

Министерство образования и науки РФ  
Владимирский государственный университет  
им. А.Г. и Н.Г. Столетовых

**И.А. Карлович**

Новый учебник

## **Современный техногенез:**

*Рекомендовано Учебно-методической комиссией УМО Педагогических вузов РФ по профилю геология и география по направлению Естественнонаучное образование для студентов естественно – географических специальностей вузов.*

Владимир 2015

УДК 502/504:55.574; 624.131

ББК 28.081

Э 10

**Карлович И.А. Современный техногенез. Учебн. пособие. Владимир: ВлГУ, 2015. -165с.**

**ISBN**

**Рецензенты:** Нестеров Е.М. доктор пед. наук, профессор;  
Гавриленко В.В. доктор геол.-мин. наук, профессор.

Учебное пособие посвящено новому научному направлению в геоэкологии – современному техногенезу – процессу общепланетарного масштаба. В пособии даны понятия о техногенезе, техносфере и геоэкологии, приведены факторы развития и источники техногенеза, а также виды миграции химических элементов в биосфере. Показано содержание тяжелых металлов в почвах городов и населенных пунктов, влияние тяжелых металлов на здоровье людей, способы и методы очистки почв от техногенных веществ с помощью растений.

Учебное пособие предназначено для бакалавров и специалистов географических и геоэкологических специальностей, учителей географии и экологии, и любителей природы России.

**ISBN**

Печатается по решению редакционного совета ВлГУ  
© Владимирский государственный университет, 2015  
© Карлович И.А.

## Предисловие

Уважаемый читатель. Вы держите в руках новый учебник «Современный техногенез» - о взаимоотношениях общества с окружающей средой. Новизна учебного пособия заключается в комплексном подходе к современному состоянию компонентов природы, в первую очередь, к ландшафтам искусственным (антропогенным), (полу-искусственным и полу-природным (т.е. наполовину преобразованный ландшафт) и природным или не затронутым преобразованиями. Все перечисленные состояния компонентов природы – ландшафтов, определяются результатами взаимоотношений окружающей среды и общества, вооруженного техникой и технологией производства.

Вооруженное общество сформировало для себя (для своего существования и развития) города, инфраструктуру, пути сообщения, технику, транспорт, приборы и механизмы. Одни только города, в которых сегодня проживают около 80% населения планеты, занимают более 2% земной поверхности. Города – это антропогенные сооружения (искусственные) – т.е. техникой построенные, которые живут и функционируют по своим законам, отличным от законов природы. Результатом функционирования городов и предприятий (как городских, так и внегородских): транспорта, механизмов, приборов являются отходы, которые поступают в окружающую среду и загрязняют её компоненты. В сумме все виды загрязнений, поступающих в компоненты природы образуют загрязнения, которые получили названия техногенных веществ – поллютанты. Общее количество загрязнений, поступающих в окружающую среду в течении одного года составляет более 100 млрд.т. В современный период (приблизительно с 1950г по наши дни) общество (а это города, предприятия, механизмы) накопило свыше 220Гт техногенных веществ, которые вступают в естественный круговорот. Техногенные вещества не только накапливаются, но и влияют на самочувствие и здоровье населения. В период расцвета НТП возникли болезни, которых раньше не было. Общество должно начать движение за нейтрализацию техногенных веществ, во включение их в естественный природный круговорот. В противном случае обществу придется существовать в совершенно новой непригодной для биоты искусственной среде.

В связи с этим ведущим постулатом современного экологического направления в науке является познания факторов развития техногенеза – природных и антропогенных (искусственных), миграции техногенных веществ, загрязнение ими городских почв, а также путей нейтрализации

загрязнений с помощью растений, для уменьшения влияния техногенных веществ на самочувствие и здоровье общества.

Учебное пособие предназначено для студентов естественно-географических отделений вузов, обучающихся по специальностям: география-биология, экология, география безопасность жизнедеятельности и др. (бакалавриат, специалитет, магистратура). Пособие может быть использовано также студентами, обучающимися по специальности-геоэкология.

