

Данный файл представлен исключительно в ознакомительных целях.

Уважаемый читатель!

Если вы скопируете данный файл,
Вы должны незамедлительно удалить его сразу после ознакомления с содержанием.
Копируя и сохраняя его Вы принимаете на себя всю ответственность, согласно действующему международному законодательству .
Все авторские права на данный файл сохраняются за правообладателем.
Любое коммерческое и иное использование кроме предварительного ознакомления запрещено.

Публикация данного документа не преследует никакой коммерческой выгоды. Но такие документы способствуют быстрейшему профессиональному и духовному росту читателей и являются рекламой бумажных изданий таких документов.

АКАДЕМИЯ НАУК СССР МИНИСТЕРСТВО ГЕОЛОГИИ СССР
ИНСТИТУТ МИНЕРАЛОГИИ, ГЕОХИМИИ И КРИСТАЛЛОХИМИИ
РЕДКИХ ЭЛЕМЕНТОВ

МЕТОДИЧЕСКИЕ
РЕКОМЕНДАЦИИ
ПО ГЕОХИМИЧЕСКОЙ ОЦЕНКЕ
ИСТОЧНИКОВ ЗАГРЯЗНЕНИЯ
ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ



МОСКВА-1982

550.82.001.14:551,510.42

Методические рекомендации по геохимической оценке источников загрязнения окружающей среды. М.: ИМПГЭ, 1982-

Публикуемая рекомендация является второй из трех работ, посвященных разработке методики применения геохимических методов при изучении окружающей среды. В настоящей работе рассматриваются аспекты геохимической оценки источников загрязнения. В двух других работах характеризуются вопросы геохимического изучения территории городов и водных систем.

Ответственный редактор

С.В.Григорян

Составители:

О.Б.Сает, И.А.Башаркевич, Б.А.Резиц

ВВЕДЕНИЕ

Загрязнение окружающей среды химическими элементами приобрело в последние годы такие масштабы, что борьба с ним стала одной из актуальнейших проблем во всем мире. Значение химических элементов как загрязнителей окружающей среды связано как с токсичным воздействием их на биоту, так и с широким распространением в окружающей среде. Особенностью влияния химических элементов на биоту является способность их к кумуляции в живых организмах и отдаленные последствия даже при воздействии низких концентраций.

Главными источниками загрязнения являются неutilизированные коммунально-бытовые и промышленные отходы, содержащие токсичные химические элементы, которые, попадая в окружающую среду, концентрируются в различных ее компонентах. Современные способы размещения неutilизированных отходов небезопасны для состояния окружающей среды. Вместе с тем из некоторых не используемых в настоящее время отходов, по-видимому, могут быть извлечены полезные составные. Однако недостаточная изученность источников загрязнения не позволяет пока надежно оценить влияние различных отходов на загрязнение окружающей среды и выявить виды отходов, перспективные для утилизации.

Распределение химических элементов в компонентах окружающей среды осуществляется природными механизмами миграции, образующими антропогенные потоки рассеяния.

Обобщение и анализ данных по химическим элементам в окружающей среде показали принципиальную возможность использования понятийного аппарата и методов общей и прикладной геохимии для оценки источников загрязнения и состояния окружающей среды [1, 15, 16, 17, 26, 31, 33, 55, 61].

В этой связи Институтом минералогии, геохимии и кристаллохимии редких элементов (ИМГРЭ) с подразделениями под руководством члена-корреспондента АН СССР Л.Н.Овчинникова и профессора С.В.Григоряна проводится широкий комплекс научно-исследовательских, методических и опытно-производственных геохимических исследований окружающей среды по трем основным направлениям: 1) геохимическая оценка существующих технологий как источников загрязнения, 2) выяснение закономерностей пространственного распространения загрязнения в связи с источниками различного типа и комплексная геохимическая характеристика зон их влияния, 3) выяснение биогеохимических реакций живых организмов в зонах загрязнения.

В настоящей работе на основе проведенных исследований и обобщения литературного материала приведена общая эколого-геохимическая оценка содержания химических элементов в окружающей среде, дана геохимическая характеристика источников загрязнения окружающей среды и описана методика их изучения для решения разнообразных вопросов охраны окружающей среды.

Вопросы пространственного распределения химических элементов в условиях урбанизированных зон и биогеохимические реакции населения рассмотрены в соответствующих рекомендациях ИМГРЭ.

Сбор и обработка материалов проводились коллективом сотрудников Отдела экологической геохимии ИМГРЭ, Московской опытно-методической геохимической экспедиции, Бронницкой геолого-геохимической экспедиции: Ю.Е.Саеом (научный руководитель работ), И.Л.Башаркавич, Р.И.Ефимовой, Л.И.Кашиной, Н.И.Несвижской, Т.Л.Онищенко, Б.А.Ревичем, В.И.Соловьевой, Н.К.Трефиловой, Н.Б.Янишевской.

Составителями рекомендаций являюся Ю.Е.Сае, И.Л.Башаркавич, Б.А.Ревич.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОБЛЕМЫ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ХИМИЧЕСКИМИ ЭЛЕМЕНТАМИ В СВЯЗИ С ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ И КОММУНАЛЬНО-БЫТОВОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬЮ

Химические элементы как загрязнители окружающей среды

Химическое и биогеохимическое антропогенное изменение окружающей среды и его глобальный характер впервые замечено и оцене-

но В.И.Вернадским [10]. Анализ данных, характеризующих огромную интенсивность этого процесса, позволил В.И.Вернадскому сформулировать положение о сопоставимости деятельности человечества с геологическими процессами.

А.Е.Ферман [43], назвавший техногенезом геохимическое воздействие промышленности, на примере распределения годовой добычи металлов показал, что их концентрирование – лишь временный промежуточный этап процесса, конечным итогом которого является "безвозвратное распыление", рассеяние вещества. Он отмечал также, что геохимическая миграция, обусловленная технической деятельностью, превышает по скорости природные процессы.

Антропогенное рассеяние вещества, развивающееся с мощностью геологического процесса и скоростью научно-технического прогресса, и привело к созданию проблемы загрязнения окружающей среды – краеугольного камня современной экологической ситуации.

Проблема загрязнения окружающей среды выявилась не как теоретическое обобщение, а как практическая задача, вызванная многочисленными отрицательными реакциями в различных областях жизни и производства. В числе таких реакций могут быть названы: 1) изменение показателей здоровья населения, рост заболеваемости, доказательно обусловленные загрязнением среды; 2) массовые случаи гибели гидробионтов в загрязненных водах; 3) непригодность по химическому составу большого числа водисточников для питьевого и преемственного технического водоснабжения, рыбохозяйственных целей, а в ряде случаев даже для рекреационного использования и технического водоснабжения; 4) невозможность во многих случаях проведения тонких технологических операций из-за загрязнения атмосферного воздуха.

До недавнего времени в качестве важнейших загрязнителей рассматривались главным образом пыль, угарный и углекислый газы, окислы серы, азота, углеводороды, соединения азота, фосфора, калия, ядохимикаты, синтетические органические вещества, радиоактивные изотопы. Химические элементы, в том числе тяжелые металлы и их соединения, рассматривались обычно в меньшей степени. В последние годы, однако, интерес и оценка химических элементов как загрязнителей окружающей среды резко повысились, что связано с токсичным воздействием их на биоту, и с широким распространением в окружающей среде.

Особенностями влияния химических элементов на биоту является

ся способность их к кумуляции в живых организмах и отдаленные последствия даже при воздействии низких концентраций.

Многочисленные данные свидетельствуют о высоких концентрациях химических элементов в окружающей среде в связи с техногенными или антропогенными процессами ее преобразования. Такие концентрации, фиксирующие антропогенные ореолы и потоки рассеяния, обнаружены ныне во всех природных средах: почвах, растениях, атмосфере, водах и донных отложениях [5, 18, 55 и др.].

По характеристике известного эколога Ю. Одум [30], металлы относятся к стойким загрязнителям. Для них нет природных процессов, разлагающих их с такой же скоростью, с какой они вводятся в экосистемы антропогенными процессами. Единственный способ очистки среды от металлов – изъятие или экстракция. Действительно, если большинство органических загрязнителей, фторооксидантов в неизбежно протекающих природных реакциях в конце концов превращается в простые и нетоксичные соединения, то для химических элементов процессы самоочищения окружающей среды принципиально невозможны. Они могут лишь быть разбавлены до безопасных концентраций, но для этого требуются огромные объемы "разбавителей" – воды, воздуха, почвы, – которые уже исчерпаны.

В качестве прогнозного показателя интенсивности участия химических элементов в техногенном, а следовательно, и в загрязнении окружающей среды, А. И. Перельманом [32] предложено использовать понятие "технофильность химических элементов" (отношение ежегодной добычи элемента в тоннах к его среднему содержанию в земной коре). Из табл. I видно, что все наиболее известные ныне химические элементы-загрязнители окружающей среды (углерод, свинец, сера, фосфор, ртуть, кадмий) обладают высокой (более 10^8) технофильностью.

Вместе с тем анализ имеющихся данных показывает недостаточность знаний о химических элементах как загрязнителях. Почти нет систематизированных данных о некоторых элементах с очень высокой технофильностью (висмут, теллур, олово, бром, сурьма, вольфрам, серебро, селен). Для многих давно известных элементов-загрязнителей – меди, цинка, хрома, мышьяка, даже кадмия – имеющиеся материалы не дают общей картины их распределения в окружающей среде.

Суммирование данных по токсикологическим и геохимическим свойствам химических элементов выявило их высокую опасность и

Т а б л и ц а 1

Показатель технофильности химических элементов (по А.И.Перельману [32], с добавлениями)

Беличина показателя	Химические элементы	Участки окружающей среды, загрязняемые элементами, и некоторые последствия
10^{12}	Углерод	Рост содержания углекислого газа в атмосфере, воздействие на климат
10^9-10^{10}	Хлор, <u>свинец</u> , <u>медь</u> , висмут, теллур	Мощные зоны загрязнения свинцом в местах концентрации транспорта и полиграфических производств и загрязнения вод городов хлоридами
10^8-10^9	Серя, <u>фосфор</u> , <u>цинк</u> , <u>хром</u> , <u>серебро</u> , бром, молибден, <u>мышьяк</u> , <u>уран</u> , сурьма, вольфрам, <u>ртуть</u> , <u>кадмий</u> , серебро, селен	Сернокислотное загрязнение атмосферы, почв, водоемов (кислые дожди); "фосфатизация" почв и вод в развитых странах, концентрирующих удобрения, население, продовольствие; крупные локальные аномалии в водах и гидросистемах с острыми токсичными эффектами в зонах промышленных предприятий (ртуть, кадмий, хром), в местах применения инсектицидов (ртуть); аномалии радиоактивных изотопов с радиогенными эффектами, связанные с атомной промышленностью
10^2-10^8	Железо, марганец, барий, <u>фтор</u> , <u>никель</u> , бор, йод	Аномалии никеля в районе металлургических производств с воздействием на здоровье населения, фтористоводородное загрязнение при производстве фосфатных удобрений и алюминия; проблема воздействия соединений фтора на озоновый слой
Менее 10^7	<u>Алюминий</u> , натрий, калий, титан, кобальт, <u>ванадий</u> , <u>бериллий</u> и другие	Загрязнение ванадием в районах теплоснабжающих устройств, работающих на нефти и мазуте

Примечание. Подчеркнуты элементы, для которых надежно установлена отрицательная гигиеническая оценка в случае загрязнения окружающей среды.

привело к принципиальной переоценке их относительной значимости.

Руководителем токсикологической части программы "Человек и биосфера" Ф.Корта [23] опубликованы так называемые "стресс-индексы" загрязнителей по состоянию на 1974 г. и на перспективу. По этим оценкам тяжелые металлы уже сейчас занимают второе место, уступая только пестицидам и значительно опережая такие широко известные загрязнители, как двуокись углерода и серы. В прогнозе они должны стать самыми опасными, более опасными, чем отходы атомных электростанций (второе место) и твердые отходы (третье место).

Следствием такой оценки явилось включение ряда химических элементов в списки приоритетных загрязнителей, исследуемых организациями и международными проектами, контролирующими окружающую среду. В частности, в США в списки элементов, определяемых в водах, включены сурьма, мышьяк, барий, бериллий, кадмий, хром, медь, железо, цинк, свинец, ртуть, никель, серебро; а среди элементов, определяемых в воздухе, — мышьяк, бериллий, кадмий, фтор, свинец, ртуть. По рекомендации ЮНЕП (программы ООН по окружающей среде), в системах мониторинга окружающей среды должны наблюдаться ртуть, свинец (региональный и местный уровни), кадмий, фтор, мышьяк (местный уровень) [9].

В проектах научных исследований СКОПЕ (Международный научный комитет по проблемам окружающей среды) также признана важность изучения химических элементов в окружающей среде. В проекте "Биогеохимические циклы" утверждена необходимость детального анализа циклов свинца, кадмия, ртути. В проекте "Токсикология окружающей среды" предусматривается детальное исследование всех элементов, для которых современные знания свидетельствуют об их воздействии на экосистемы. Предполагается также изучить распределение элементов, не представляющих особой опасности (на уровне современных знаний), но поступающих в окружающую среду в сколько-нибудь значительных количествах [61].

Влияние окружающей среды,
загрязненной химическими элементами,
на состояние здоровья населения

Влияние окружающей среды, загрязненной химическими элементами, на состояние здоровья населения наиболее детально изучает-

ся в последние 15–20 лет [38]. В действии химических элементов так же, как и других загрязнителей окружающей среды, различают два вида: специфическое, приводящее к возникновению определенных заболеваний в результате избирательного действия элементов на различные органы и системы организма (например, при действии фтора – поражение кальцинированных тканей – флюороз), и неспецифическое, когда действие элементов способствует росту болезней, этиологически связанных с другими факторами.

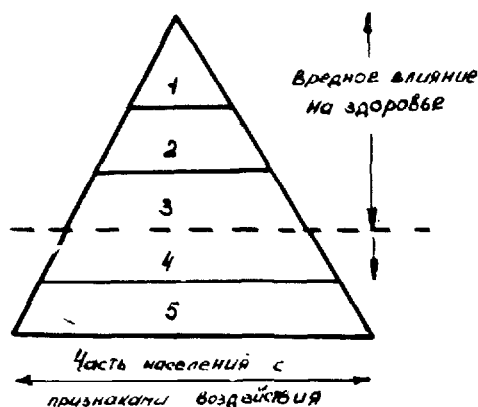


Рис. 1. Спектры биологических ответов на воздействие загрязнений

1 – смертность;
2 – заболеваемость;
3 – физиологические признаки болезни;
4 – физиологические и другие сдвиги неизвестного значения;
5 – накопление загрязнителей в органах и тканях

Специфическое хроническое действие установлено для многих загрязнителей, в том числе ртути, кадмия, бериллия, фтора, марганца, олова, мышьяка. Оно проявляется только при воздействии высоких концентраций загрязнителей. При низких концентрациях, воздействию которых подвергаются значительно большие контингенты населения, проявляется хроническое неспецифическое действие.

Общая схема реакции населения на воздействие загрязнителей окружающей среды, по данным Комитета экспертов ВОЗ (Всемирной организации здравоохранения), приведена на рис. 1. На схеме выделено пять уровней биологических ответов организмов на воздействие токсичных веществ – от сдвигов в организме, биологическая значимость которых еще недостаточно оценена, до смертельных исходов. Им соответствуют пять уровней воздействия. Поперечная пунктирная линия отделяет повышенные уровни воздействия, приводящие к заболеваниям, от более низких с неясной биологической значимостью. Реакции организмов на воздействия невысоких уровней часто

оцениваются как защитно-приспособительные. Возникновение защитно-приспособительной реакции свидетельствует о том, что среда уже не соответствует биологическому оптимуму. При длительном существовании в условиях загрязненной среды может произойти срыв защитно-приспособительных механизмов и возникнуть то или иное заболевание [7] .

Общетоксическое действие высоких концентраций тяжелых металлов на человека или животных приводит к поражению или изменению деятельности важнейших систем организма – центральной и периферической нервной системы, кроветворения, внутренней секреции и т.д. В последние годы для ряда химических элементов установлено, что наряду с общетоксичным воздействием они обладают и специфическим влиянием на репродуктивную (детородную) функцию, способствуют возникновению атеросклероза, злокачественных новообразований, нарушению аппарата наследственности. Действием на половые клетки обладают кадмий, хром, никель, свинец, ртуть, медь, бор, цинк, марганец, бериллий, барий. Специфические канцерогенные свойства обнаружены у кадмия, хрома, никеля, мышьяка, кобальта.

Воздействие тяжелых металлов на данную популяцию может проявиться через много лет и даже десятилетий, а также в последующих поколениях. Появление некоторых из указанных эффектов подтверждено не только лабораторными опытами, но и экспериментами на животных, размещаемых на различных расстояниях от промышленных предприятий – источников загрязнения воздуха, а также изучением специфических функций женщин на основе опроса населения и анализа историй родов [37] .

Среди особенностей химических элементов, определяющих их токсичность, весьма существенной является способность к избирательному накоплению в различных органах и тканях. Чаще всего их содержание наиболее высоко в органах с интенсивными биохимическими процессами – в печени, эндокринных железах, почках.

Химические соединения подвергаются в организме различным преобразованиям. В результате часто усиливается их способность проникать через биологические барьеры и, следовательно, вызывать то или иное действие. Важное значение для токсичности элементов имеет растворимость, которая влияет на скорость проникновения вещества в организм [25,36] .

