation
- reduce air pollution of the smelter,
- relocate families.

With the exception of relocation of families, all of the proposed measures are considered workable and achievable. It is estimated that even without a costly comprehensive soil cleanup—as was performed in the US, substantial progress can be achieved and high lead poisoning prevented. It is important that findings of the present work be translated into Russian and made available to Russian scientists, government structures, public organizations, and residents of Rudnaya Pristan. This way improvements in Rudnaya Pristan could be achieved and the health of the local residents improved.

Научное издание

Петр Олегович ШАРОВ

ЗАГРЯЗНЕНИЕ СВИНЦОМ ПОС. РУДНАЯ ПРИСТАНЬ
И ЕГО ВЛИЯНИЕ НА ЗДОРОВЬЕ ДЕТЕЙ

Редактор *Н.К. Христофорова*
Дизайнеры *П.О. Шаров, И.А. Пискунов*
Корректор *Л.Н. Николаенко*

Отпечатано с оригинал-макета, подготовленного автором,
минуя редподготовку в «Дальнауке»

Изд. лиц. ИД № 05497 от 01.08.2001 г. Подписано к печати 26.12.2005 г.
Формат 70x100/16. Печать офсетная. Усл. п. л. 10,73. Уч.-изд.л. 9,87.
Тираж 400 экз. Заказ 200

Отпечатано в типографии ФГУП Издательство «Дальнаука» ДВО РАН
690041, г. Владивосток, ул. Радио, 7