Пособие состоит из 8 глав, которые раскрывают суть техногенеза и место техносферы в биосфере, виды миграции и накопления техногенных веществ, влияние их на здоровье людей и способы нейтрализации поллютантов с помощью растений.

Автор благодарит студентов естественно-географического факультета ВлГУ им. Н.Г. и А.Г.Столетовых: Андронову Алину, Румянцеву Любовь и Панкратова Сергея за помощь в компьютерном наборе пособия.

Спонсором данного учебного пособия является М.А. Леонтьев.

Учебное пособие

Карлович Игорь Анатольевич

Современный техногенез

Редактор: Щерба В.А.

Технический редактор: Панкратов С.В.

Компьютерный набор: Андропова А., Румянцева Л.

Художник: Базанов М.А.

Компьютерная верстка: Панкратов С. В.

Подписано в печать 16.06.2015

Усл. изд. л. – 10,0

Бумага офсетная

Заказ №

Формат 84×108/

Уч. изд. л. – 9,8

Печать

Тираж - 200

---

Издательство ООО «Аркаим»  
Владимирского государственного университета имени Александра  
Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых.  
600000, Владимир, ул. Горького, 87

7.3. Окружающая среда и здоровье населения России .....	135
Глава 8. Методы и способы очистки почв и водоемов от загрязнений поллютантами .....	143
8.1. Предпосылки к диагностики загрязнений ландшафтов техногенными веществами.....	143
8.2. Методы очистки почв от загрязнений.....	152
Заключение .....	161
Оглавление.....	163

## Введение

Современный техногенез представляет сложную проблему глобальной геоэкологии. Как следует из этого предложения в нем помещены 2 понятия, содержание которых взаимообусловлены. Известно, что геоэкология сформировалась на базе кооперации достижений географии, геологии и экологии. Техногенез это процесс глобального масштаба, познанием которого является основной задачей науки геоэкологии. Обратимся к взаимоотношению общества и окружающей среды, которые исследует геоэкология. На глобальном, а чаще на региональном уровне обычны проявления природных и антропогенных катастроф. К ним общество «привыкло» и способно прогнозировать любые природные и антропогенные катастрофы (землетрясения, вулканы, цунами, пожары, дожди, аварии на атомных и других станциях и даже войны), а вот предугадать техногенные воздействия на компоненты природы общество не готово ни методически, ни инструментально.

Факторы загрязнения окружающей среды делятся на природные и антропогенные. Для человека нет разницы от какого источника появились загрязнения – от извержения вулканов или выбросов автотранспорта. Ему одинаково не комфортно от обоих источников загрязнения воздуха. Экологическая обстановка окружающей природы стала ухудшаться и принимать угрожающие размеры. Во многих регионах России в дополнение к природным стихиям прибавились антропогенные аварии и загрязнения. Аварии – это всегда плохо; они приводят к человеческим жертвам и значительным материальным затратам на восстановление разрушенного. Еще хуже – природные непредвиденные стихии: ливни, наводнения, засухи, ураганы, пыльные бури, сели, обвалы, землетрясения и др. А.А. Григорьев и К.Я. Кондратьев приводят сведения о катастрофических проявлениях природных стихий, уносящих миллионы человеческих жизней на планете. Но какими бы трагическими ни были результаты природных и антропогенных стихийных явлений, они в определенной мере прогнозируемы и управляемы. Например, в настоящее время можно прогнозировать сейсмичность любого района России, можно предвидеть цунами и наводнения, а также другие явления и подготовиться

к ним.

Совершенно другая картина складывается в отношении техногенных загрязнений окружающей среды. Эти загрязнения вездесущи. Они трансграничны и для них почти не существует барьеров. Достаточно вспомнить облако радиоактивной пыли, накрывшее около половины европейской части России при аварии на Чернобыльской АЭС. Почти такими же по площади загрязнений являются потоки диоксинов от мусоросжигательных заводов, распространяемые ветром на большие расстояния.