При загрязнении окружающей среды повышенные количества

химических элементов поступают к населению различными путями. Загрязнение сельскохозяйственных территорий выбросами промышленных предприятий приводит к загрязнению сельскохозяйственной продукции и, соответственно, к увеличению суточного поступления микроэлементов. Так, содержание свинца в общем рационе крестьян, живущих около плавильного завода, превышало "фоновое" значение в 3-10 раз (Керин, 1972 - цитата по [14]); валового и подвижного марганца в пищевом рационе населения около ферросплавного завода - в 4 раза [44], меди в рационе жителей Баймакского меднообогатительного района - в 3,5 раза [41]. Загрязнение рисовых полей сточными водами рудника по добыче цинка, кадмия, свинца в бассейне р. Джиньзу (Япония) привело к увеличению содержания кадмия в суточном рационе более чем в 10 раз и вызвало тяжелое специфическое заболевание населения (болезнь "итай-итай"). Промышленный сброс ртутных соединений в залив Миномата и в реку Агано (Япония) привел к накоплению ртути в промысловой рыбе выше "фоновых" значений в 1000 раз. В результате потребления рыбы, загрязненной ртутью, было зарегистрировано более 1200 случаев отравления. Самая большая вспышка отравления хлебом, выпеченным из пшеницы и других злаков, обработанных ртутными фунгицидами, имела место зимой 1971-1972 гг. в Ираке. В результате было госпитализировано 6000 человек, из которых 500 скончалось [24].

Применение высоких доз минеральных удобрений также приводит к увеличению содержания микроэлементов в пищевой продукции. Уровень этого увеличения, однако, изучен мало.

Поступление микроэлементов в организм с водой составляет 1-10% их общего количества [46]. Эффективность поглощения зависит от химической формы элемента и его соединения. Так, жидкая металлическая ртуть практически не всасывается через желудочно-кишечный тракт, а поглощение метилированных соединений ртути им составляет 95% [24].

Загрязнение питьевых вод химическими элементами может представить реальную опасность для жителей городов и поселков, расположенных вблизи крупных горно-металлургических предприятий, производств по выплавке металлов, рудников, химических производств, при использовании свинцовых труб в водопроводах. Например, в окрестностях комбината по производству никеля его содержание в водопроводной воде было увеличено в 50 раз по сравнению с контрольным районом, что привело к увеличению суточного посту-

пления этого элемента в организм жителей на 4,9 мкг на 1 кг массы, или на 30% обычного количества [41].

Питьевую воду с повышенными содержаниями химических элементов потребляет значительное число жителей биогеохимических провинций в районах рудных месторождений. Выявлены специфические изменения в состоянии здоровья населения при воздействии повышенных концентраций химических элементов в воде: при концентрации свинца в водопроводной воде более 0,8 мг/л вместо предельно допустимых 0,03 мг/л [53] – замедление неврологического развития новорожденных; при концентрации мышьяка 1,1–4,5 вместо допустимых 0,05 мг/л [60] – эндемия хронической мышьяковистой интоксикации, рак кожи, поражения периферических сосудов; при увеличении количества фтора – эндемический флюороз [1].

Наиболее подробно изучены связи жесткости воды с сердечно-сосудистыми заболеваниями, мочекаменной болезнью в условиях естественных биогеохимических провинций [28,29]. Установлена отрицательная корреляция между уровнями концентрации кальция и магния и коронарными заболеваниями. Высказываются предположения о том, что повышенные уровни кадмия, свинца и меди в воде связаны с увеличением сердечно-сосудистых заболеваний, но надежного экспериментального подтверждения этому нет.

С атмосферным воздухом в нормальных условиях в организм человека поступают десятые и сотые доли процента общего количества микроэлементов, однако в условиях интенсивного загрязнения окружающей среды в населенных пунктах концентрации химических элементов превышают фоновые значения в 10–1000 раз (данные авторов настоящей работы и др. [20]). Соответственно возрастает и поступление токсичных элементов ингаляционным путем. Так, например, концентрация ртути в незагрязненной атмосфере находится в пределах 2–5 нг/м³; при этом ее суточное поступление составляет около 0,1 мкг. В условиях воздуха, загрязненного ртутью, среднесуточное поступление этого элемента возрастает более чем в 50 раз.

В городах и поселках с централизованной системой водоснабжения на первое место, с нашей точки зрения, выступает загрязнение атмосферного воздуха, а не воды. Это обусловлено тем, что питьевая вода, прежде чем попасть к потребителю, проходит достаточно жесткий гигиенический контроль, тогда как качество атмосферного воздуха в условиях крупного города с множеством источ-

ников загрязнения регулируется крайне трудно и на протяжении длительного времени может оставаться неудовлетворительным. На основании анализа данных литературы о загрязнении атмосферного воздуха можно отметить, что практически в каждой индустриально развитой стране имеются десятки сообщений о повышенных (по сравнению с принятыми в СССР ПДК¹) содержаниях химических элементов в атмосферном воздухе.

В результате воздействия атмосферного воздуха, загрязненного химическими элементами, у населения наиболее часто проявляются неспецифические биореакции в виде увеличения общей заболеваемости и смертности, снижения средней продолжительности жизни, нарушений иммунологической реактивности организма, морфологического состава крови, физического развития детей. Эти нарушения регистрируются при содержании химических элементов в воздухе в 3-10 раз выше ПДК. Для некоторых элементов известны и случаи специфического проявления их токсического действия. Например, свинец воздействует на систему кроветворения, и при его содержании в воздухе 1,4-5,5 мкг/м³ (ПДК=0,3 мкг/м³) наблюдались изменения синтеза гемоглобина у детей [59]. У детей, проживающих около металлургического завода в ФРГ, установлены отчетливые изменения в рентгеновских снимках, характерные для поражения организма свинцом [57]. Специфические изменения слуха выявлены у детей, находящихся в зоне влияния мышьяксодежащих выбросов ТЭЦ [49], флюороз - у населения, проживающего вблизи криолитовых производств с выбросами фтора [39]. Повышенная смертность от рака органов дыхания отмечена у населения, проживающего вблизи медеплавильного завода в Швеции; поражения органов дыхания - у населения, подвергавшегося воздействию повышенного содержания марганца в сфере влияния выбросов ферромарганцевого завода; кожные заболевания - у детей и взрослых, проживающих около алюминиевых, сталелитейных и суперфосфатных предприятий, в выбросах которых имелись примеси фтора.

Безопасные условия для здоровья населения определяются системой гигиенических нормативов качества окружающей среды, в основе которой лежат предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ. Эти нормативы отражают максимальные требования к

¹ ПДК - предельно допустимые концентрации загрязняющих веществ в окружающей среде.

качеству среды. Среда, отвечающая им, не влияет на здоровье и работоспособность человека и его будущих поколений, не ухудшает гигиенические условия жизни населения. Большинство существующих в настоящее время гигиенических нормативов окружающей среды (атмосферного воздуха, воды, почвы) разработано на основании представлений о непосредственно возможной опасности загрязнителя. Только в последние несколько лет стали проводиться токсикологические исследования с учетом возможных отдаленных последствий, и они сразу потребовали ужесточения норм.

Нормативные величины ПДК в воздухе зависят от длительности периода воздействия. Концентрация вещества, безопасная при кратковременном контакте, может оказаться опасной при более длительной экспозиции. Для атмосферного воздуха в СССР установлены два норматива ПДК: разовая и среднесуточная, а для ртути и мышьяка — и среднегодовая. В городах с развитой промышленностью концентрации химических элементов в воздушном бассейне превышают фоновые значения в 1,5–1000 раз, а в ряде случаев и предельно допустимые концентрации [20].

Качество питьевой воды регламентировано международными стандартами ВОЗ (Международные стандарты питьевой воды, 1973; Европейские стандарты питьевой воды, 1972) и Государственным стандартом СССР — ГОСТом 2874–73 "Вода питьевая". Нормирование вредных неорганических соединений в воде водоемов, по Правилам охраны поверхностных вод от загрязнения сточными водами (1975), допускает возможность разбавления стоков в водоемах и самоочищения водоемов.

Имеются многочисленные данные о гигиенически опасных уровнях загрязнения вод при превышении ПДК в десятки и сотни раз [19, 40] (ртуть, свинец, хром, кадмий и др.). Однако для тяжелых металлов эти уровни достоверно устанавливаются, главным образом, при длительных наблюдениях на стационарных отворах.

Гигиеническая оценка загрязнения почв начата лишь в самые последние годы. Для почв принципы нормирования вредных веществ значительно отличаются от таковых для атмосферного воздуха, вод водоемов и пищевых продуктов [27]. Это отличие связано с тем, что прямое поступление вредных веществ с почвой в организм человека (почва–человек) ограничено (ручная обработка земли, игры детей). Основное количество химического вещества, попадающего из почвы в организм человека, поступает не прямым путем, а через

контактирующие с почвой среды: воду, воздух и растения, прежде всего, сельскохозяйственные. При нормировании концентраций химических элементов в почве учитывается их токсичность для почвенной флоры и фауны, интенсивность миграции в воды, токсичность при переходе в воздух, интенсивность биологического поглощения сельскохозяйственными растениями и влияние на их пищевую ценность.

Лимитирующие показатели загрязнителей разрабатываются не только по окружающей среде, но и непосредственно по самим источникам загрязнения. Создание технологических норм на выброс позволяет ввести систему контроля за содержанием загрязнителей в выбросах и отходах непосредственно на предприятиях. Так, состав выбросов в атмосферу регламентируется предельно допустимыми выбросами (ПДВ) и временно согласованными выбросами (ВСВ). Правила установления ПДВ и ВСВ определены ГОСТом 17.2.3.02-78 "Охрана природы. Атмосфера. Правила установления допустимых выбросов вредных веществ промышленными предприятиями". Методы определения ПДВ и ВСВ загрязняющих веществ, порядок их разработки определены Временной методикой нормирования промышленных выбросов в атмосферу Госкомгидромета СССР [13], исходя из следующего положения: "ПДВ является научно-техническим нормативом, установленным для каждого конкретного источника загрязнения атмосферы при условии, что выбросы вредных веществ от него и всей совокупности источников города или другого населенного пункта с учетом их рассеивания и превращения в атмосфере, а также перспектив развития предприятия не создадут приземных концентраций, превышающих установленные нормативы качества воздуха" [13, п.1.3]. Данная методика является временной и учитывает как критерий качества воздуха только ПДК вредных веществ в атмосферном воздухе населенных мест. Вместе с тем указано, что при развитии методики должны учитываться и другие факторы, в том числе накопление загрязняющих веществ, их превращение и поступление в организм с пищевым рационом. Геохимическое изучение сельскохозяйственных почв вокруг крупных источников загрязнения позволяет получить определенную информацию по этому вопросу.

В некоторых странах (Швеция, США, Голландия) начато нормирование химических элементов в осадках сточных вод [34].

Определены содержания, при которых осадок безопасен и может использоваться в качестве удобрения.

Для разработки норм содержания химических элементов в выбросах и отходах предприятий необходима точная информация об их химическом составе, которая может быть получена при помощи геохимического изучения источников загрязнения.

ХИМИЧЕСКИЕ ЭЛЕМЕНТЫ В ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ, КОММУНАЛЬНО-БЫТОВЫХ ОТХОДАХ И СРЕДСТВАХ ХИМИЗАЦИИ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

Общая характеристика источников
загрязнения

Источниками загрязнения окружающей среды являются отходы промышленной, коммунально-бытовой, сельскохозяйственной деятельности и средства химизации.

Отходы – это непредусмотренная утечка в процессе производства и в домашнем хозяйстве материалов и энергии, стоимость которых меньше стоимости, необходимой для их сбора, транспортировки и использования. Они могут быть подразделены на жидкие и твердые отходы (отходы, преднамеренно собираемые и депонируемые), на стоки (отходы, рассеиваемые в окружающей среде в виде жидких потоков, обычно содержащих твердые взвешенные частицы) и на выбросы (отходы, рассеиваемые в окружающей среде в виде газовых потоков, обычно содержащих твердые и жидкие взвешенные частицы).

Побочный эффект химизации территорий в ходе природопользования возникает при применении природных удобрений, ядохимикатов и, в последнее время, отходов, перерабатываемых на удобрения.

Объемы поступлений в окружающую среду антропогенных веществ очень велики и продолжают возрастать, приближаясь уже сейчас к уровню транспортировки природных веществ (табл.2).

Объектами окружающей среды, первоначально принимающими потоки антропогенных загрязнителей, являются воздух, вода, почва, растительный покров.

Загрязнение атмосферного воздуха в основном связано с газообразными и пылевыми выбросами промышленных предприятий и энергетических установок, автомобильным и другими видами транспорта. Загрязнение водных бассейнов происходит обычно за счет сброса в водоемы неочищенных и недостаточно очищенных сточных вод промышленными предприятиями, коммунальным и сельским хозяйством. Загрязнение почвы и растительного покрова связано с раз-

мещением твердых и жидких отходов, а также с промышленными выбросами.

Т а б л и ц а 2

Сравнение объемов транспортировки природного и антропогенного веществ (по данным Б.А.Ковды [21], с добавлениями)

Виды выброса	Количество
Объемы транспорта природного вещества	
Общий сток рек, т/год	$19 \cdot 10^9$
В том числе:	
растворенный	$3 \cdot 10^9$
взвешенный	$16 \cdot 10^9$
Пыль, взвешенная в атмосфере, т	$10 \text{ п} \cdot 10^9$
Объемы транспорта антропогенного вещества, т/год	
Количество удобрений	$0,3 \cdot 10^9$
Пыль индустриальная	$0,2 \cdot 10^9$
Мусор, отходы	$20 \cdot 10^9$
Индустриальные и городские сточные воды	$\sim 2,0 \cdot 10^9$
В том числе:	
растворенный сток, (средняя минерализация 1 г/л)	$\sim 1 \cdot 10^9$
взвешенный	$\sim 1 \cdot 10^9$

По типу внесения вещества в компоненты среды источники загрязнения разделяются на точечные и неточечные (площадные, линейные), по режиму внесения – на постоянные, циклические и спонтанные.

В зависимости от вида деятельности, сопровождающейся образованием отходов, различаем источники загрязнения, формирующиеся в ходе: 1) добычи твердых полезных ископаемых; 2) добычи горючих полезных ископаемых; 3) производства энергии; 4) промышленного производства; 5) коммунальной деятельности; 6) транспортировки; 7) земледелия; 8) животноводства; 9) использования продуктов природы (лесное, рыбное хозяйство).

Анализ источников загрязнения в связи с различными видами деятельности (табл.3) показывает, что большей частью они носят комплексный характер, т.е. формируют несколько типов отходов, по-

Т а б л и ц а 3

Общий характер источников загрязнения в связи с различными видами деятельности

Вид деятельности	Общий тип загрязнения	1) Объекты загрязнения, 2) тип источника, 3) режим внесения загрязнения
Добыча твердых полезных ископаемых	резко преобладает минеральный в виде стоков (шахтные и рудничные воды, стоки обогательных процессов) и твердых отходов (шламы, породные отвалы)	1) почва и вода 2) точечный 3) постоянный
Добыча жидких горючих полезных ископаемых	преобладает органический в виде стоков (утечка нефти) и выбросов (утечка газообразных углеводородов), в меньшей степени минеральный в виде стоков минерализованных нефтяных вод	1) почва, вода, воздух 2) точечный 3) постоянный и спонтанный (катастрофические разливы)
Производство энергии	преобладает минеральный в виде выбросов (газообразные продукты сгорания и золы уноса) и, в меньшей степени, твердых отходов (золошлаковые хранилища), стоков (охлаждающие воды)	1) воздух 2) точечный 3) постоянный
Промышленное производство	равноценно минеральный и органический, часто смешанный в виде твердых отходов (шлаки, осадки очистных сооружений, пыли, бракованная продукция, остатки сырья после использования полезных компонентов), жидких отходов (отрабатанные растворы особо токсичных веществ), выбросов (паро-пылегазовые централизованные	1) воздух, вода и почва 2) точечный для каждого отдельного объекта; площадной или линейный в случае крупных промышленных зон с объединяющимися дальними выбросами или стоком в водоток регионального значения

6-202

19

	выбросы горячих и токожных производств, воздушно-пылевые неорганизованные выбросы местной вентиляции производственных помещений), стоков (промывные жидкости, обработанные растворы, условно-чистые воды после очистных сооружений)	3) спонтанный или циклический для отдельных предприятий, постоянный для промзон
Коммунальное хозяйство	равноценно минеральный и органический в виде стоков (бытовая канализация, обычно принимающая значительную долю промышленных и ливневых вод) и твердых отходов (бытовой и строительный мусор), в меньшей степени выбросов (открытое и промышленное сжигание мусора)	1) вода и почва 2) точечный 3) постоянный
Транспорт	преобладает минеральный в виде выброса (газообразные продукты сгорания с примесью аэрозольных частиц), в меньшей степени органический в виде стоков (промывочные воды с углеводородами)	1) воздух, в меньшей степени почва 2) линейный 3) циклический
Земледелие	преобладает минеральный (удобрения), в меньшей степени органо-минеральный (агрохимикаты)	1) почва, растения 2) площадной 3) циклический
Животноводство	преобладает органический в виде стоков	1) вода, почва 2) точечный 3) постоянный
Использование продуктов дикой природы (лесное, рыбное хозяйство)	преобладает органический в виде твердых отходов	1) почва 2) точечный 3) циклический

падающих в различные компоненты окружающей среды. Характерно, что по режиму внесения загрязнений большинство видов деятельности относится к источникам постоянного типа.

Большая часть исследований, посвященных отходам, касается их морфологии, распределения и типизации, технологии их переработки и утилизации.