Сегодня считается доказанным загрязнение почв всех континентов от 10 до 17% тяжелыми металлами, выпадающими с атмосферными осадками. Раньше предполагали, что горные хребты являются преградой на пути атмосферных потоков, но оказалось, что они задерживают потоки воздушных масс только нижней части тропосферы, менее – средней и совсем не задерживают потоки верхней тропосферы и атмосферы, из которых выпадение загрязнений распространяется по всей поверхности Земли.

Техногенные вещества проникли во все сферы Земли: атмосферу, гидросферу, педосферу, верхнюю часть литосферы и экосферу. Результатом повсеместного загрязнения окружающей среды явилось формирование оболочки, состоящей из химических элементов искусственного происхождения. Часть этих элементов оказалась совершенно чуждой географической оболочке и не вступает в естественный массообмен на природном уровне.

Человечество быстро наращивает количество химических элементов, поставляемых в окружающую среду от сжигания ископаемых органического происхождения, от работы промышленных предприятий, транспорта, военных действий и других источников.

Процесс распространения техногенных веществ в окружающей среде получил название социальной миграции химических элементов. Эта миграция наступает там, где проявляется хозяйственная деятельность общества. Отрицательная сторона функционирования техносферы – это прежде всего ухудшение экологической обстановки конкретных регионов.

Среди факторов развития техногенеза выделяют географические, геологические и антропогенные. Причем последние по объему некоторых химических веществ, поставляемых в окружающую среду, занимают лидирующее положение. Географические и геологические факторы

## Оглавление

Предисловие.....	4
Введение.....	5
Глава 1. Понятие о техногенезе, техносфере и геоэкологии .....	9
Глава 2. Факторы развития техногенеза .....	19
2.1. Города в качестве источников техногенеза и преобразования природных ландшафтов.....	19
2.2. Техносфера как результат воздействия общества на природу .....	22
2.3. Состояние ландшафтов и здоровье людей .....	25
2.4. Некоторые закономерности эволюции техногенеза в современных условий .....	28
Глава 3. Источники техногенных веществ .....	36
3.1. Природные источники .....	36
3.2. Антропогенные источники.....	47
Глава 4. Миграция техногенных веществ в окружающей среде.....	52
4.1. Виды миграции тяжелых металлов .....	52
4.2. Биогенный фактор миграции химических элементов .....	62
Глава 5. Техногенез тяжелых металлов .....	77
5.1. Ресурсный фактор развития техногенеза.....	77
5.2. Геохимический фактор развития техногенеза .....	82
Глава 6. Содержание тяжелых металлов в почвах городов и населенных пунктов .....	105
6.1. Предпосылки к определению содержаний тяжелых металлов в городских почвах.....	105
6.2. Характеристика современных содержаний тяжелых металлов в почвах городов и населенных пунктов .....	106
Глава 7. Загрязнение окружающей среды тяжелыми металлами и здоровье человека.....	122
7.1. Микроэлементы в пищевой цепи .....	122
7.2. Факторы состояния окружающей среды и здоровье человека.....	127

В учебном пособии изложены главные виды миграции техногенных веществ. В первую очередь, это вовлечение в ветровой поток техногенных веществ и перенос их на значительные расстояния с помощью воздушных масс. В пособии показано, что это основной вид миграции элементов. Затем следует формы миграции элементов с помощью перелетных(морских) птиц и биогенная форма с помощью растений. Показано, что биогенная форма миграции имеет определяющее значение для людей, поскольку растения участвуют в пищевой цепи человека и являются звеном между почвой и человеком посредством продуктов питания.

Значительное место в пособии уделено характеристике наиболее распространенных тяжелых металлов, их географии, их физическим свойствам, использованию в быту и промышленности.

Отсюда возникают следствия о загрязненности компонентов природы (воздуха, вода и почвы) в городах и населенных пунктах. Не менее важные выводы о связи загрязнений тяжелыми металлами (поллютанты) и состоянием здоровья людей в регионах России.

Весьма обнадеживают результаты: по нейтрализации тяжелых металлов (поллютанты) в почвах посредством методов и способов их индексации и последующего извлечения из почв с помощью растений. Предложенный в пособии ряд растений и, в основном древесных, показал возможность сохранить чистоту почв и здоровье людей.