Данных по концентрации химических элементов в отходах очень мало. Совершенно отсутствуют работы сводного характера. Можно лишь отметить справочник "Вредные вещества в промышленности" [12] и работу Л.М. Грушко "Вредные неорганические соединения в промышленных сточных водах" [19], в которых дается довольно подробный перечень химических элементов, участвующих в различных технологических процессах и видах производств, и приводятся детальные данные по их токсикологической характеристике и гигиенической оценке, однако количественные материалы по концентрации химических элементов и объемам их поставки в окружающую среду отсутствуют.

В табл.4 обобщены материалы этих работ.

Анализ данных показывает, что практически все виды деятельности и производства образуют отходы, выбросы и стоки, содержащие широкий и разнообразный комплекс химических элементов-загрязнителей. Естественно, что наиболее широкая ассоциация отличается предприятия, перерабатывающие цветные металлы (комбинаты цветной металлургии, электротехнические, радиотехнические, приборостроительные заводы, гальваническое производство). Однако не намного меньший комплекс характеризует отходы текстильной, лакокрасочной и резино-технической промышленности, а также коммунальные отходы. В большинстве случаев одни и те же химические элементы наблюдались и в выбросах, и в стоках. В отдельных случаях (текстильная и резино-техническая промышленность) ассоциация химических элементов в стоках шире, чем в выбросах.

По частоте встречаемости в отходах среди отмечаемых химических элементов преобладают цинк, медь, кадмий, ртуть, свинец, серебро, сера, олово, хром и никель.

Для каждого вида деятельности и типа промышленного производства характерен свой набор химических элементов в отходах. В то же время для многих производств значительная часть накапливающихся химических элементов качественно совпадает.

Среди средств химизации рассматриваются обычно две группы

Таблица 4

Химические элементы, наблюдаемые в выбросах и стоках различных видов деятельности в количествах, превышающих гигиенические нормы (по данным [12,13,42], с добавлениями)

Вид деятельности	св-лен	тел-лур	мышьяк	сурьма	медь	серебро	барий	стронций	цинк	кадмий	ртуть	алюминий	олово	свинец	висмут	ванадий	хром	молибден	вольфрам	кобальт	никель
Производство энергии																					
Угольные станции	+		⊕						+		+										
Промышленное производство																					
Цветная металлургия и производство сплавов	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕		⊕	⊕	⊕	⊕	⊕
Лакокрасочная промышленность	⊕			⊕	⊕			+	⊕	⊕	⊕	⊕	+	+		⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕
Электро-и радио-техника, приборостроение	⊕	⊕	+		⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	+		⊕		⊕		⊕		⊕
Черная металлургия									⊕	⊕	+	⊕	⊕		⊕		⊕				+
Гальваническое производство					⊕	⊕			⊕	⊕	⊕	⊕	+		⊕		⊕				⊕
Полиграфия	+		⊕						⊕	⊕	+		+	⊕		⊕				⊕	⊕
Аккумуляторное производство					⊕	⊕		⊕	⊕	⊕	+		⊕	⊕							+
Текстильная промышленность	⊕		⊕	⊕					⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕		⊕	⊕		⊕		⊕
Презезионное машиностроение, ядерная техника, самолетостроение					+	+	⊕		+	⊕					+			⊕			⊕
Химический органический синтез					⊕			+	⊕	⊕				⊕		⊕	⊕			+	
Стекольная промышленность	+		⊕	⊕	⊕	⊕	⊕		⊕	⊕		+		⊕		⊕	⊕			+	
Резино-техническая промышленность	⊕	⊕		⊕					+				+	+		⊕	⊕	⊕			
Коммунальное хозяйство																					
Бытовой мусор и стоки	⊕		⊕		⊕	+			⊕	⊕	+		+	⊕	+		⊕	⊕			⊕
Транспорт																					
Автомобильный									+											+	
Сельское хозяйство																					
Химическая обработка растительности			+		+				+	+			+							+	

Условные обозначения: + элементы в твердых и жидких отходах и выбросах; ⊕ элементы в стоках.

источников химических элементов:

1) бытовые и промышленные отходы и стоки, обогащенные тяжелыми металлами, используемые как удобрения;

2) микроэлементы-примеси в минеральных удобрениях, в основном, в фосфорных.

Использование отходов в качестве удобрений широко применяется лишь в самые последние годы. Среди отходов наибольшее значение имеет бытовой мусор и осадки очистных сооружений городской канализации, используемые после компостирования.

Исследование состава компостов различных городов мира показало, что во многих случаях они многократно обогащены медью, цинком, хромом, свинцом, кадмием, ртутью и другими тяжелыми металлами. Такие работы довольно широко проведены в ФРГ, Австрии, Швеции, США и показали необходимость контроля за содержанием тяжелых металлов.

Исследований по микроэлементам-примесям в минеральных удобрениях и их воздействию на окружающую среду пока немного. Установлено, что: 1) минеральное сырье – источник получения удобрений – обогащено микроэлементами, и ассоциация накапливающихся химических элементов зависит от типа руды: апатитовые руды концентрируют редкие земли, стронций, фтор; фосфориты (особенно вулканогенно-осадочные и морские) – фтор и тяжелые металлы, в том числе свинец, медь, мышьяк, никель, кобальт, а иногда уран, стронций; 2) микроэлементы-примеси фосфоритов на 30-70% сохраняются в приготовленных из них фосфорных удобрениях.

На урбанизированных территориях с позиций загрязнения среды химическими элементами наибольшую опасность представляют промышленные и коммунальные отходы, а на сельскохозяйственных территориях – средства химизации.

Промышленные отходы

Промышленные отходы могут быть подразделены на жидкие и твердые преднамеренно собираемые отходы, стоки и выбросы.

Количество промышленных отходов неуклонно возрастает во всем мире; Например, в США в 1966 г. в атмосферу поступило 11 млн.т взвешенных частиц, а в 1971г. – более 35 млн.т [22]. В Токио в 1971 г. удалялось 5,9 млн.т твердых промышленных отходов, а в 1978г. – 7,2 млн.т. В Японии в 1965 г. образовывалось ежедневно 7,5 тыс.т сточных вод, а в 1975 г. их количество возросло до 16,5

млн.т [4]. Ежегодно в мире вследствие производственной деятельности поступает в окружающую среду более 250 млн.т пыли и 700 млрд.м³ сточных вод.

Химический состав промышленных отходов рассматривается на примере данных по крупной промышленной агломерации, включающих результаты изучения основных (по концентрациям химических элементов и объемам) видов отходов – пылей и гальванических осадков.

Промышленные отходы характеризуются высокими концентрациями широкого круга химических элементов, иногда в сотни и тысячи раз превышающими средние содержания этих элементов в земной коре (табл.5). Вместе с тем наблюдается четкая дифференциация отходов по элементному составу. Так, в металлоабразивной пыли кларковые содержания (т.е. средние содержания в литосфере [11]) превышены в следующее число раз: вольфрама – 3300, молибдена – 670, хрома – 320, кобальта – 58, меди – 31, серебра – 30, никеля – 14.

Иная ассоциация элементов с высокими концентрациями связана с осадками очистных сооружений гальванических производств: это кадмий (в 85700 раз), висмут (3300), олово (3200), серебро (1000), свинец (374), медь (340), хром (265), цинк (217), никель (172).

Высокие комплексность и вариабельность состава – характернейший признак геохимии промышленных отходов. В табл.6 показаны ряды концентрации химических элементов в пылях металлургических, химических, металлообрабатывающих производств и предприятий стройматериалов одного промышленного района. Эти ряды характеризуют заводы в целом и отдельные цеха как звенья технологических процессов.

Приняв за нижний предел частоту встречаемости химического элемента 50% и коэффициент концентрации, равный 2, получаем исключительно широкую ассоциацию химических элементов, характеризующую пылевые выбросы данного района. Она включает ртуть, сурьму, цинк, медь, свинец, олово, вольфрам, молибден, никель, серебро, висмут, кобальт, хром, ванадий, кадмий (перечень в порядке уменьшения встречаемости).

Коэффициенты концентрации элементов ассоциации варьируют очень широко: для сурьмы – от 25 до 5000, вольфрама – от 10 до 10000, меди – от 3 до 370, свинца – от 3 до 385, серебра – от 2 до 1000, хрома – от 2 до 119 и т.д. Такое изменение величин коэффициентов свидетельствует, очевидно, о специфичности того или

ного производства и состава выделяемой им пыли.

Т а б л и ц а 5

Распределение химических элементов в некоторых
неутилизуемых видах промышленных отходов

Элементы	Осадки очистных сооружений гальванических производств		Металлоабразивная пыль	
	среднее содержание, г/т	Кс	среднее содержание, г/т	Кс
Хром	22000	265	26370	318
Кобальт	14	0,8	1036	58
Никель	10000	172	779	13
Медь	16000	340	1461	31
Цинк	18000	217	430	5
Молибден	10	9	736	669
Серебро	70	1000	2	29
Кадмий	6000	85700	-	-
Олово	8000	3200	9	3,6
Вольфрам			4318	3322
Свинец	6000	374	27	1,6
Висмут	30	3300		

Примечание. Здесь и далее за коэффициент концентрации химического элемента Кс принимается отношение содержания элемента в рассматриваемом объекте к фоновому его содержанию в компонентах окружающей среды (почве, воде, донных отложениях, литосфере и т.д.). Здесь Кс рассчитаны относительно литосферы.

Высокими коэффициентами концентрации характеризуются предприятия по переработке цветных металлов, машиностроительные и металлообрабатывающие заводы, инструментальные цехи. Пыли этих предприятий характеризуются самым широким набором химических элементов; высокие значения коэффициентов имеют вольфрам, сурьма, кадмий, ртуть (тысячи единиц), свинец, висмут, олово, медь, серебро, цинк и мышьяк (сотни и десятки единиц), никель, кобальт и другие (десятки единиц).

Большие количества свинца, мышьяка, висмута, сурьмы содержатся в пыли завода, производящего аккумуляторы, применяющего не

только чистый свинец, но и его сплавы, например, с мышьяком и сурьмой.

Элементы выделенной типичной ассоциации имеют гораздо более низкие значения коэффициентов концентрации в пылях предприятий строительных материалов. Здесь почти все элементы, за исключением сурьмы, свинца и редко вольфрама, имеют концентрации, не превышающие десятков или даже единиц фона; для большинства химических элементов характерен Кс менее 10.

В некоторых случаях специфичность производства проявляется в появлении в пылях элементов, не входящих в определенную выше ассоциацию, причем с довольно высокими коэффициентами концентрации некоторых из них. Специфическим набором химических элементов характеризуются пыли, образующиеся при производстве и применении масляных и других красок и лаков. Здесь концентрируются барий (до 23 раз), стронций (до 8), кадмий (до 1000).

Высокая степень концентрации ванадия отмечается при металлообработке, несколько меньшая при производстве огнеупоров. Марганец обнаружен в пылях тех производств, где применяется сварка, при выплавке и обработке изделий из специальных сплавов, при производстве цемента; гафний - в производстве огнеупоров, литий - там же и, кроме того, в производстве цемента и бетона, мышьяк - при переработке лома цветных металлов.

Твердые промышленные отходы либо вывозятся на городские свалки, либо захороняются (большая часть неофициально) в пределах города на территории предприятий или вблизи них. Для крупной промышленной зоны был изучен баланс такого распределения и выявлено, что значительная масса химических элементов твердых отходов остается в городе (рис.2). Так, на территории одного крупного приборостроительного завода за 30 лет скопилось около 75 тыс. т твердых минеральных отходов с чрезвычайно высокими содержаниями многих металлов (табл.7).

В промстоках, обрасываемых предприятиями в городскую канализацию или в водоток, дренирующие территорию района, также наблюдаются высокие концентрации значительного числа химических элементов (табл.8). Следует отметить, что уровень содержаний здесь резко варьирует во времени, и для изучения распределения стока каждого предприятия требуется большая скрупулезная работа по сбору среднесуточных и среднемесячных проб на каждом выпуске.

Т а б л и ц а 7

Количество химических элементов в мелкоземе свалки
промышленных отходов на территории одного
приборостроительного предприятия

Элементы	Запасы элементов, т	Среднее содержание, г/т	Коэффициент концен- трации Kс
Висмут	14,4	190	2111
Кадмий	7,3	97	1386
Серебро	7,6	100	1429
Вольфрам	113,7	1504	1157
Олово	154,7	2046	818
Цинк	1512	20000	241
Медь	750	10020	215
Свинец	139,8	1849	116
Молибден	7,3	96	87
Кобальт	14,4	191	11
Сурьма	0,3	4,4	9
Никель	34,5	457	8
Хром	34,2	453	5

Примечание. Kс рассчитаны относительно литосферы.

Особенно высокими содержаниями отличаются направляемые в канализацию стоки предприятий, имеющих гальванические производства. Здесь устанавливаются ураганные (в сотни и тысячи раз выше фоновых) концентрации ртути, кадмия, хрома, меди, цинка. Стоки, направляемые в поверхностный водоток, значительно чище. В них встречаются высокие (в 10 и большее число раз выше фона) содержания меди, кадмия, стронция, фтора и повышенные – цинка и ртути.

На современном этапе исключительно сложно учесть выброс и сток химических элементов путем опробования многочисленных выпусков со спонтанным или циклическим режимом работы. Особенно это сложно из-за огромного количества неорганизованных выбросов пыли через местную вентиляцию, не допускающую учета. Так, например, при всех основных типах процессов обработки металлов – литейном, сварочном, кузнечно-прессовом, шлифовальном, волочильном, резанья, пайке – происходит интенсивная утечка вещества. Она характеризуется в технологии коэффициентом безвозвратных потерь, до-

Таблица 8

Химические элементы в различных видах стоков

Виды стоков	Содержание элементов, мг/л (коэффициенты концентрации)								
	Фтор	Хром	Медь	Цинк	Мышьяк	Стронций	Кальций	Ртуть	Свинец
Гальванические производства – в городскую канализацию	0,2–38,0 (0,5–76)	1,0–125,0 (100–12500)	0,4–50,2 (50–6250)	1,0–23,6 (20–472)	0,002–0,0030 (1–10)	0,05–0,5 (1–10)	0,0–10,0 (до 10000)	0,001–371 (до 371000)	0,0–0,3 (до 37)
Различные производства – в городскую канализацию	0,5–10,4 (1–21)	0,01–0,5 (1–50)	0,01–15,0 (1–1875)	0,05–4 (1–80)	0,00–0,025 (1–8)	0,05–2 (1–40)	0,0 (до 130)	0,001–0,005 (1–5)	0,0–10,0 (до 1250)
Различные производства – в поверхностный водоток	0,2–5,5 (0,5–11)	0,01 (1)	0,01–0,2 (1–25)	0,05–0,2 (1–4)	0,003 (1)	0,05–1,0 (1–20)	0,005–0,025 (5–25)	0,001–0,005 (1–5)	0,005 (до 1)

Примечание. Коэффициенты концентраций рассчитаны по отношению к фону в поверхностных водах.

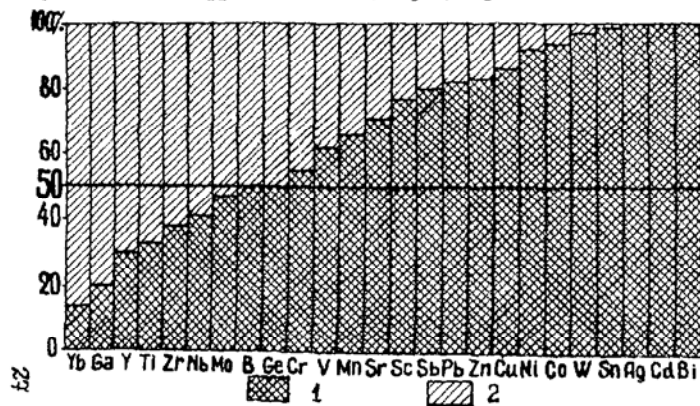


Рис. 2. Соотношение количества элементов в промышленных отходах, остающихся в урбанизированной зоне (1) и вывозимых в лесопарковую зону (2)

Таблица 6

Ассоциации химических элементов в шлахтах различных производств

Производство	Ряды концентрации (в сравнении с фоновыми содержаниями в почвах изученной территории)						
	п-10000	п-1000	п-100	п-10	п-1		
Металлургическое и химическое	Завод цветных металлов цех баббита производство алюминия	Hg ₂	Sb ₂ Cd _{1,2}	In _{0,3} Bi _{0,3} Pb _{0,3} Sn _{0,3} Ag _{0,3} Zn _{0,3} As _{0,3} Cd _{0,3} Zn _{0,3} Sb _{0,3} Pb _{0,3} Cu _{0,3}	Cu _{0,3} Cr _{0,3} Tl _{0,3} W _{0,3} Sn _{0,3} Cr _{0,3} Bi _{0,3} Mo _{0,3}	W _{0,3} Ni _{0,3} Mo _{0,3} Mn _{0,3} Ag _{0,3} Bi _{0,3} Co _{0,3}	
	Завод вторцветмет сортировка сырья по улице выплавка слюда		W _{0,4} Sb _{0,6}	Cd _{0,4} Mo _{0,4} Ag _{0,4} Zn _{0,4} Sn _{0,4} Pb _{0,4} Bi _{0,4} Sb _{0,4} Ag _{0,4} Sn _{0,4} Zn _{0,4} Pb _{0,4} Cd _{0,4} W _{0,4}	Ni _{0,4} Cu _{0,4} Co _{0,4} In _{0,4} As _{0,4} Cr _{0,4} Ga _{0,4} Bi _{0,4} Mo _{0,4}	Mn _{0,4} V _{0,4} Cu _{0,4} Co _{0,4} V _{0,4} Ni _{0,4}	
	Завод по производству аккумуляторов		Sb _{0,5} Ag _{0,1}	Bi _{0,5} Pb _{0,5} Cd _{0,5} Sn _{0,5}	Ni _{0,5} As _{0,5} Co _{0,5} Cu _{0,5} Zn _{0,5} W _{0,5} Tl _{0,5}		
	Завод по производству чистых веществ № 1			Sn _{0,5} Cd _{0,5} Sb _{0,5}	Pb _{0,5} Bi _{0,5} Ag _{0,5}	Zn _{0,5} Cu _{0,5} Mo _{0,5} Ga _{0,5}	
	Завод по производству чистых веществ № 2		W _{0,1}	Ta _{0,2} Sb _{0,2} Hf _{0,2}	Zn _{0,2} Ag _{0,2} Nb _{0,2}	Zr _{0,2} Ni _{0,2} Pb _{0,2} V _{0,2} Sn _{0,2}	
	Завод пластмасс цех мельнично-вальцевой изготовление печатных форм		Sb _{0,2}	Pb _{0,2} Bi _{0,2} Sn _{0,2} Ag _{0,2}	Pb _{0,2} Sb _{0,2} Sn _{0,2} W _{0,2}	Sr _{0,2} Cu _{0,2} Be _{0,2} Sr _{0,2}	
	Завод по изготовлению масляных красок Коксохимическое производство	Hg _{0,1} Hg _{0,1}	Cd _{0,1}	Ag _{0,1} Zn _{0,1} Sn _{0,1} Cu _{0,1} Bi _{0,1} W _{0,1}	Sb _{0,1} Mo _{0,1} Sb _{0,1} W _{0,1} Zn _{0,1} Pb _{0,1}	Co _{0,1} Sr _{0,1} Ni _{0,1} V _{0,1} Mo _{0,1} Sr _{0,1} Li _{0,1} Cu _{0,1} Ag _{0,1}	
Машиностроительное и металлообрабатывающее	Механический завод литье и обработка чугуна стальное литье литье из силумина механическая обработка изделий после окраски и лакопокрытий кузнечно-прессовый цех		Ag _{0,1}	Sn _{0,1} W _{0,1} Si _{0,1} Ag _{0,1} Zn _{0,1} Pb _{0,1} Cu _{0,1} Zn _{0,1} Cd _{0,1} W _{0,1} Sb _{0,1} Ag _{0,1} Pb _{0,1} Sn _{0,1} Sb _{0,1} W _{0,1} Zn _{0,1}	Cu _{0,1} Co _{0,1} Mo _{0,1} Sn _{0,1} Sb _{0,1} Ni _{0,1} W _{0,1} Sn _{0,1} As _{0,1} Mo _{0,1} Pb _{0,1} Ni _{0,1} Ba _{0,1} Cd _{0,1} Cr _{0,1} W _{0,1} Mn _{0,1} Sb _{0,1} W _{0,1}	Ni _{0,1} Mn _{0,1} Cr _{0,1} Bi _{0,1} Mn _{0,1} Zn _{0,1} Bi _{0,1} Pb _{0,1} Mo _{0,1} Cr _{0,1} Mn _{0,1} Ga _{0,1} Co _{0,1} Cu _{0,1} Bi _{0,1} Sr _{0,1} Ni _{0,1} Co _{0,1} Mo _{0,1} Mo _{0,1} Ni _{0,1} Sn _{0,1} Co _{0,1} Bi _{0,1} Sn _{0,1} Cu _{0,1} Mo _{0,1}	
	Завод тяжелого машиностроения литье и обработка чугуна						
	Завод по производству изделий для легкой промышленности литье и обработка чугуна инструментальное производство	W _{0,1}		W _{0,1} Mo _{0,1} Co _{0,1}	Mo _{0,1} Pb _{0,1} Cr _{0,1} V _{0,1} Cu _{0,1} Ni _{0,1}	Zn _{0,1} Cu _{0,1} Ni _{0,1} Zn _{0,1} Sc _{0,1}	
	Завод по производству кондиционеров инструментальное производство			W _{0,1} Sb _{0,1} Pb _{0,1} Sn _{0,1} Mo _{0,1}	Co _{0,1} Cr _{0,1} Cu _{0,1} Zn _{0,1} Ni _{0,1} V _{0,1} Sb _{0,1} Co _{0,1} Zn _{0,1} Ni _{0,1} Cr _{0,1} Sb _{0,1} Cu _{0,1} Mn _{0,1} Ni _{0,1} Mo _{0,1} Bi _{0,1} Cu _{0,1} Co _{0,1} Ni _{0,1} Zn _{0,1}	Ag _{0,1} Hf _{0,1} Bi _{0,1} Zr _{0,1} Cu _{0,1} Mn _{0,1} Be _{0,1} Cr _{0,1} Co _{0,1} Sc _{0,1} Zn _{0,1} V _{0,1} Pb _{0,1} Bi _{0,1} Mn _{0,1}	
	Завод по производству бурового оборудования (сборка)	Hg _{0,1} W _{0,1}					
	Завод по производству строительных машин № 1 (сборка)	Ag _{0,1}					
	Завод по производству строительных машин № 2 (сборка)	W _{0,1}					
	Завод металлоконструкций металлопокрытия			Pb _{0,1} Sb _{0,1} Cd _{0,1}		Sn _{0,1} Zn _{0,1} Ag _{0,1} Bi _{0,1} Cu _{0,1}	
	Предприятия строительных материалов	Завод огнеупоров № 1 сырьевой цех			Sb _{0,1}	W _{0,1} Hf _{0,1} Cr _{0,1} Bi _{0,1} Cu _{0,1} Sb _{0,1} Sn _{0,1} Cr _{0,1} W _{0,1} Hf _{0,1} Pb _{0,1} Bi _{0,1}	V _{0,1} Mo _{0,1} Sn _{0,1} Ni _{0,1} Ga _{0,1} Pb _{0,1} Li _{0,1} Cu _{0,1} Sc _{0,1} Nb _{0,1} Ag _{0,1} Zr _{0,1} Ni _{0,1} Zr _{0,1} Ag _{0,1} Bi _{0,1} Ga _{0,1} Li _{0,1} Mo _{0,1} Nb _{0,1} Y _{0,1} Ge _{0,1}
		цех готового кирпича					
цех электронагревателей				Sb _{0,1}		Sn _{0,1} Ni _{0,1} Cu _{0,1} Zn _{0,1} Mo _{0,1}	
Завод огнеупоров № 2 производство кирпича производство огнеупорной посуды				Sb _{0,1} Pb _{0,1} Pb _{0,1} Sb _{0,1} Hf _{0,1}	Bi _{0,1} W _{0,1} Cu _{0,1} Bi _{0,1}	V _{0,1} Cu _{0,1} Cr _{0,1} Sn _{0,1} Bi _{0,1} Ga _{0,1} Zn _{0,1} Nb _{0,1} Li _{0,1} Ga _{0,1} Zr _{0,1} Pb _{0,1} Zn _{0,1} Bi _{0,1} Be _{0,1}	
Цементный завод цех обжига (производство клинкера) цементные мельницы				Ag _{0,1}	Sb _{0,1} Zn _{0,1} Pb _{0,1} Bi _{0,1} W _{0,1} Sb _{0,1}	Sr _{0,1} Tl _{0,1} Cu _{0,1} Mo _{0,1} Ba _{0,1} Zn _{0,1} Mn _{0,1} Cu _{0,1} Sc _{0,1} Bi _{0,1} Ag _{0,1}	
Завод ЛБК бетонно-смесительный цех керамзитовый цех		Hg _{0,1}		Ta _{0,1} W _{0,1} Pb _{0,1} Pb _{0,1}	Sn _{0,1} Sb _{0,1} Li _{0,1} Co _{0,1} Ag _{0,1} Bi _{0,1} W _{0,1} Ag _{0,1} Bi _{0,1} Mo _{0,1}	Zn _{0,1} Cu _{0,1} Cr _{0,1} Co _{0,1} Zn _{0,1} Cu _{0,1} Li _{0,1} Ni _{0,1} V _{0,1} Cr _{0,1} Sc _{0,1}	
Завод стройматериалов и конструкций производство известковой муки					Sb _{0,1}	Sr _{0,1} Cd _{0,1} Sn _{0,1}	
Завод теплоизоляционных изделий производство перлитовых плит				W _{0,1} Sb _{0,1}	Mo _{0,1} Pb _{0,1}	Sn _{0,1} Sr _{0,1} V _{0,1} Co _{0,1} Ni _{0,1} Zn _{0,1} Cu _{0,1}	

Т а б л и ц а 11

Концентрация химических элементов в донных осадках поверхностных водотоков

Объекты	Средние содержания элементов, г/т																					Коэффициенты концен- трации Кс				
	медь	свинец	серебро	висмут	цинк	молибден	олово	хром	стронций	кадмий	ванадий	рутуть	никель	марганец	кобальт	фосфор	барий	сурьма	перманганат	литий	титан	мышьяк	селен	вольфрам		
Отстойник I	10500	450	30	2	2350	8	90	700	1300	30	140	-	280	1700	47	4000	1300	35	230	40	5500	-	2	31	$A_{1300}^{Cu}, A_{200}^{Cd}, A_{200}^{Pb}, A_{100}^{Zn}, A_{100}^{Sn}, A_{100}^{Cr}, A_{100}^{Sr}, A_{100}^{W}, A_{100}^{Ba}$	
Отстойник II	420	450	18	I	2900	12	22	320	450	115	2100	5	500	1000	30	2700	600	-	215	30	4000	-	I	12	$A_{1100}^{Cu}, A_{1100}^{Hg}, A_{1100}^{Ag}, A_{1100}^{V}, A_{1100}^{Zr}, A_{1100}^{Ni}, A_{1100}^{Pt}, A_{1100}^{Mo}, A_{1100}^{Co}, A_{1100}^{Cr}, A_{1100}^{Sr}, A_{1100}^{La}, A_{1100}^{Sc}$	
Отстойник III	530	200	5	I	550	75	75	2000	65	200	90	50	1500	500	500	300	15	400	15	6000	-	0,5	75	$A_{2500}^{Hg}, A_{2500}^{Cu}, A_{2500}^{Co}, A_{2500}^{Ni}, A_{2500}^{Mo}, A_{2500}^{Cr}, A_{2500}^{Ag}, A_{2500}^{Sn}, A_{2500}^{Cu}, A_{2500}^{Zn}$		
Отстойник IV	140	400	3	I	1200	I	40	500	80	1,5	100	-	45	500	12	1500	250	15	100	15	2500	-	0,5	10	$A_{1500}^{Pb}, A_{1500}^{Zn}, A_{1500}^{Cr}, A_{1500}^{Ni}, A_{1500}^{W}$	
Цитовые загрязнения																										
Объект I	250	150	7	2	1000	4	25	300	150	3	100	-	150	1500	20	2000	300	30	300	50	4000	-	2	4	$A_{250}^{Ag}, A_{250}^{Zn}, A_{250}^{Ni}, A_{250}^{Cr}, A_{250}^{Pb}, A_{250}^{Cu}, A_{250}^{Bi}, A_{250}^{Sn}, A_{250}^{Co}$	
Объект II	100	150	I	I	500	3	30	200	50	3	100	-	50	500	5	1000	200	30	150	30	2000	-	I	4	$A_{100}^{Ag}, A_{100}^{Sn}, A_{100}^{Pb}, A_{100}^{Zn}, A_{100}^{Cr}$	
Объект III	100	500	2	I	700	5	30	300	100	-	100	-	100	2000	10	1000	200	15	250	50	3000	-	I	5	$A_{100}^{Pb}, A_{100}^{Ag}, A_{100}^{Zn}, A_{100}^{Sn}, A_{100}^{Cr}, A_{100}^{Ni}, A_{100}^{Mo}$	
Устьевые участки водотоков																										
Водоток I	200	-	0,3	I	500	I	10	200	50	1,5	40	-	50	1500	30	2000	200	15	400	50	7000	-	I	1,5	$A_{200}^{Co}, A_{200}^{Zn}, A_{200}^{Cr}, A_{200}^{Cu}$	
Водоток II	125	105	5	I	350	I	15	125	45	3	150	-	30	650	11	1000	250	30	700	30	5500	-	1,5	3,5	$A_{125}^{Ag}, A_{125}^{Sb}, A_{125}^{V}, A_{125}^{Pb}, A_{125}^{Zn}$	
Водоток III	50	-	2	I	400	2	5	180	40	1,5	40	-	300	1500	20	4000	20	30	600	30	7000	-	2	3	$A_{50}^{Ni}, A_{50}^{Ag}, A_{50}^{Sb}, A_{50}^{Zn}, A_{50}^{Cr}, A_{50}^{Co}$	
Водоток IV	60	20	0,3	I	300	1,5	5	30	40	1,5	100	-	40	600	30	2000	200	30	150	15	6000	-	I	1,5	A_{60}^{Sb}, A_{60}^{Co}	
Водоток V	80	20	0,2	I	100	I	5	30	50	1,5	40	-	15	500	7	2000	100	40	150	15	2000	-	I	1,5	A_{80}^{Bi}	
Водоток VI	20	40	0,06	I	75	0,8	6	60	45	3	70	-	18	350	11	-	100	30	250	15	3250	-	I	3		
Водоток VII	70	81	-	0,5	150	0,7	5	50	30	1,5	50	-	43	700	10	-	100	15	200	15	2000	-	2	1,5		

Примечание. Кс рассчитаны относительно фоновых содержания в донных отложениях.

стигающим в некоторых случаях 90-98%. Часть этих потерь - легко учитываемая стружка и эпизодически учитываемые пыли в централизованном выбросе. Большая часть потерь не фиксируется в контролируемых выпусках.

Коммунально-бытовые отходы

К ним относятся бытовой мусор, канализационный осадок, ил городских очистных сооружений поверхностного стока.

В крупном промышленном городе, на примере которого производилось изучение состава коммунальных отходов, ежегодно образуется 0,27 т/чел бытового мусора (с влажностью 43% и зольностью 27%) и около 0,3 т/чел канализационного осадка (с влажностью 93,5%). Бытовой мусор большей частью вывозится на свалки либо в сыром виде, либо после сжигания на спецзаводах.

Продукты сжигания бытового мусора содержат широкую ассоциацию интенсивно концентрирующихся в них химических элементов (табл.9). Так, здесь в сотни раз больше, чем в литосфере, висмута, олова, серебра, сурьмы, кадмия, свинца, в десятки раз больше меди и цинка.

По степени концентрации и комплексу химических элементов бытовой мусор в сущности не уступает промышленным отходам.

Особенно обогащены химическими элементами тонкие фракции, попадающие при сжигании бытового мусора в так называемую летучую золу. Так в пробах, отобранных из пылей, задержанных электрофильтрами мусоросжигательного завода, были обнаружены тысячекратные кларки концентрации серебра, кадмия, олова, стократные - свинца, цинка, сурьмы, хрома, десятикратные - меди, молибдена (см.табл.9). Очистные устройства при мусоросжигании работают с КПД 90-95%, в связи с чем они пропускают довольно большие абсолютные массы вещества в окружающую среду. В условиях городского хозяйства мусор зачастую сжигается открытым способом. Таким образом, коммунальная деятельность является источником загрязнения атмосферы и почв химическими элементами.

Осадок сточных вод городской канализации накапливается на станциях аэрации. Этот осадок вывозится на поля в качестве эффективного удобрения. При этом, однако, пока не проведено углубленных исследований по оценке осадка как источника загрязнения тяжелыми металлами и другими химическими элементами и всестороннего прослеживания путей и интенсивности их миграции.

Т а б л и ц а 9

Распределение химических элементов при сжигании
бытового мусора

Элементы	Среднее содержание, г/т	Коэффициент концентрации Кс
В продуктах сжигания		
Железо	171000	4
Алюминий	25500	0,3
Цинк	5600	68
Медь	4000	85
Олово	1800	720
Свинец	1600	100
Хром	640	8
Сурьма	90	180
Серебро	21	300
Кадмий	12	172
Висмут	8	890
Мышьяк	4	2,2
Ртуть	0,4	4,8
В пыли, уловленной электрофильтрами		
Серебро	100	1500
Кадмий	129	1843
Олово	3000	1200
Свинец	10 000	600
Цинк	30000	350
Сурьма	96	192
Хром	760	92
Медь	660	14
Молибден	7	6
Никель	49	1
Ванадий	59	0,6
Кобальт	6	0,4
Титан	2000	0,4

Примечание. Кс рассчитаны относительно литосферы.

Т а б л и ц а 10

Концентрация химических элементов в осадках полей
фильтрации

Элементы	Содержания, г/т		Коэффициенты концентрации Кс	
	средние	максималь- ные	средние	максимальные
Серебро	50	100	1000	2000
Кадмий	92	120	306	800
Висмут	17,5	30	58	100
Цинк	2670	5000	50	100
Медь	680	1800	24	43
Хром	745	3000	16	65
Стронций	350	680	13	24
Олово	51	200	10	40
Фосфор	10000	10000	10	10
Никель	172	275	8	14
Молибден	6	11	8	15
Свинец	173	250	7	10
Вольфрам	6	10	6	10
Иттербий	12	20	6	10
Барий	1000	1500	4	6,5
Мышьяк	20	30	3	6
Сурьма	3	10	3	10
Литий	30	40	2,5	3
Кобальт	15	30	2	3,5
Фтор	450	560	2	2,5
Бор	65	100	1,5	2,5
Бериллий	2	3	1,4	2
Ванадий	60	150	1	2
Скандий	2	5	1	1,5
Цирконий	400	700	1	1,5
Титан	3600	7000	1	1
Марганец	1100	2000	1	1
Итрий	8	15	1	1

Примечание. Кс рассчитаны относительно фоновых почв.