способствуют распространению техногенных веществ, накопленных в окружающей среде от хозяйственной деятельности человечества за последние 100 лет. Приоритет в миграции техногенных веществ остается за климатическими (метеорологическими), а также за гидрологическими и геологическими факторами.

Следует отметить, что человечество за последние 100 лет только из литосферы выбрало огромное количество минеральных ископаемых, которые были преобразованы в техногенные вещества, в техноприродные системы и комплексы, составившие суть современной техносферы. Объективную и комплексную картину распространения техногенных веществ, связанных с социальной миграцией химических элементов, можно получить на основе анализа загрязнения окружающей среды на уровне компонентов природы.

В основе социальной миграции химических элементов техносферы лежит спрос на минеральные ресурсы развитого общества. Причем, название техногенного вещества является производным от вида полезного ископаемого, пользующегося спросом. Наряду с этим, название техногенного вещества зависит от природных минеральных ассоциаций и преобразованных соединений, вследствие синтеза и технологического обеспечения процесса, диктуемого видом промышленного производства.

Определяющим моментом современного техногенеза выступает познание его места и роли в экологическом равновесии природы, в сохранении экосистемы Земли. Отсюда главными задачами исследований являются прогноз развития техносферы в ближайшей перспективе и создание информационно-поисковой системы, связывающей в единое целое вид техногенного вещества, территорию и промышленное производство как источник техногенеза, а также факторы, вызывающие миграцию техногенных веществ в окружающей среде.

Техногенез возник в следствии прогресса науки и техники в сфере производства и природопользования. Иными словами, техногенез является детищем НТР во взаимоотношении общества с окружающей средой, с компонентами природы.

Техногенез процесс вездесущий. В тех местах где функционирует антропогенная деятельность общества там происходит техногенное воздействие на компоненты природы и прежде всего на биоту. Об этой стороне техногенеза только говорили, но мер по предотвращению техногенного загрязнения компонентов природы должным образом не

принимали. Выпустили джина, укротить которого на одном энтузиазме не возможно. Загрязнение компонентов природы породило множество заболеваний лечить которых дорого стоит. Известно, что нужно ликвидировать причину болезни, нежели лечить саму болезнь. Аналогично и с техногенезом окружающей среды. Две неотложные задачи стоят перед наукой геоэкологией – прогноз техногенного загрязнения компонентов природы и ликвидация (снижение) техногенного воздействия на компоненты природы с помощью разнообразных методов (способов) в том числе и с помощью растений.

## Заключение

Определяющая черта естествознания всего XX и начала XXI вв. – возникновение на базе известных классических наук комплекса новых научных направлений. Эти научные направления быстро осваивали ниши естествознания, опираясь на устоявшиеся в обществе положения и ценности сохранения окружающей среды и, прежде всего, человека.

Как отражение этапа взаимопроникновения естественных наук и научных направлений в исследовании состояния и развития окружающей среды явилось появление новой научной проблемы – техногенеза, призванной, по мнению основоположников этого нового направления В.И. Вернадского и А.Е. Ферсмана, оценить его как составную часть географической оболочки. Роль и значение химических веществ (потоков) компонентов географической оболочки, находящихся в большом природном круговороте, по мнению основоположников, являются основополагающими. В то же время в эти потоки (массообмен) включились новые (техногенные) потоки химических веществ от хозяйственной деятельности, которые по масштабности оказались сравнимыми с природными массопотоками. Таким образом, В.И. Вернадский и А.Е. Ферсман обосновали существование оболочки Земли (техносфера), составляющей которой стали потоки химических элементов антропогенного генезиса.

Взаимодействие компонентов окружающей среды: гидросферы, атмосферы, педосферы, литосферы (верхняя часть) и биосферы, включая человека (в том числе его хозяйственную деятельность), предлагает оценивать учение о техносфере через источники и потоки химических веществ и функциональные зависимости массообмена между компонентами.

Методика комплексного исследования объектов антропогенеза совместно с природными массопотоками делает их равнозначными в общем массообмене элементов окружающей среды.