Изученные осадки сильно обогащены многими химическими элементами. Наиболее высокие средние коэффициенты концентрации определены для серебра, кадмия, висмута, цинка, меди, хрома, стронция, олова, фосфора, никеля, молибдена, свинца (табл. IО). Несколько меньшие, но также заслуживающие внимания накопления обнаружены у вольфрама и иттербия. Максимальные коэффициенты концентрации химических элементов в 1,5-2,0 раза выше средних, но встречаются лишь в единичных пробах. Таким образом, распределение элементов в канализационных осадках довольно равномерное (коэффициенты вариации элементов не превышают 30%). Наличие в осадках высоких концентраций таких элементов, как кадмий, хром, цинк, медь, никель, свинец позволяет считать их сильно загрязненными токсичными металлами.

Аналогичные данные получены и по осадкам других промышленных городов. В то же время осадки непромышленных городов загрязнены значительно слабее или вообще не загрязнены.

В устьевых частях поверхностных водотоков донные осадки содержат значительные количества химических элементов, в том числе и токсичных (табл. II, см. вклейку).

В очистных сооружениях поверхностного стока скапливаются большие количества донных отложений, которые после выемки используются для засыпки оврагов, пониженных частей пойм, часто в пределах города. Содержания элементов в них достигают, г/т: ртути 100, свинца 550, меди 10500, цинка 2350, ванадия 2100 и т.д. Средние содержания серебра, кадмия, меди, ртути, кобальта в 70-300 раз превышают фоновые значения; сурьмы, цинка, никеля, олова, ванадия, молибдена - до 70 раз; свинца, хрома, вольфрама - до 10 раз.

Таким образом, содержания некоторых токсичных и других химических элементов в осадках указанных очистных сооружений значительно превышают фоновые и не уступают в ряде случаев наблюдаемым в бытовых и промышленных отходах:

Отходы энергетики

Подавляющая часть всех отходов, образующихся при производстве энергии, связана с работой угольных и мазутных электростанций и состоит из выбросов (газы и зола уноса), твердых отходов (золашлаковые отходы) и стоков.

Сжигание топлива на электростанциях до настоящего времени

является одним из основных источников загрязнения атмосферы промышленных и населенных центров газообразными продуктами сгорания и пылью. В последнее время появились работы, предполагающие ведущую роль энергетики и в загрязнении окружающей среды химическими элементами [6].

Объемы выбросов и твердых отходов, образующихся на электростанциях, очень велики. Например, в крупном промышленном городе отходов от сжигания топлив почти столько же, сколько бытовых и промышленных, вместе взятых.

Для оценки энергетики как источника загрязнения окружающей среды химическими элементами было проведено изучение состава ископаемых углей и топлив на ряде угольных и мазутных ТЭЦ.

Ископаемые угли содержат целый ряд химических элементов, концентрации которых меняются в весьма широких пределах. Зола углей по сравнению с литосферой обогащена многими элементами, хотя степень этого обогащения обычно невелика. Средние концентрации большинства из них в золе товарных углей СССР близки к кларковым, максимальные превышения отмечаются для бора ($K_c = 16$), иттербия (10), молибдена, мышьяка (6) (табл.12). При сжигании углей большинство элементов полностью переходит в золошлаковые продукты сгорания. При этом наблюдается тенденция преимущественного накопления ряда химических элементов в тонких частицах золы, которые не задерживаются очистными устройствами и разносятся воздушными потоками на большие расстояния (табл.13). Значительная концентрация элементов в летучей золе происходит при сжигании американских углей (см.табл.12).

Выбросы мазутных ТЭЦ отличаются очень высокими содержаниями ванадия (13 кг/т, коэффициент концентрации около 200) и никеля (6 кг/т, коэффициент концентрации около 100).

В сточных водах угольных ТЭЦ определялись сера, фтор, медь, свинец, кадмий, цинк, мышьяк, хром, ртуть, алюминий, молибден. В табл.14 приведены данные по химическим элементам, обнаруженным в повышенных количествах. Особенно сильно загрязнение мышьяком и алюминием, концентрации которых выше предельно допустимых (ПДК). Повышенные содержания по сравнению с фоновым характерны также для меди и цинка.

В целом можно отметить, что для отходов электростанций, как и для всех остальных видов отходов, характерно участие широкого комплекса химических элементов в составе загрязнителей. Однако

Т а б л и ц а 12

Накопление химических элементов в золе углей
(по данным [3, 11, 51, 54])

Элементы	Кларки (по А.П. Виногра- дову [11]), г/т	Золотаварных углей СССР (по данным [3] и авторов)		Содержание (для уг- лей США), г/т	
		среднее содер- жание, г/т	Кс	в золе уг- лей [51]	в лету- чей зо- ле углей [54]
Бериллий	3,8	5	1,4	3	12
Бор	12	190	16	75	-
Скандий	10	6	0,6	-	-
Ванадий	90	120	1,3	25	-
Хром	83	45	0,5	10	280
Марганец	1000	890	0,9	50	320
Кобальт	18	18	1	5	-
Никель	58	36	0,7	15	750
Медь	47	65	1,4	15	360
Цинк	83	142	1,7	50	1500
Галлий	19	16	0,8	-	0,59
Германий	1,4	4	3	-	-
Мышьяк	1,8	10	5,5	5	8,8
Селен	0,05	-	-	3	3,0
Стронций	340	410	1,3	-	-
Итрий	29	33	1,1	-	-
Цирконий	170	270	1,6	-	-
Ниобий	20	15	0,8	-	-
Молибден	1,1	7	6	5	-
Серебро	0,07	0,07	1	-	-
Олово	2,5	4	1,6	2	-
Сурьма	0,5	0,05	0,1	-	1,6
Барий	650	830	1,3	500	-
Иттербий	0,33	3	10	-	-
Вольфрам	1,3	2	1,5	-	-
Свинец	16	36	2,2	25	150
Кадмий	0,13	-	-	-	5,8
Ртуть	0,08	-	-	-	0,099

Примечание. Кс рассчитаны относительно литосферы.

Т а б л и ц а 13

Накопление химических элементов в золе-уносе ТЭС
по сравнению с золой исходного угля

Наименование ТЭС	Сжигаемый уголь	Накапливающиеся элементы (коэффициент концентрации)
Красноярская ТЭЦ	канско-ачинский	Барий (3), галлий (2)
Троицкая ГРЭС	экибастузский	Скандий, галлий (2)
Рефтинская ГРЭС	" "	Никель (45); хром (8), медь (4), мышьяк (4), серебро (3), стронций (2)
Бурштынская ГРЭС-2	львовско-волынский	Барий (5), галлий (3), ниобий (2)
Приднепровская ГРЭС	донецкий	Бор (17), никель, германий, барий, вольфрам, свинец (2)
Криворожская ГРЭС-2	"	Никель, серебро (2)
Молдавская ГРЭС	"	Германий, серебро (3)

ассоциация элементов здесь иная, и степень концентрации их значительно меньше.

Средства химизации сельского хозяйства

Оценка средств химизации как источника загрязнения окружающей среды произведена на примере фосфатного сырья и компостов из бытовых отходов, которые в качестве удобрения применяются в сельском хозяйстве и таким образом включаются в искусственные антропогенные потоки миграции вещества, отличающиеся от обычных природных потоков по качественным характеристикам и степени напряженности. Непрерывно возрастающие потребности сельского хозяйства в фосфатных удобрениях ставят весьма серьезную проблему рационального и экологически безопасного использования как самих удобрений, так и отходов их производства.

Общая масса фосфатного сырья очень велика, ежегодно в мире производится 18-20 млн.т фосфатных удобрений. В прогнозе на 2000-й год эта величина возрастает до 54 млн.т. Производство удобрений из фосфатного сырья сопровождается огромным количеством отходов, масса которых примерно в три раза больше массы полезных продуктов.

Т а б л и ц а 14

Химический состав сточных вод угольных ТЭЦ

Элементы	Средние содержания, мг/л	Наблюдавшиеся вариации содержания, мг/л	Коэффициенты концентрации Кс	ПДК, мг/л
Сера	42	II-95	-	
Фтор	0,6	0,3-1,2	до 2,4	> I,5 и < 3,0
Медь	0,05	0,02-0,09	до II, I	0, I
Цинк	0,03	0,01-0,07	до 25	I
Мышьяк	0,06	0,03-0,15	до 50	0,05
Хром	0,02	0,01-0,03	до 3	0,5
Алюминий	I,2	I, I - 6,4	до 64	0, I

Примечание. Кс рассчитаны по сравнению с незагрязненными поверхностными водами.

Геохимические исследования различных видов фосфатного сырья показывают присутствие в нем довольно широкой ассоциации элементов-примесей и, прежде всего, фтора, стронция, урана, редких земель, бора, иногда свинца, мышьяка, цинка [45].

Характер переработки и использования фосфатного сырья таков, что все оно перемещается в окружающую среду, формируя геохимические аномалии в сельскохозяйственных ландшафтах и на участках хранения отходов. Учитывая состав химических элементов, ассоциирующих в фосфатном сырье, понятно, что их накопление в таких жизненно важных средах, как вода и продукты питания, представляется с медико-гигиенических позиций крайне нежелательным.

В СССР значительную долю фосфатного сырья составляют апатитовые месторождения. Конкреционные фосфориты играют главную роль в балансе отечественных запасов фосфора. Им втрое уступают в этом отношении пластовые (микрозернистые) фосфориты и вчетверо - ракушечные и ракушечно-зернистые. Содержание урана, стронция, редких земель возрастает с ростом содержания фосфора.

По данным, приведенным в табл.15, содержание редких земель в апатитах на порядок выше, чем в фосфоритах. В последних оно изменяется в пределах 600-2500 г/т (т.е. приблизительно в 8 раз выше кларка), а диапазон обычных содержаний редкоземельных элементов в апатитах - 200-8000, часто более 10000 г/т (до 34000 г/т).

В природных фосфатах из фосфоритовых месторождений наиболее обычны содержания стронция 700–2000 г/т (в 2–4 раза выше кларка), максимальные его концентрации не превышают 3000 г/т. В апатитовых скоплениях стронция намного больше – 1000–4000 г/т.

И фосфориты, и апатиты отличаются очень высокими концентрациями фтора (примерно в 50 раз выше кларка).

Фосфоритовое сырье часто характеризуется также высокими содержаниями урана (в 30 раз выше кларка), для апатитовых руд они значительно ниже.

Сравнение данных по различным типам месторождений показывает, что наиболее богаты микроэлементами ракушечниковые фосфориты (см. табл. I5).

Кроме отмеченных выше, в фосфатном сырье присутствуют такие элементы, как мышьяк, медь, цинк, ванадий, свинец, марганец, кадмий. Особенно характерен мышьяк, для которого, по данным Р.А. Гульбрамдзана [8], коэффициент концентрации в фосфоритах около 10, а в апатитах порядка 5.

Экспериментальное исследование распределения элементов-примесей по цепи переработки основных типов фосфатного сырья (табл. I6) установило, что в процессе обогащения фосфоритовых руд происходит накопление всех рассмотренных микроэлементов в порядке: исходная руда – мытый концентрат – флотационный концентрат.

При производстве суперфосфата происходит значительное снижение содержания стронция и редких земель, которые накапливаются в отходах – фосфогипсе, и повышение – урана и иттрия. Концентрации фтора в суперфосфате близки к исходному сырью.

Таким образом, в цепи переработки фосфатного сырья происходит разделение химических элементов: 1) большинство элементов накапливается в промежуточных продуктах переработки (конcentратах), часто используемых как удобрение; 2) стронций и редкие земли концентрируются в фосфогипсе, пока еще почти неиспользуемом и скапливаемом в хвостохранилищах; 3) повышенные относительно кларка содержания химических элементов (изучены далеко не все возможные примеси) сохраняются в конечных продуктах переработки сырья – в суперфосфате и даже в фосфорной кислоте и аммофосе.

В последнее время расширяется использование в качестве удобрений продуктов переработки (компостов) хозяйственно-бытовых отходов: бытового мусора и осадков канализационных стоков. Названные виды отходов характеризуются высокой степенью концентрации

Таблица 15

Элементы-примеси в фосфатном сырье месторождений различного типа
(обобщенные оценки по данным Томпсона, Р.А. Гиморядова, К.Ф.
Левиксона, Г.И. Бушного, В.З. Ближковского, А.М. Иванова, В.Я.
Холодова, Т.Л. Овчиненко, Т.И. Степановой)

Тип месторождений	Содержание, г/т			
	стронций	уран	редкие земли	фтор
Фосфоритовые руды				
Микрозернистые	1040-1350	50	640-900	32000
Зернистый	1300-1800	60-80	2300	-
Мелзаконный	720-2000	20-40 (100)	600-1000 (29000)	11000-14000
Ракушечный	2200-3000	10-20 (120)	1500-2500	-
Апатитовые руды	1000-4000 (25000)	-	200-8000	20000-40000
К л а р к	380 (по А.А.Беусу)	2,5 (по А.П.Виноградову)	112 (по Е.А.Виноградову)	660 (по А.П.Виноградову)

Примечание. В скобках указаны средние по отдельным наиболее богатым месторождениям.

Таблица 16

Распределение элементов-примесей в цепи переработки фосфатного сырья
(обобщенно-приближенные оценки имеющихся данных)

Продукты переработки	Доля выхода от исходного сырья, %	Содержание элементов-примесей, г/т				
		стронций	уран	редкие земли	иттрий	фтор
Исходная руда	100	800	32	630	40	12000
Матый концентрат	80	1000	40	400	21	23000
Отходы промывки	20	350	7	560	14	4000
Флотационный концентрат	65	1020	45	900	46	29000
Отходы (хвосты) флотации	15	500	10	480	10	-
Аммофос	-	150	90	225	101	11000
Суперфосфат	45	365	70	300	65	12000
Фосфогипс	20	670		600	10	7500

Таблица 17

Химические элементы в удобрениях, приготовленных из твердых бытовых отходов
крупных городов

Элементы	Завод № 1		Завод № 2	
	среднее содержание мг/кг	Кс	среднее содержание, мг/кг	Кс
Ртуть	7,5	830	9,5	1155
Серебро	10	200	3,3	66
Сурьма	95	86	24	22
Кадмий	11	85	7,2	70
Цинк	2640	50	1144	22
Медь	766	28	324	12
Висмут	6,5	28	0,6	2,7
Свинец	711	27	440	17
Олово	74	14	68	13
Вольфрам	11	11	6	6
Молибден	6,3	8	2,7	3
Хром	190	4	152	3
Кобальт	10	1	10,8	1
Стронций	3	5	154	6

Примечание. Кс рассчитаны относительно фоновой почвы.

химических элементов, в том числе токсичных. В процессе приготовления из этих отходов удобрений – компостов – используется вся масса канализационного осадка и большая часть массы бытового мусора. При этом из осадка в удобрение переходят все содержащиеся в нем химические элементы, а из бытового мусора – значительная их часть. Так, компост из бытового мусора разных городов обогащен по сравнению с фоновыми почвами в сотни раз ртутью, в десятки раз – серебром, сурьмой, кадмием, цинком, медью, висмутом, свинцом, оловом (табл.17).

Согласно данным, приведенным выше (см.табл.10), осадки после фильтрации обогащены серебром, кадмием, висмутом, цинком, медью, хромом, стронцием, оловом, фосфором, молибденом, никелем, свинцом, иттербием, вольфрамом. Степень концентрации элементов зависит от участия в составе общего хозяйственно-бытового канализационного стока промышленной составляющей и широко варьирует.

МЕТОДИКА ИЗУЧЕНИЯ ИСТОЧНИКОВ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Как было показано ранее, выбросы, стоки и твердые отходы, образующиеся при различных видах деятельности, являются источниками поступления в окружающую среду больших количеств химических элементов, создающих избыточную нагрузку на все ее компоненты. Вместе с тем некоторые не утилизируемые в настоящее время отходы, по-видимому, могут быть использованы для извлечения полезных составляющих и тем самым превращены из "загрязнителей" в "сырье".

Однако в настоящее время уровень знаний об источниках загрязнения невелик. Многочисленность совместно действующих источников, сложность и разнообразие состава веществ, поставляемых ими в окружающую среду, не позволяют провести их всестороннюю оценку без предварительного изучения. Основными задачами изучения источников загрязнения являются выявление и оценка их как загрязнителей природной среды или как потенциального вторичного сырья.

В зависимости от конкретных задач, стоящих перед исследователями, изучение источников загрязнения может быть проведено по отдельным видам отходов и с разной степенью детальности. Так, при выявлении источников загрязнения различных природных сред объектами изучения являются для атмосферы – материал выбросов, для водоемов – коммунально-бытовые и промышленные стоки, для се-

льскохозяйственных почв – применяемые удобрения, сточные воды, средства химизации и т.д.

На первых этапах исследований возможно изучение лишь наиболее объемных видов отходов (например, канализационных осадков, осадков сточных вод групповых очистных сооружений, бытового мусора) или потенциально наиболее опасных. Но ассоциации химических элементов, связанные с разными видами отходов, столь широки и многообразны, что для достаточно полной характеристики источников загрязнения необходимо выявление всех значимых источников, а также установление основных видов отходов производственной и сельскохозяйственной деятельности, обогащенных химическими элементами и потенциально перспективных для вторичной переработки или требующих специальных условий безопасного депонирования.

Выявление источников загрязнения начинается со сбора и анализа данных о действующих в регионе (в районе, на площади) производствах, сопровождающихся образованием выбросов, стоков, жидких и твердых отходов: выясняется структура производственных узлов, преобладающие виды производств; выявляются многоотходные и вредные производства; собираются данные по не утилизируемым отходам – количеству, составу, степени токсичности, способам удаления и ликвидации, местам складирования или захоронения.