Объединение усилий географов, геологов и экологов на основе эколого-географической и эколого-геологической характеристики источников и потоков техногенеза позволит подойти вплотную к решению проблемы техногенеза и раскрыть его роль во влиянии на биоту.

Главную роль среди источников техногенеза, формирующих современный химический облик окружающей среды, имеют антропогенные источники. Эти источники поставляют химические элементы в окружающую среду в наиболее крупных объемах.

6. Коломыц Э.Г. Локальные механизмы глобальных изменений природных экосистем/Э.Г. Коломыц. М.: наука, 2008. – 427с.
7. Усольцев В.А. «Фитомассы лесов Северной Евразии»: предельная продуктивность и география. – Екатеринбург: Ур. О. РАН, 2003.
8. Ранадхир Чокраборти, Прадош Рой. Микробная геномика как комплексный инструмент для создания биосенсоров на токсинные микроэлементы в окружающей среде. / там же с.198-216.
9. Nies D. H. Microbiolog heavy – metal resistanc//Appl. Microbes. Biotechnolog. – 1999. V. 51 - 56. – p. 730.
10. EPA Introduction on Phytoremediation EPA /600 / R-99 / 107 www.epa. gov/ swertiof/ download/ remed/ introphytod. pdf. 2010.
11. Wenzel W.W., Lombi E., Adriano D.C, Biogeochemical processes in the shizosphere: role in phytoremediation of metal-polluted soils//In: Heavy Metal Stress in plants – from Molecules to Ecosystems/Ed.by M.N.V. Prasad, j. Hagemeyer. – Berlin: Springer – Verlag, 1999. – p. 271 – 303.
12. Watanabe M.E. Phytoremediation on the brink of commercialization//Environ. Sci. Tech – 1997. – v. 31 – p. 182/
13. Ma L.Q., Komar K.M., Tu. C., Zhong W., Cai Y., A fern the hyperaccumulates arsenic//Nature. – 2001 – v. 409. – p. 579.
14. Carbonell A.A., Aarabi M.A., Delaune R.D., Gambrell Patrick W.H., yr. Bioavailability and uptake of arsenic by wetland vegetation: effects on plant growth and nutrition//y. Environ. Sci. Health. – 1998. – v. A33(1). – p. 45 – 66.
15. Thangavel P., Subburaam C.V. Phytoextraction: role of hyperaccumulotots in meal – contaminated soils//Proc. Yndian Natl. Sci Acad – 2004. – v. 70. – p. 109.
16. Saxena P.K., Krishnaraj S., Dan T., Resms M.R. Velttakoruma –Kankav N.N. Phytoremedia – tion of metal contaminated and polluted soils//Yn: Heavy Metal Stress in Plants – from Molecules to Ecosystems/Ed. By M.N.V. Prasad, y. Hagemeyer – Heidelberg: Springer – Verlag. 1999. – p. 305 – 329.
17. Cunningham S.D., Ow D.W. Promises and prospects of phytoremediation//Plant Physiol. – v. 110. – p. 715 – 719.
18. Chu L. et al. Regulation of the Staphylococcus aureus plasmid pI258 mercury resistance operon // J. Bacterioi. – 1992. – V. 174. – P. 7044.
19. Guerinot M. L., Salt D. E. Fortified foods and phytoremediation. Two sides of the same coin // Plant Physiol. – 2001. – V. 125. – P. 164.
20. Lee J. et al. Functional expression of a bacterial heavy metal transporter in Arabidopsis enhances resistance to and decreases uptake of heavy metals // Plant Physiol. – 2003. – V. 133. – P. 589.
21. Kerkeb L., Kramer U. The role of free histidine in xylem loading of nickel in Alyssum lesbiacum and Brassica juncea // Plant Physiol. – 2003. – V. 1312. – P. 716.
22. Haraguchi H. Metallomics as integrated biometal science // J. Anal. At. Spectrum. – 2004. – V. 19. – P. 5.

## Глава 1

### Понятие о техногенезе, техносфере и геоэкологии

*Техногенным воздействием на окружающую среду называется влияние, оказываемое человеком на компоненты природы в процессе производственно-хозяйственной деятельности с помощью техники и технологических процессов.* Взаимодействие предприятий, инженерных сооружений, технологических процессов производства и компонентов окружающей среды различаются в зависимости от материального наполнения компонентов среды. Например, «материал» геологической среды «существует» по геологическим законам земной коры, а инженерные сооружения, инструменты – по техническим. В данном примере задача специалиста состоит в проектировании единой природно-технической системы. К такой природно-технической системе можно отнести ГОК (горно-обогатительный комбинат) любого региона России, осуществляющего разведку, добычу и переработку рудного сырья (Канско-Ачинский ГОК и др.) или добычу нефти, газа (Западно-Сибирский нефтегазовый бассейн), поставку газа в газопроводы страны и нефти на нефтеперерабатывающие заводы г. Томска. Эти примеры показывают, что природно-технические системы функционируют при наличии, в первую очередь, сырья, во вторую очередь, оборудования (техническое сооружение) и технологического процесса самого производства, т.е. сырье является побудителем производства, движущей силой технологического процесса и эффективности техногенеза. В 1985 г. В.К. Епишин дал определение производственно-техническим системам – «совокупность инженерного сооружения (комплекс инженерных сооружений) с частью геологической среды в зоне его (их) влияния, имеющей организационно-фиксированные границы».

Взаимоотношение геологической среды и производственно-инженерных сооружений выступает в качестве самостоятельных систем. Например, «геотехническая система» многими авторами понимается как совокупность природных и техногенных систем регионального и даже

глобального масштаба. По мнению А.Л. Ревзона, геотехническая система выступает как часть (подсистема) природно-технической системы, которую образуют инженерные устройства и предприятия на определенных территориях с конкретной структурно-функциональной связью, с геологической средой (Ревзон, 1992).

Развивая далее взаимодействия окружающей среды и инженерных сооружений, Г.К. Бондарик вводит в обращение понятие «литотехническая система», подразумевая под этим материальную часть литосферы. М.А. Шубин в предложенном им понятии «геосистема» понимает совместное использование геосистемного и программно-целевого подходов.

М.С. Голицын и В.Н. Островский предложили понятие геолого-техногенной системы, под которой они понимают часть геологической среды, взаимодействующей с техногенными объектами. В общем виде взаимодействие инженерного сооружения с геологической средой разработано В.А. Королевым (1995, с. 16). Ссылаясь на исследования В.К. Епишева и В.Т. Трофимова, он пишет, что взаимодействие инженерного сооружения с геологической средой и другими внешними средами охватывает некоторое пространство, включающее собственно техногенную систему (ТС), а также некоторую часть окружающей и геологической среды, в пределах так называемой зоны влияния (ЗВ) или зоны воздействия технической системы на геологическую среду. Анализ взаимодействия геологической среды и инженерного сооружения, проведенный им, выявил важную сторону этого процесса, что помимо воздействия, оказываемого геологической средой на сооружения, происходит и обратное воздействие. Получается, что этот процесс обоюдный, а поэтому параметры геологической среды (механическая прочность, деформация, текучесть, влажность и др.) являются обязательными критериями прогноза в расчетах инженерно-техногенных сооружений.

*Технический прогресс в обществе признан. Появилась реальная возможность замены естественной природы на техническую, в которой все будет как в настоящей природе, но искусственное. За это придется заплатить высокой ценой - депопуляцией до приемной численности населения, не говоря о других представителях биоты.*

Наиболее близкими к решению проблем экологии окружающей среды (ОС) оказались исследования отечественных и зарубежных специалистов, вобравших достижение экологии XX века на базе

Великобритания, Канада, Индия), но никак не для условий России с её различными ландшафтно-зональными и климатическими условиями [6].