Статистическая отчетность, составляемая предприятиями по выбросам и стокам, содержит сведения о количестве всех этих видов отходов и отчасти об имеющихся в них загрязнителях. Данные поступают в вышестоящие организации, в статистические управления, в санитарно-эпидемиологические станции, в инспекции по регулированию использования и охраны вод Минводхоза СССР (по стокам) и по контролю за работой газоочистных и пылеулавливающих установок (по выбросам). Хуже обстоит дело с жидкими и твердыми не утилизируемыми промышленными отходами: регулярной отчетности по ним пока нет, учет отходов производится эпизодически.

В архитектурно-планировочных организациях на основе обобщения данных о разных видах отходов составляются кадастры потенциальных промышленных источников загрязнения окружающей среды с указанием видов и объемов загрязнителей.

Сведения о бытовых источниках загрязнения (об объемах отходов, способах обезвреживания и утилизации) имеются в управлениях коммунального хозяйства городов.

Некоторая информация об источниках загрязнения может быть

получена при изучении природных сред. Так, аномально высокие содержания химических элементов, обнаруженные около предприятия в почвах, в растениях и снеге, могут свидетельствовать о концентрации этих элементов в выбросах предприятия и т.д. Наиболее надежны такие результаты, если они получены для отдельно стоящих предприятий, зоны влияния которых не перекрываются другими производствами.

Сбор данных продолжается и на выбранных для изучения объектах, где производится паспортизация всех видов отходов, ознакомление с технологическими процессами, связанными с образованием отходов, уточнение количеств отходов, выяснение состояния и эффективности очистных сооружений, способов удаления не утилизируемых отходов и мест их размещения.

Для изучения состава загрязнителей проводится опробование, которое должно выявить их общую структуру и состав.

Отбор, обработка и анализ проб

Опробование является основным методом изучения источников загрязнения окружающей среды. Оно проводится с целью получения достоверных данных о составе и особенностях загрязняющих веществ.

Специальной методики опробования загрязняющих веществ нет, для их изучения могут быть использованы методы, применяющиеся в геологии при поисках и разведке месторождений полезных ископаемых, обеспечивающие представительность данных и являющиеся достаточно экономичными, производительными и безопасными.

Для изучения источников загрязнения могут быть использованы любые методы и приемы отбора и обработки проб в зависимости от характера загрязнителей (агрегатного состояния, степени однородности и др.) и условий опробования (в отвалах, на потоке и т.д.). Так, при опробовании плотных слежавшихся отложений, отвалов, свалок могут быть применены борзодовый, керновый или шпуровой методы отбора проб. Рыхлые, сыпучие отходы из емкостей, площадок или транспортных лент могут быть изучены горюевым опробованием. Для технологических исследований во многих случаях может быть использован валсый метод.

Отбор проб может производиться в местах образования отходов, с транспортировочных средств (с конвейерной ленты, из вагонов и др.), в местах выпуска в окружающую среду (стоки и выбросы на выходе), в местах складирования и захоронения отходов

(площадки, свалки).

Обработка проб также может производиться способами, применяемыми для проб полезных ископаемых. Но некоторые виды бытовых и промышленных отходов настолько неоднородны и сложны по составу, что требуют применения специальных приемов для гомогенизации материала и подготовки проб к анализу.

Ниже в качестве примеров приведены приемы, применяющиеся при опробовании типичных видов отходов.

Наиболее простой случай представляет опробование металлоабразивных пылей, уловленных очистными установками. Пыли характеризуются довольно равномерным распределением компонентов (табл. 18). Поэтому для получения достаточно надежной характеристики состава пыли достаточно отобрать небольшое число проб (3-10).

Пробы пыли отбираются из бункеров-накопителей горстевым методом; каждая начальная проба составляется из нескольких частичных проб, отобранных из разных точек бункера. При необходимости пробы перед передачей на анализ дробятся до нужного размера частиц.

Гальванические осадки образуются при нейтрализации и обезвреживании стоков гальванических отделений предприятий. Осадки, накапливающиеся в отстойниках, - полужидкие с влажностью 95-99% обезвоженные осадки имеют влажность 60-70% и консистенцию густой сметаны; осадки тонкодисперсные (преобладают частицы размером 0,01-0,05 мм). Обычно отстойники чистятся 1-2 раза в год, иногда один раз в несколько лет, и только на небольшом количестве предприятий, где, как правило, имеются крупные гальванические отделения, отстойники чистятся чаще - несколько раз в месяц и даже ежедневно.

Химические элементы в гальванических осадках распределяются равномерно (табл. 19).

Повторное опробование осадков при частом удалении их из отстойника показывает, что состав осадков несколько меняется (табл. 20). При длительном же накоплении осадков в отстойниках происходит усреднение их состава (табл. 21).

Значительное изменение состава осадков, обусловленное, по-видимому, изменением технологического процесса покрытий, наблюдается только при интервалах опробования осадков в несколько лет (табл. 22).

Исходя из сказанного, для надежной характеристики состава

Т а б л и ц а 18
Распределение химических элементов в металлообразивной
пыли

Характер производства	Коэффициенты вариации содержаний, %					
	хром	никель	кобальт	медь	свинец	молибден
Машиностроение	22	18	35	28	24	17
Приборостроение	32	37	15	23	-	24
Металлообработка	14	34	27	27	14	12

Т а б л и ц а 19
Распределение химических элементов в гальванических
осадках

Характер производства	Коэффициенты вариации содержаний, %						
	хром	никель	медь	цинк	кадмий	олово	свинец
Приборостроение	-	34	23	15	22	-	-
Обработка цветных металлов	33	50	12	12	-	33	24
Машиностроение для легкой промышленно- сти	44	-	43	15	-	-	35
Машиностроение	33	3	3	-	-	-	-

гальванических осадков обычно достаточно отбора небольшого числа проб (3-10). При длительном накоплении осадков в отстойниках опробование может быть одноразовым; если же осадки удаляются часто, отбор проб следует производить через соответствующие интервалы времени.

Пробы сырых осадков отбираются из отстойников при помощи черпака, обезвоженных осадков - из бункеров или других емкостей. Для повышения представительности проб каждая из них составляется из нескольких порций материала, отобранного с разной глубины и из разных точек отстойника или другой емкости.

Опробование производится отдельно по всем существующим на предприятиях типам гальванических осадков.

Подготовка проб осадка к анализу состоит в высушивании и

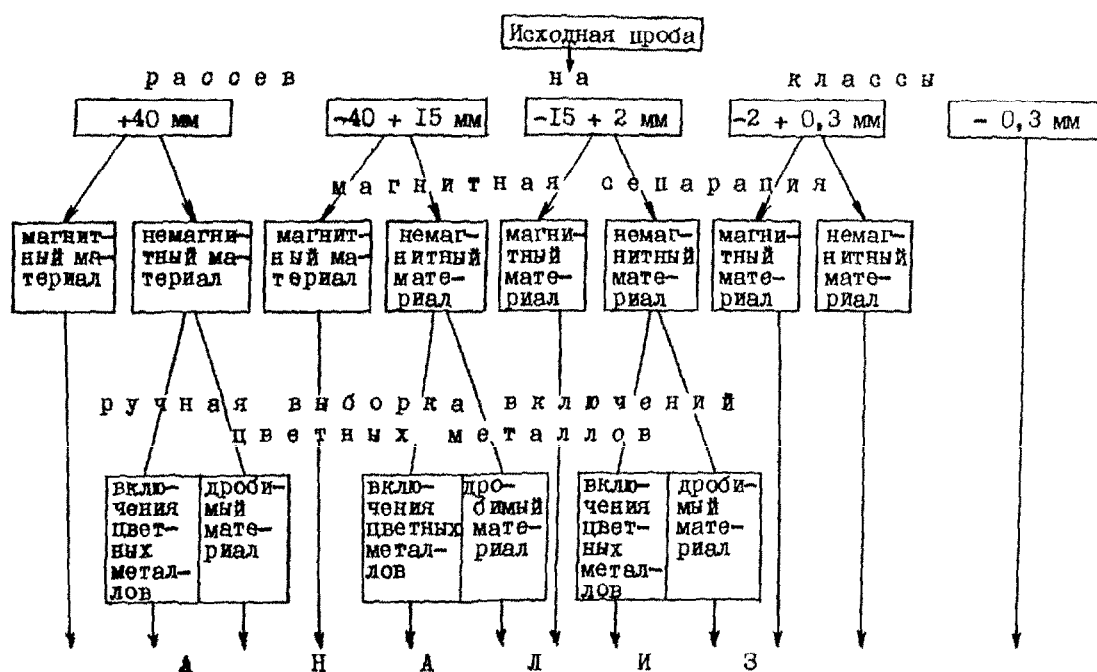


Рис.3. Схема подготовки продуктов сжигания твердых бытовых отходов к анализу

измельчении материала. Разложение проб проводится кислотным методом.

Примером сложного для изучения объекта могут служить продукты заводской переработки бытового мусора – остатки от сжигания и компост. Промышленное обезвреживание твердых бытовых отходов находит все большее распространение в связи с возрастающими их количествами и недостатками пока еще основного способа обезвреживания отходов – вывоза на свалки.

Продукты сжигания бытового мусора представляют собой весьма гетерогенный и гетероморфный материал, включающий:

- 1) металлические предметы – консервные банки, предметы домашнего обихода, спеки и т.д.;
- 2) осколки стекла, фарфора, бетона и др. негорючих материалов;
- 3) зольный материал.

Пробы продуктов сжигания для изучения состава отбираются на мусоросжигательном заводе с конвейера готовой продукции горстевым методом; в них включается весь материал. Пробы отбираются в течение рабочего дня, каждая представляет сумму отдельных навесок (больше 25). Затем пробы объединяются в сменные и недельные. Таким образом, каждая объединенная проба состоит из большого числа навесок, достаточного, чтобы достоверно характеризовать опробуемый материал даже при весьма неравномерном распределении химических элементов. Отбор проб проводится в течение месяца по каждому сезону года.

Из-за резкого различия физико-химических свойств отдельных компонентов пробы продуктов сжигания в целом технически невозможно довести до однородного состояния, необходимого для аналитических исследований. Поэтому производится подготовка проб к анализу по схеме, позволяющей разделить продукты сжигания на однородные по физико-механическим свойствам фракции и получить надежные характеристики их состава (рис.3):

- 1) разделение материала проб на классы по крупности (в мм): +40; -40+15; -15+2; -2+0,3; -0,3;
- 2) разделение материала каждого класса по магнитным свойствам;
- 3) выбор включений цветных металлов.

В результате получают следующие фракции материала:

- 1) металлические включения, разделяемые на: а) включения че-

Т а б л и ц а 20

Состав гальванических осадков из отстойника при ежедневном удалении осадков

Дата отбора проб	Содержание элементов, %			
	медь	цинк	никель	хром
Осадки от хромово-кислых стоков				
10 октября	1,1	0,75	0,25	12,5
11 "	1,1	1,0	0,15	13,0
12 "	0,7	1,1	0,15	11,7
13 "	0,6	1,0	0,20	9,3
19 "	1,0	1,1	1,1	13,0
20 "	0,7	1,2	0,9	11,7
23 "	0,65	1,2	0,85	11,7
24 "	1,2	0,8	0,7	11,0
25 "	0,8	1,0	0,5	13,5
26 "	0,7	1,1	0,45	11,5
Осадки от щелочных стоков				
17 "	0,8	1,9	10,0	4,3
18 "	2,1	2,5	4,2	1,5
27 "	1,8	3,0	8,6	3,2
30 "	1,5	2,0	11,0	2,8
31 "	2,6	1,6	3,5	1,7

рных металлов, б) включения цветных металлов;

2) дробные продукты, включающие немагнитный материал всех классов и магнитный материал класса $-2+0,3$ мм.

Фракции, содержащие металлические включения, представлены большим количеством разнообразных предметов. Для анализа включений черных металлов крупных классов в них высверливаются сквозные отверстия, получившиеся пыль и стружка растворяются в соляной кислоте и анализируются; материал мелких классов растворяется целиком.

Фракции включений цветных металлов объединяются вместе из-за небольшого их общего количества. Навеска для анализа получается путем высверливания материала из всех включений и растворяется в соляной кислоте или смеси соляной и азотной кислот.

Дробные немагнитные продукты (по классам крупности) перед

Т а б л и ц а 2I

Состав гальванических осадков из отстойников при очистке
отстойников один раз в несколько лет

Дата отбора пробы	Содержание элементов, %				
	медь	цинк	никель	свинец	хром
Осадки цианосодержащих стоков					
9 июля	0,068	4,14	0,003	0,012	0,036
	0,058	4,60	0,0030	0,014	0,047
	0,043	4,35	0,0045	0,013	0,045
	0,054	3,95	0,003	0,036	0,047
23 июля	0,055	3,88	0,003	0,029	0,03
	0,054	3,05	0,003	0,023	0,025
	0,12	5,00	0,003	0,032	0,017
6 августа	0,11	4,90	0,003	0,023	0,138
31 августа	0,10	4,97	0,003	0,021	0,040
	0,12	4,80	0,003	0,021	0,054
7 сентября	0,15	5,20	0,003	0,019	0,080
	0,14	5,26	0,003	0,019	0,080
	0,15	5,20	0,0035	0,013	0,050
21 сентября	0,080	3,97	0,003	0,015	0,040
	0,061	3,75	0,003	0,015	0,015
	0,054	3,68	0,003	0,013	0,010
Осадки кисло-щелочных стоков					
9 июля	0,10	8,67	0,006	9,5	4,7
	0,11	6,65	0,049	13,7	4,5
	0,097	5,17	0,069	11,7	5,4
23 июля	0,090	6,95	0,043	14,6	5,4
	0,086	5,03	0,073	14,2	4,9
	0,083	6,88	0,044	15,1	5,5
6 августа	0,076	6,27	0,040	14,2	5,2
	0,073	6,46	0,038	13,2	4,5
31 августа	0,075	6,03	0,051	15,1	5,0
	0,060	7,40	0,044	11,7	4,5
7 сентября	0,078	4,14	0,044	12,0	9,6
	0,069	4,82	0,043	12,2	5,4
	0,073	4,75	0,050	11,3	5,0
21 сентября	0,086	9,40	0,038	8,5	5,3
	0,090	5,12	0,042	17,6	5,5
	0,088	5,52	0,044	16,4	5,5

Т а б л и ц а 22
Состав гальванических осадков предприятий при повторном
опробовании через значительные промежутки времени

Характер производства	Год опробования	Содержание элементов, %					
		медь	цинк	свинец	кад-мий	ни-кель	хром
Машиностроение для легкой промышленности (1)	1977	0,07	4,6	0,02	-	0,003	0,04
	1980	0,02	11,1	0,02	-	0,01	0,22
Машиностроение для легкой промышленности (2)	1977	0,08	5,7	14,2	-	0,04	5,0
	1980	0,35	12,5	1,0	-	0,07	5,0
Тяжелое машиностроение	1977	0,12	0,10	0,01	23,5	0,05	0,12
	1980	0,07	0,45	0,01	12,5	0,12	0,58
Станкостроение	1977	0,10	0,15	0,14	0,075	0,02	0,2
	1980	0,16	0,20	0,16	0,20	0,01	0,47
Нефтехимическое машиностроение	1978	2,75	0,78	0,18	0,25	2,25	3,8
	1980	2,45	1,25	0,22	0,30	0,24	1,18
Ремонт транспортного состава	1977	0,35	0,09	0,02	1,2	36,0	0,05
	1980	0,61	0,58	0,62	0,045	5,2	0,28

передачей в лабораторию додобраиваются до необходимого размера частиц.

Общее содержание химических элементов в продуктах сжигания бытового мусора рассчитывается по результатам анализов путем суммирования содержаний химических элементов во всех выделенных фракциях с учетом долевого участия их в общем балансе пробы.

Опробование компоста проводится на мусороперерабатывающих заводах. Компост, приготовленный из бытового мусора, представляет собой сыпучую землистую грубодисперсную массу.

Пробы компоста отбираются с конвейера готовой продукции; ежедневно в течение рабочей смены отбирается горстевым методом проба, составленная из большого числа навесок (более 25). Опробование выполняется в течение месяца по каждому сезону года, поскольку содержание металлов в компосте по сезонам варьирует (табл. 23):

Компост содержит много органики ($C_{орг} = 45-50\%$), мешающей проведению анализа, поэтому пробы предварительно озоляются. Зола компоста представляет собой неоднородный материал, основным

Т а б л и ц а 23

Распределение химических элементов в компосте по
сезонам года

Элементы	Содержание элементов, г/т сухого вещества			
	зима	весна	лето	осень
Кадмий	3,4	14,0	4,5	63,3
Серебро	3,3	8,5	3,1	2,7
Свинец	472	539	105	464
Висмут	5,5	9	4,6	4,6
Цинк	1590	1774	1391	1459
Медь	554	726	144	362
Вольфрам	1,8	10	10,0	1,2
Олово	23,5	59,0	31,0	32
Молибден	1,1	2,0	1,6	1,0
Хром	78	129	95	118
Никель	10,2	62,5	37,0	16,0
Фтор	97,0	393	102	105
Кобальт	2,7	6,0	2,9	3,0
Ванадий	4,1	12,0	5,5	20,2
Железо	4423	4647	5023	8027
Алюминий	1310	953	710	2839

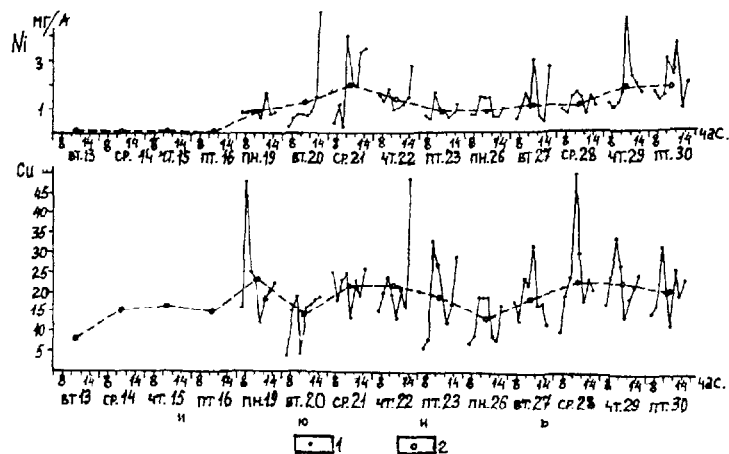


Рис.4. Изменение содержания никеля и меди в промышленных водах гальванического отделения № 1

1 – объединенные среднечасовые пробы с отбором порций через 10 мин; 2 – объединенные среднесменные пробы с отбором порций через 20 мин

компонентами которого являются:

- 1) металлические включения;
- 2) неметаллические включения (осколки стекла, фарфора и т.д.)
- 3) тонкий зольный материал.