#### **Контрольные вопросы:**

1. Какие существуют методы и способы удаления загрязнений из почв?
2. Что такое биогенная и техногенная формы миграции элементов?
3. Что такое транспирация?
4. Дайте определение понятию - аккумуляция элементов.
5. В чем отличие техногенного источника загрязнений от природного?
6. В чем суть биогеохимического круговорота веществ?
7. В чем отличие локального, регионального и глобального загрязнения?
8. Когда появилась возможность очищать почвы от загрязнений с помощью растений?
9. На чем основан метод поисков полезных ископаемых с помощью растений?
10. Назовите известное травянистое растение, которое указывает на загрязнение почв тяжелыми металлами.

#### **Контрольные задания:**

1. Предложите растения для очистки болот, озер от тяжелых металлов в вашем регионе.
2. Разработайте проект очистки почв в городе с помощью древесных растений.

#### **Литература:**

1. Башмаков Д.И., Лукаткин А.С., Просад М.Н.В. Рудеральные растения в умеренном поясе России: контроль за загрязнением следовыми элементами и возможное использование в крипторемедиации. / там же с. 501-511.
2. Добровольский В. В. Основы биогеохимии. Уч. пос. – М.: Высш. Шк., 1998. – 200с.
3. Квеситадзе Г.И., Хатисашвили Г.А., Садунишвили Г.А. и др. Метаболизм антропогенных токсикантов в высших растениях. – М.:Наука, 2005. – с.199
4. Карлович И.А., Федоров Г.А., Металлы в окружающей среде: Владимирский регион – Владимир, ВГГУ 2010г. – 300с.
5. Микроэлементы в окружающей среде: биогеохимия, биотехнология и биоремедиация/под ред. М.Н. В. Просада, К.С. Саджвана пер. с англ. – М.: Физматлит, 2009 г. – с.816

5	Salvinia sp.	Сальвиния плавающая	45
6	Hydrocaryl sp.	Щитолистник	40
7	Lemna sp.	Ряска	25
8	Azolla sp.	Плавающий папоротник	20
9	Acirpus sp.	Камыш	18
10	Hudrilla sp.	Гидрилла мутавчатая	15
11	Spirodela sp.	Многокоренник	10

\*Составлено по данным [5, с. 587]

Более того они выявили, что болотные растения поглощают загрязнения больше стеблем, чем корнями и этим увеличивают площадь очистки и объем накопленного металла. В литературе сообщалось о высоких поглощающих способностях водных растений следовых металлов в степени  $10^3$  до  $10^4$  и специалисты отводят им ведущую роль в биогеохимическом круговороте тяжелых металлов. Например, Прасад М.Н.В. с достаточной уверенностью утверждает о больших возможностях по очистке от загрязнений (органических и неорганических) с помощью зарослей тростника [5, с.538].

Известно, что гипераккумуляторы металлов выполняют две весьма существенные функции: первая функция заложена в самом названии – гипераккумулятора, вторая функция кроется в предназначении фитомассы в качестве ресурса для фитоэкстракции. Отметим основные свойства растений гипераккумуляторов [15]:

- никаких географических предпочтений и быстрый рост растений;
- высокая биопродуктивность;
- сильная корневая система;
- высокая толерантность к металлам;
- сопротивление болезням и вредителям.

Следует отметить, ещё одно выявленное биохимиками свойство растений гипераккумуляторов металлов – они имеют несъедобные для травоядных вещества, что значительно уменьшает угрозу здоровью людей через пищевую цепь.

В перечисленных свойствах [15] растений гипераккумуляторов требует пояснение пункт – «никаких географических предпочтений и быстрый рост растений». Такое утверждение правомочно для растений гипераккумуляторов, растущих на ландшафтах в определенной климатической зональности и для небольших территорий (например,

биогеохимической дисциплины. Среди российских ученых это известные работы А.И. Перельмана, В.В. Добровольского, В.А. Алексеенко и других. *Современная ситуация такова, что накопленное значительное количество техногенного вещества (от 200 до 220 Гт.) должно включиться в естественный массообмен, ибо в противном случае обществу придется существовать в совершенно новой для биоты искусственной среде.*

В связи с этим ведущим постулатом современного экологического направления в науке являются факторы развития техногенеза - природные и хозяйственные (антропогенные), а также прогноз состояния ОС на перспективу с позиции геоэкологии, которые четко были обозначены в Рио-де-Жанейро (1992 г.) в Йоханнесбурге (2002 г.) и на состоявшемся в г. Москве (2003 г.) Третьем Всероссийском Съезде по охране природы, а также на конференции по окружающей среде глав государств в Копенгагене (2009 г.).