В связи с технической невозможностью довести до однородного состояния озоленные пробы компоста целиком, проводится ручное их разделение на перечисленные фракции с определением выхода каждой. Из-за различий систем подготовки к анализу черных и цветных металлов металлические включения разделяются вручную на соответствующие группы.

Для определения легколетучих элементов, таких, как мышьяк, ртуть, селен, используются неозоленные пробы, которые после извлечения металлической фракции измельчаются.

Разделение сложного по составу материала по приведенной выше на рис. 3 схеме позволяет получить фракции с довольно равномерным распределением основной массы химических элементов (табл. 24).

Общее содержание каждого химического элемента в компосте определяется по результатам анализов путем суммирования содержаний элемента в тонком зольном материале, неметаллической и металлической фракциях с учетом выхода фракции и с последующим пересчетом содержаний на сухое вещество.

Методика изучения состава жидких отходов приводится на примере стоков гальванических отделений.

Для оценки степени выдержанности состава гальванических стоков на двух предприятиях были поставлены работы по изучению его динамики. Изучались необработанные стоки на выходе из гальванических отделений, стоки после обезвреживания и стоки после прохождения отстойников. Изучение сопровождалось отбором среднечасовых и среднесменных проб стоков (рис. 4, 5).

Изучение показывает, что все виды стоков — промывные воды непосредственно из цехов, обезвреженные неосветленные стоки и осветленные стоки после отстойников — отличаются значительной изменчивостью содержаний металлов во времени. Поэтому для характеристики стоков предприятий не могут быть использованы отдельные разовые пробы, а также объединенные пробы, отобранные за небольшой временной интервал, например, среднечасовые. Усредненные значения содержаний металлов в стоках можно получить по средне-

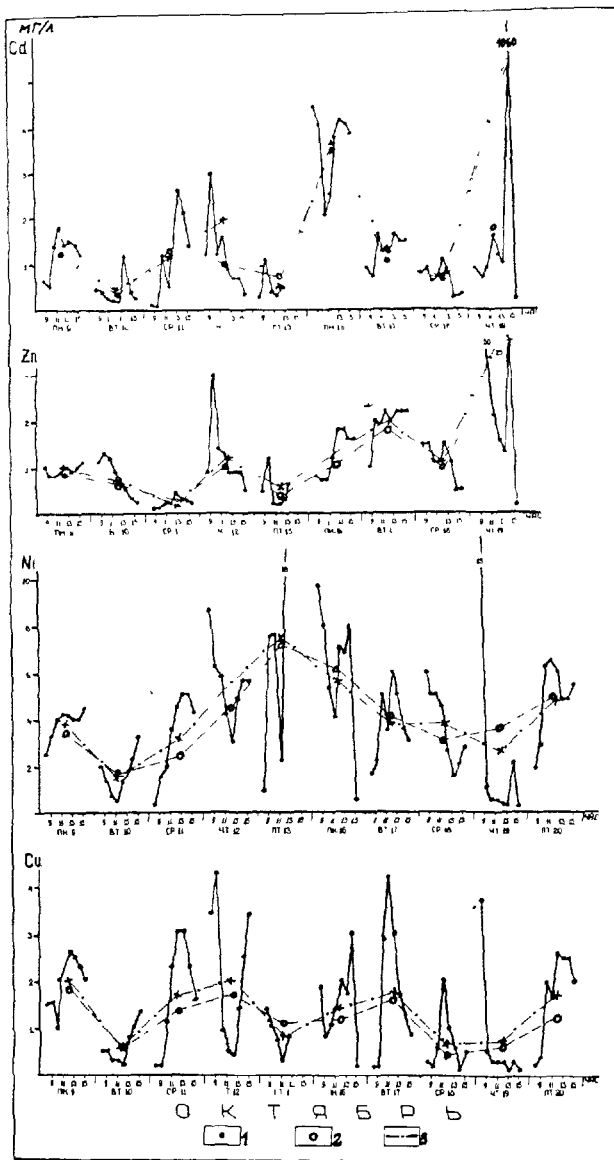


Рис.5. Изменение содержаний химических элементов в обезвреженных неосветленных стоках гальванического отделения № 2
1, 2 - см. на рис. 4 ; 3 - линия сглаживания

сменным пробам или по сериям разовых проб с последующим усреднением результатов.

При организации химико-аналитических исследований проб бытовых и промышленных отходов основную сложность представляет этап подготовки проб к анализу, не имеющий пока стандартных решений. Для решения поставленных перед исследованием отходов задач в большинстве случаев необходимы высокоточные результаты определения широкой ассоциации химических элементов, присутствующих в довольно высоких содержаниях (выше кларковых величин на порядок и больше).

Т а б л и ц а 24

Вариация содержаний химических элементов во фракциях компоста

Элементы	Коэффициент вариации, %		
	металлические включения	неметаллические включения	зольный материал
Алюминий	83	-	-
Ванадий	-	15-24	11-25
Хром	166	25-60	14-57
Железо	20	-	-
Кобальт	-	45-85	20-50
Никель	150	36-71	19-50
Медь	119	48-106	26-39
Цинк	150	59-60	17-34
Мышьяк	-	50	85
Молибден	-	45-143	40-80
Серебро	129	60-167	27-83
Кадмий	70	-	38-65
Олово	-	50-144	30-50
Сурьма	-	130	90
Вольфрам	-	192	20-80
Свинец	156	62-91	24-52
Висмут	-	110-123	130-140

Для предварительной оценки ассоциации химических элементов используется приближенно-количественный спектральный метод, широко применяемый в лабораториях геологических организаций.

Для количественных определений, учитывая сложность состава

макрооснов отходов, использование химических методов анализа из растворов неизбежно. Как правило, при анализе отходов приходится применять весьма разнообразный комплекс аналитических методов (колориметрические, атомно-абсорбционные, пламенно-фотометрические).

Некоторые трудности возникают, когда приходится на фоне высокого содержания одного элемента определять микроколичества других. В случае достаточной чувствительности метода определения микрокомпонентов этот вопрос решается разбавлением раствора. Если чувствительности не хватает, макрооснову следует сбросить любым известным аналитическим методом.

При определении концентраций летучих элементов в отходах с высоким содержанием органики наиболее эффективно разложение проб смесью кислот в бомбах на установке УТБ при температуре 160°C в течение 30 мин. Далее анализ производится по общепринятым методикам.

Обработка результатов изучения источников загрязнения

Обработка данных производится с целью получения по результатам исследований и собранной информации характеристики источников загрязнения: состава и объема загрязнителей, потенциальной опасности для окружающей среды и возможностей утилизации. При этом широко используются методы математической статистики. Оценивается достоверность проведенного опробования и аналитических исследований. Составляются выборки проб по видам загрязнений и по отдельным объектам; по этим выборкам рассчитываются параметры распределения химических элементов.

Если анализ загрязнителей проводился отдельно по фракциям, классам и т.д., то сначала по результатам анализов рассчитываются содержания элементов в каждой пробе в целом с учетом выхода фракций и классов, а затем уже в группах проб, характеризующих отдельные объекты.

Результаты анализа подсушенных и озоленных проб в случае необходимости пересчитываются на исходное вещество, для чего вводятся поправки на его зольность и влажность.

Для оценки отходов и средств химизации как потенциальных загрязнителей окружающей среды, состав их сравнивается с фоновыми (местным, региональным, с кларком литосферы) и предельно допустимыми концентрациями элементов в компонентах среды, подвергаю-

щихся загрязнению; подсчитываются абсолютные количества загрязнителей и определяется создаваемая ими избыточная нагрузка химических элементов на среду.

Местный геохимический фон определяется по участкам природных сред, аналогичным изучаемым, вне зоны влияния антропогенных загрязнителей. Региональный фон определяется по серии участков, характеризующих различные районы исследуемой области. Для тех элементов, содержания которых в природных ландшафтах ниже предела чувствительности анализа, в качестве фоновых принимаются кларки элементов в осадочных породах или литосфере [11]. Кларки элементов используются и при сравнении интенсивности источников, расположенных в различных регионах.

Отношение содержания элемента в исследуемом объекте C_i к фоновому содержанию C_{ϕ} , характеризующее степень аномальности распределения элемента в объекте, называется коэффициентом концентрации K_c (т.е. $K_c = \frac{C_i}{C_{\phi}}$).

Для выбросов и стоков, распределяющихся в природных средах, для которых установлены гигиенические нормы вредных компонентов, содержания химических элементов можно сравнивать с предельно допустимыми концентрациями [35].

Общая нагрузка, создаваемая поступлением химического элемента в окружающую среду ($P_{\text{э общ.}}$), рассчитывается по формуле:

$$P_{\text{э общ.}} = C_i \cdot P_n,$$

где C_i – содержание элемента в загрязнителе, P_n – общая масса загрязнителя.

Коэффициент относительного увеличения общей нагрузки элемента $K_{\text{рэ}}$ определяется относительно фонового запаса элемента $P_{\text{э фон}}$ по формуле:

$$K_{\text{рэ}} = \frac{P_{\text{э общ.}}}{P_{\text{э фон}}}.$$

Для объемных видов отходов с высокими концентрациями химических элементов подсчитывается количество содержащихся в них полезных компонентов, проводится сравнение с существующими видами минерального сырья.

В качестве сырья могут рассматриваться отходы с высокими концентрациями ценных химических элементов, даже если количество отходов сравнительно невелико; со временем их может накопиться достаточно для использования.

Посчет количеств полезных компонентов производится на ос-

нове данных о количестве отходов, их физико-технических показателях состояния (зольности, влажности, плотности) и содержаниях полезных компонентов. Значения показателей для подсчета принимаются по результатам замеров и лабораторных определений, а также по данным предприятий. Достоверность принятых показателей должна оцениваться.

В качестве примера приводится подсчет количества металлов в осадках очистных сооружений гальванопроизводств промышленного города, выполненный по результатам обследования и опробования осадков каждого предприятия, имеющего гальванические отделения. Количество металлов P , содержащихся в ежегодно накапливаемых осадках, определялось по формуле:

$$P = \frac{Q \cdot \alpha (100 - W_1)}{100} \cdot \frac{C \cdot 100}{100 - W_2},$$

где Q – объем ежегодно накапливающихся сырых осадков с естественной влажностью, м^3 ; α – плотность сырых осадков, $\text{т}/\text{м}^3$; W_1 – влажность сырых осадков, %; W_2 – влажность анализируемых проб осадка после подсушки, %; C – среднее содержание металла в пробах осадка, %.

Содержание металла в пробах принималось по данным лабораторных количественных определений, значения влажности и плотности – также по лабораторным замерам. Объем осадков чаще всего принимался по данным предприятий (этот показатель наименее достоверен, так как учета количества осадков предприятия не ведут). Иногда объем осадков определялся ориентировочно, исходя из емкости отстойника и времени, прошедшего после его чистки.

Суммирование вычисленных значений по всем обследованным предприятиям дало общую цифру количества металлов, заключенных в гальванических осадках города. Однако в качестве вторичного сырья использоваться, вероятно, могут не все осадки, а лишь наиболее богатые теми или иными металлами. Тогда целесообразнее будет объединять осадки, обладающие сходным набором элементов, находящихся в повышенных содержаниях. Количества таких осадков и заключенных в них металлов можно получить, суммируя данные только по предприятиям, осадки которых объединяются. Примеры такого подсчета приведены в табл.25. Они показывают, что только 30–50% всех гальванических осадков являются обогащенными металлами и, видимо, могут представлять практический интерес.

Оцениваемые отходы следует сравнивать с существующими ви-

Т а б л и ц а 25

Варианты объединения гальванических осадков, обогащенных металлами

Металлы, по которым проводится объединение осадков	Количество объединяемых осадков, % от общего их количества	Среднее содержание металла в объединяемых осадках, %								Среднее содержание металла в осадках всех предприятий, %
		Количество металла в объединяемых осадках в процентах от общего его количества во всех осадках								
		Cr	Cu	Zn	Sn	Ni	Pb	Ca	Ag	
Хром	49	$\frac{2,8}{90}$								1,5
Медь	29		$\frac{3,0}{85}$							1,0
Цинк	29			$\frac{2,4}{98}$						0,9
Олово	49				$\frac{0,9}{83}$					0,6
Никель	31					$\frac{0,8}{79}$				0,3
Свинец	1						$\frac{10,8}{85}$			0,16
Кадмий	6							$\frac{0,6}{55}$		0,06
Cr + Cu + + Zn + Sn + + Ni + Cd + + Ag	26 36	$\frac{2,9}{51}$ $\frac{2,4}{59}$	$\frac{2,7}{72}$ $\frac{2,9}{82}$	$\frac{2,4}{68}$ $\frac{1,9}{74}$	$\frac{1,1}{52}$ $\frac{1,0}{73}$	$\frac{0,7}{57}$ $\frac{0,7}{73}$		$\frac{0,16}{66}$ $\frac{0,13}{77}$	$\frac{0,03}{87}$ $\frac{0,02}{90}$	4,53

дами минерального сырья. По содержанию ряда металлов и общему их количеству некоторые виды бытовых и промышленных отходов не уступают природным видам сырья. Так, соизмеримые средним по масштабам месторождениям количества металлов в крупном промышленном городе могут быть накоплены за непродолжительное время только за счет металлоабразивной пыли (вольфрам, серебро, кобальт, молибден), илов очистных сооружений гальванических производств (медь, цинк, олово), бытового мусора (медь, свинец, олово).

При оценке отходов в качестве вторичного сырья следует, кроме того, учитывать обычно широкую комплексность отходов, отсутствие затрат на их добычу, а также такой социально-экономический фактор, как снижение ущерба от загрязнения окружающей среды.

ПРАКТИЧЕСКИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ГЕОХИМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ИСТОЧНИКОВ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Геохимическое изучение и оценка накопления экотоксичных и других химических элементов в бытовых и промышленных отходах, выявление их роли как мощных источников загрязнения окружающей среды дают возможность наметить мероприятия по безопасному хранению и переработке отходов.

Основными способами использования результатов геохимических исследований являются:

- выявление основных источников загрязнения окружающей среды;
- оценка возможности использования отходов в сельском хозяйстве;
- использование отходов для извлечения ценных компонентов;
- экологически безопасное хранение отходов.

В основе всех этих разработок должны находиться результаты детального изучения состава отходов и выявления концентраций и запасов как токсичных, так и промышленно-ценных компонентов.

Выявление основных источников загрязнения окружающей среды

В процессе геохимического изучения источников загрязнения происходит постоянное пополнение и углубление знаний о них и о том влиянии, которое они оказывают на компоненты окружающей среды.

Анализ и обобщение результатов исследований позволяют дать всестороннюю характеристику источников загрязнения, классифицировав их по видам производственных процессов или типам деятельности, по видам и объемам отходов, по ассоциациям химических элементов и интенсивности их накоплений, по подвергающимся загрязнению природным средам.

Эти данные могут быть использованы в целях:

1) выявления и учета всех существенных источников загрязнения среды;

2) установления основных видов отходов различных типов деятельности, обогащенных химическими элементами и потенциально перспективных для вторичной переработки или требующих специальных условий безопасного хранения;

3) разработки и обоснования норм безопасных содержаний химических элементов в разных видах отходов.

Оценка возможности использования отходов в сельском хозяйстве

Из-за дефицита органических и минеральных удобрений в последнее время во многих странах получило распространение использование в качестве удобрений различных видов отходов: ферросплавных шлаков [47], золы и шлаков угольных и сланцевых электростанций, осадков от очистки промышленных и коммунально-бытовых стоков [34, 58] и др. Обычно отмечается положительное влияние отходов на рост и развитие растений и только в последнее время появились работы, указывающие на опасность загрязнения металлами из отходов почвы, грунтовых вод и растений и рекомендуемые безопасные нормы их содержаний в отходах [50, 56, 58]. Давались рекомендации использовать осадки сточных вод для удобрений, но не в производстве пищи, а в специализированных хозяйствах [48, 52].

Геохимическое изучение любых видов отходов, предлагаемых для сельского хозяйства, позволит оценить их на наличие токсичных химических элементов и рекомендовать способ наиболее экологически безопасного применения.

Проведенное геохимическое изучение показало, что твердые коммунально-бытовые отходы крупных промышленных городов – мусор, осадки полей фильтрации, осадки сооружений очистки поверхностного стока – интенсивно загрязнены тяжелыми металлами, в составе которых постоянно наблюдаются ртуть, кадмий, свинец, хром, цинк.

сурьма и другие химические элементы, относимые по своему воздействию на живые организмы к наиболее высокому классу опасности.

Рекомендуемое рядом организаций использование таких отходов в качестве удобрений (компостирование бытового мусора и осадков полей фильтрации) приводит к загрязнению почв и сельскохозяйственной продукции и не может быть рекомендовано в качестве универсального способа утилизации.

Для экологически безопасного использования компостов предлагается организация специализированного сельскохозяйственного предприятия технического непищевого профиля. Сущность предложения сводится к тому, чтобы заменить неконтролируемое стихийное загрязнение обширных и случайно подобранных сельскохозяйственных земель (и пищевой продукции) на целенаправленную обработку специально выбранной территории, локализующей загрязнение и вместе с тем биологически и экономически эффективно использующей полезные свойства отходов для производства продукции, не используемой прямо или косвенно в питании человека.

Варианты производства на таком предприятии очень разнообразны: выращивание льна, подсолнечника, конопли и других технических культур, цветоводство, лесоводство (саженцы для озеленения, новогодние елки), выращивание кормовых трав и других культур для нужд пушно-мехового звероводства (кролиководство и т.д.).

С учетом имеющихся разработок по внесению осадков полей фильтрации в качестве удобрений (до 100 т сухого вещества на 1 га один раз в три года), площадь специализированного хозяйства определяется, исходя из размеров ежегодно образующихся отходов. Эта территория на многие десятки лет решит проблему обезвреживания и утилизации канализационных и некоторых других осадков.

Для размещения спецсовхоза необходимы такие ландшафтно-геологические условия, которые локализовали бы большую часть стока внутри выделенной территории.

Земли предлагаемого специализированного хозяйства, несомненно, будут загрязнены. Однако при рекомендуемом варианте использования (при условии четко налаженной контрольной службы) это загрязнение не будет иметь отрицательных последствий.

Коммунально-бытовые отходы малых и непромышленных городов загрязнены металлами незначительно и компостирование, вероятно, явится эффективным способом их утилизации.

Использование отходов для извлечения
ценных компонентов

Такие бытовые и промышленные отходы крупного города, как зола и шлак от сжигания бытового мусора, гальванические осадки, металлоабразивные пыли отличаются высокими содержаниями (см. табл.5,9) и большими запасами (табл.26) некоторых химических элементов, не уступающими природным видам сырья.

Т а б л и ц а 26

Количества химических элементов в некоторых видах
неутилизируемых бытовых и промышленных отходов
крупного промышленного города

Элементы	Количество элементов, кг/чел.год		
	зола и шлаки мусоросжигания	гальванические осадки	металлоабразив- ная пыль
Железо	7,7	-	-
Алюминий	1,2	-	-
Цинк	0,25	0,02	0,003
Медь	0,2	0,02	0,01
Олово	0,08	0,01	-
Свинец	0,07	0,003	0,0002
Хром	0,03	0,03	0,16
Серебро	0,001	0,0002	0,00001
Никель	0,00008	0,006	0,005
Кадмий	0,0004	0,001	-
Вольфрам	-	-	0,03
Кобальт	-	-	0,006
Молибден	-	-	0,005
Ванадий	-	-	0,003

Эти виды отходов рекомендуются в качестве возможного сырья для извлечения дефицитных металлов, предлагается начать разработку технологии извлечения металлов из названных видов отходов и из других с высокими содержаниями металлов.

Для шлаков мусоросжигательного завода в ИМПЭ разработана в лабораторных условиях технологическая схема, позволяющая использовать до 90% массы отхода и получать черные металлы, коллективный концентрат цветных металлов для дальнейшего металлургического передела, кондиционные стеклосодержащие концентраты для

получения тарного стекла и керамические продукты, пригодные для изготовления облицовочных плиток и керамических труб. Объем неутилизированной части отхода снижается до 10% общей его массы.

В случае успешного апробирования в промышленных условиях технологии извлечения из продуктов сжигания бытового мусора и других богатых видов отходов, может быть предложено создание производства по утилизации и обезвреживанию промышленных и бытовых отходов с высокими содержаниями и запасом химических элементов, предусматривающего уничтожение токсичных органических соединений, синтез не разлагаемых выветриванием малотоксичных минеральных форм для не утилизируемых токсичных химических элементов, технологическую подготовку отходов для последующего извлечения химических элементов на предприятиях цветной металлургии.

Утилизация отходов позволяет помимо получения дополнительного сырья снизить поступление в окружающую среду большой массы опасных загрязнителей – тяжелых металлов.

Экологически безопасное хранение отходов

Гальванические осадки, металлообразивная пыль, бытовой мусор и продукты его сжигания в крупных промышленных городах являются одними из наиболее интенсивных загрязнителей окружающей среды. Все эти виды отходов отличаются высокими концентрациями широкого круга химических элементов, в том числе таких токсичных, как свинец, кадмий, цинк, хром, ртуть, содержания которых во много раз превышают средние концентрации в земной коре (см. табл.5,9).

Ни один из применяемых в настоящее время способов захоронения этих отходов не безопасен для состояния окружающей среды. Так большая часть бытового мусора вывозится на городские свалки без какой-либо обработки, продукты сжигания мусора поступают туда же, либо используются для засыпки карьеров и оврагов. На свалки обычно поступает и металлообразивная пыль. Другие образующиеся на предприятиях отходы также попадают на свалки, уничтожаются или неорганизованно захороняются предприятиями. На свалках все виды промышленных и бытовых отходов смешаны друг с другом, а окислительная обстановка способствует широкому рассеянию химических элементов в компонентах окружающей среды. Вокруг городских свалок выявлены интенсивные потоки рассеяния химических

элементов в водах и донных осадках водотоков, пренирующих свалки. Кроме того, для складирования отходов требуются все новые площади, резервы которых ограничены.

Некоторые виды промышленных отходов, как например, осадки очистных сооружений гальванических производств не подлежат вывозу на городские свалки. Из-за отсутствия специализированных полигонов они захороняются предприятиями неорганизованно и могут создавать аномалии металлов, в том числе токсичных, в местах захоронений. Часто гальванические шламы сбрасываются в канализационную систему, что приводит к обогащению металлами осадков городских очистных сооружений, используемых затем в сельском хозяйстве.

Разобщенность отходов по неорганизованным свалкам предприятий лимитирует возможность их вторичного использования.

Для складирования и безопасного хранения продуктов переработки бытового мусора и промышленных отходов с высокими содержаниями металлов впредь до создания предприятия по их утилизации предлагается предусмотреть организацию полигонов-накопителей. Прием и хранение отходов на таких полигонах рекомендуется производить раздельно по группам отходов со сходным составом. Емкость этих накопителей должна определяться, исходя из планируемого количества отходов. Устройство полигонов должно гарантировать защиту компонентов среды от проникновения тяжелых металлов из отходов.

Одновременно с созданием полигонов-накопителей следует полностью запретить неконтролируемое захоронение отходов на территории предприятий и сброс в городскую канализацию шламов и недостаточно очищенных стоков гальванического производства.

Внедрение предложенных мероприятий должно снизить загрязнение окружающей среды, обусловленное распространением в ней отходов с высокими концентрациями гигиенически и экологически опасных загрязнителей - тяжелых металлов и исключить возможность образования критических ситуаций, связанных обычно с загрязнением вод или земель высокими концентрациями ртути, кадмия, мышьяка, хрома, свинца; кроме того, оно может привести к вводу в производство новых видов вторичного сырья.

Л и т е р а т у р а

1. Авцин А.П., Жаворонков А.А. Флюороз как биогеохимическая эндемия. -В кн.: Своевременные задачи и проблемы биогеохимии ("Труды биогеохимической лаборатории", т.ХУП). М.: Наука, 1979.
2. Агрохимикаты в окружающей среде. М.: Колос, 1979. Авт.: Э.Хайниле, Х.Паукве, Г.Д.Кагель и др.
3. Башаркевич И.Л., Костин Ю.П., Мейтов Е.С. Средние содержания малых химических элементов в ископаемых углях. (Тезисы докладов УШ международного конгресса по органической геохимии). М., 1978.
4. Березин В.А. Обзор ЦИТИ по строительству и архитектуре. М.: Госстрой СССР, 1975.
5. Беус А.А., Тихонова Н.В., Грабовская Л.И. Геохимия окружающей среды. М.: Недра, 1976.
6. Бондарев Л.Г. Ландшафты, металлы и человек. М.: Мысль, 1976.
7. Буштуева Н.А., Случанко И.О. Методы и критерии оценки состояния здоровья населения в связи с загрязнением окружающей среды. М.: Медицина, 1979.
8. Бушинский Г.И. Формация: Фосфориты. М.: Наука, 1969.
9. Васильев Ф.С., Писарев В.Д., Хозин Г.С. Экология и международные отношения. М.: Международные отношения, 1978.
10. Вернадский В.И. Химическое строение биосферы Земли и ее окружение. М.: Наука, 1965.
11. Виноградов А.П. Среднее содержание химических элементов в главных типах изверженных горных пород земной коры. - "Геохимия", 1962, № 7.
12. Вредные вещества в промышленности. Л.: Химия, 1977.
13. Временная методика нормирования промышленных выбросов в атмосферу (расчет и порядок разработки нормативов ЦДВ). М.: Госкомгидромет, 1981.
14. Гигиенические критерии состояния окружающей среды. Свинец. ВОЗ, Женева, "Медицина", 1980.
15. Глазовская М.А. Ландшафтно-геохимические системы и их устойчивость к техногенезу. -В кн.: Биогеохимические циклы в биосфере. М.: Наука, 1976.
16. Глазовская М.А. Почвенно-геохимическое районирование нечерноземной зоны для целей охраны природы. -"Вопросы географии", № 108. М.: Мысль, 1978.

17. Григорян С.В., Сает Ю.Е. Геохимические методы при решении некоторых экологических задач. - "Советская геология", 1980, № II.
18. Грушко Я.М. Вредные металлы и их неорганические соединения в промышленных сточных водах. М.: Медицина, 1972.
19. Грушко Я.М. Вредные неорганические соединения в промышленных сточных водах. Л.: Химия, 1979.
20. Исследование элементного состава аэрозолей с помощью современных аналитических методов. - В кн.: Охрана внешней среды. (Труды Зап.-Сиб. гидрометеорологического ин-та. Вып. 40). М.: Гидрометеиздат, 1979. Авт.: В.А. Михайлов, С.Г. Пушкин, А.А. Назаров и др.
21. Ковда В.А. Биогеохимические циклы в природе и их нарушение человеком. - В кн.: Биогеохимические циклы в биосфере. М.: Наука, 1976.
22. Коптев Д.В., Лестровой А.П. Охрана окружающей среды в машиностроении. - "Машиностроитель", 1977, № I.
23. Кorte Ф. Принципы оценки воздействия ядовитых веществ в окружающей среде. - Там же.
24. Критерии санитарно-гигиенического состояния окружающей среды № I. Ртуть. ВОЗ, Женева. "Медицина", 1979.
25. Левина Э.Н. Общая токсикология металлов. Л.: Медицина, 1972.
26. Лукашев В.К., Лукашев К.И. Некоторые проблемы геохимии мониторинга окружающей среды. Минск: Высшая школа, 1980.
27. Методические рекомендации по установлению ПДК химических веществ в почвах. М.: Медицина, 1976.
28. Ноздрихина Л.Р. Биологическая роль микроэлементов в организме животных и человека. М.: Наука, 1977.
29. Ноздрихина Л.Р., Гринкевич Н.И. Нарушение микроэлементного обмена и пути его коррекции. М.: Наука, 1980.
30. Одум Д. Основы экологии. М.: Мир, 1975.
31. Перельман А.И. Геохимия биосферы и ноосферы. - В кн.: Биогеохимические циклы в биосфере. М.: Наука, 1976.
32. Перельман А.И. Геохимия элементов в зоне гипергенеза. М.: Недра, 1972.
33. Перельман А.И. Биосферная система Земли. М.: Наука, 1977.
34. Покровская С.Ф., Гладкова Л.И. Использование осадка сточных вод в сельском хозяйстве. Обзорная информация ВАСХНИЛ. М.:

НИИ информации и технико-экономических исследований, 1977.

35. Предельно допустимые концентрации вредных веществ в воздухе и воде. Л.: Химия, 1975.

36. Рощин А.В. Проблема соотношений между дозой и эффектом в токсикологии металлов. - Гигиена и санитария, 1977, № 5.

37. Руководство по гигиене атмосферного воздуха (под ред. Буштуева К.Н.). М.: Медицина, 1976.

38. Сидоренко Г.И. Актуальные проблемы гигиены окружающей среды. - "Гигиенические аспекты окружающей среды", вып.6, 1978.

39. Садилова М.С. Загрязнение фтором атмосферного воздуха как причина флюороза детского населения. - В кн.: Предельно допустимые концентрации атмосферных загрязнений. вып.3, "Медицина", 1957.

40. Сергеев Е.П., Можаяев Е.А. Санитарная охрана водоемов. М.: Медицина, 1979.

41. Сидоренко Г.И., Ицкова А.И. Никель (гигиенические аспекты охраны окружающей среды). М.: Медицина, 1980.

42. Твердые отходы. Под ред. Мантелла. М.: Стройиздат, 1979.

43. Ферсман А.Е. Геохимия. М.: Изд-во АН СССР, 1955.

44. Хазарадзе Р.Е. и соавт. Загрязнение внешней среды марганцем из выбросов ферросплавного завода. - "Бюлл. Почв. ин-та ВАСХНИЛ", 1980, № 24.

45. Холодов В.Н., Минеев Л.А. Редкие элементы в фосфоритах, распространение, генезис и практическое использование. - В кн.: Вещественный состав фосфоритов. Новосибирск: Наука, 1979.

46. Человек. Медико-биологические данные. М.: Анатомиздат, 1977.

47. Щербинский Б.В. Перспективы комплексного использования металлургических шлаков в условиях научно-технического прогресса. - В кн.: Проблема планирования и эффективности развития науки и техники в СССР. Киев, 1979.

48. Angle Iag S., Wall Duane C., Hall John K. Use of composted sewage sludge for the establishment of turfgrass sod. - "Proc. 1st Conf. sci Res. Nat Parks, New Orleans, La, 1976, vol. 2"; Washington D.C. 1979.
49. Bencko V., Symon K. Health aspects of burning coal with a high arsenic content. "Environ. Res", 1977, 13, 3.
50. Cebula Jozef. Preliminary studies on agricultural applicability of sewage Sludges from Wrocław. Environ. Prot. Eng" (PRL), 1978(1979), 4, N 4.
51. Bertine K.K., Goldberg E.D. Fossil Fuel Combustion and the major Sedimentary Cycle. Science 173, july 16, 1971.
52. Csánády Mihály. A szennyvíziszap szállítás és elhelyezés egészségügyi szempontjával. Hidrológiai Közlemény, 1979, N II.
53. Clayton E. Lead: environment and experimental investigation. "Brit. Med. Bull.", 1975, 31, 3.
54. Federal Registrar 39, 23540-3 (June 27, 1974).
55. Förstner U., Wittmann I.W. Metal pollution in the aquatic environment. Berlin - Heidelberg - New-York, 1979.
56. Haan S. Suiveringslib als meststof - Boerderij Akkerbouw, 1978, 62.
57. Kaffka C. Umweltbelastung durch Emissionen der Schwermetallindustrie im Raum Nordenham. - "Neues, Arch Niedersachs", 1977, 26, 3.
58. Reinbold M. Valorisation agricole des boues provenant de l'épuration biologique des eaux usées urbaines. Colloq. int, CENEGA, Paris, 1976. Eau et activ agr. s. I.
59. Roels H.A., Buchet I.P., Janwerys R. Lead and cadmium absorption among children near a nonferrous metal plant. - "Environ. Res.", 1978, 15.
60. Tseng W.P. Effects and dose - response relationship of skin cancer and blackfoot disease with arsenic. - "Environ. Health, Perspect.", 1977, 19.
61. Warren H. Trace element anomalies in urban environments a challenge for geologists and geographers. - "Western Miners", 1976, 49, 12.

СОДЕРЖАНИЕ

	стр.
Введение	3
Общая характеристика проблемы загрязнения окружающей среды химическими элементами в связи с производственной и коммунально-бытовой деятельностью	4
Химические элементы как загрязнители окружающей среды	4
Влияние окружающей среды, загрязненной химическими элементами, на состояние здоровья населения	8
Химические элементы в производственных, коммунально-бытовых отходах и средствах химизации сельского хозяйства....	16
Общая характеристика источников загрязнения	16
Промышленные отходы	22
Коммунально-бытовые отходы	28
Отходы энергетики	31
Средства химизации сельского хозяйства	35
Методика изучения источников загрязнения окружающей среды	38
Отбор, обработка и анализ проб	40
Обработка результатов изучения источников загрязнения	52
Практические возможности использования результатов геохимических исследований источников загрязнения окружающей среды	56
Выявление основных источников загрязнения окружающей среды	56
Оценка возможности использования отходов в сельском хозяйстве	57
Использование отходов для извлечения ценных компонентов	59
Экологически безопасное хранение отходов	60
Литература	62

**МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ГЕОХИМИЧЕСКОЙ ОЦЕНКЕ
ИСТОЧНИКОВ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ**

Утверждено к печати Институтом минералогии,
геохимии и кристаллохимии редких элементов

Редакторы: Т.И. Нефелова, И.Л. Дзюба

Подписано к печати 10/XI-1982 г.
Т-20829. Объем 4,2 л. Тираж 400.
Цена 40 коп. Формат 60х90 1/16

Типография ХОЗУ Миннефтепрома Зак. 202