Одним из путей успешного претворения в жизнь программы по оптимизации природной среды в процессе техногенеза, этого нового направления современной геоэкологии, является однозначное прочтение принятых в этой науке терминов специалистами разных дисциплин. Это важно, как для специалистов, работающих на интегральных направлениях геоэкологии, так и преподавателей, и студентов вузов, учителей и учащихся специальных и общеобразовательных школ.

Это тем более важно подчеркнуть, что отрицательное отношение к понятийному обновлению нередко происходит оттого, что авторы, вводя новый термин, не всегда соотносят его достоверность с уже устоявшимися в литературе общими принципами формирования научной терминологии. Это естественно порождает двусмысленность толкования термина, вызывает непонимание в кругу специалистов даже близких специальностей. К данному вопросу важно подходить с применением логики и семиотики, чему автор и следует. «Употребление какого-либо термина достигает своей цели только тогда, когда этот термин употребляется в строго определенном смысле» (Гожев А.Д., 1930).

*Теория и методология познания техногенеза базируются на новейших исследованиях (ОС) и использовании основных научных терминов и понятий, отражающих современное состояние геоэкологии. В последние два-три десятилетия отмечается исключительный интерес к терминологии в той части геоэкологии, которая изучает взаимоотношение общества и окружающей среды.*

Прежде чем перейти к характеристике терминов и понятий, связанных с техногенезом, остановимся на определении таких терминов как «антропосфера», «техносфера», «антропогенный ландшафт», «геотехническая система», «техногенный ландшафт» и др. Как справедливо отмечает В.И. Федотов [34], все эти термины появились при изучении ландшафтов географией. В настоящее время эти термины стали составной частью геоэкологических наук географического и геологического направлений [16,17,36,37]. Каждая из геоэкологических наук в соответствии с предметом и задачами исследований имеет свои суждения о терминах, значительная часть которых отражает общие корни и значения, но есть термины, понятие которых размыто, или имеет разное толкование. К примеру, обращаясь к термину «ландшафт», В.С. Преображенский и Т.Д. Александрова [27] указывают, что одними географическими коллективами он принимается как общее понятие, другими – как типологическое, а третьими принято индивидуальное толкование. В.И. Федотов считает, что введение в практику ландшафтоведения термина «ландшафтогенез» смогло бы предотвратить разночтения термина «ландшафт». Этот пример не единственный. Не выдерживают критики разночтения термина «антропогенез». В географическом словаре (1960) под антропогенезом предлагается понимать рельеф, преобразованный деятельностью людей. Во всех остальных случаях этот термин несет антропологическую нагрузку [27] или возрастную принадлежность поверхностных горных пород современных отложений [36]. Термин имеет четкую стратиграфическую направленность – антропоген – четвертичный период [Геол. словарь,1978].

Дело в том, что семантика термина «антропогенез», состоящая из двух греческих слов (antropos – человек и genesis – происхождение), этимологически означает происхождение человека, что совсем не одно и то же с тем социально-хозяйственным смыслом, который ему придали географы Э.Б. Алаев (1971) и Н.Ф. Реймерс (1990). Термин изначально был предложен и применен антропологами для изучения распространения и строения человека. Заимствовав термин «антропогенез» у геологов (стратиграфов) и антропологов и придав ему функции отражения хозяйственной деятельности человеческого (социального) общества [26], географы и экологи обусловили все преобразования в ОС за счет антропогенеза [1,19,26,33]. В геологическом словаре под редакцией К.Н. Паффенгольца (1973) термину «антропогенез» предлагается синоним –

Свинец	530	9624	1537
Железо	728071	-	1331633
Калий	748	194	6369
Никель	2366	78,5	1407

\* [7]

Х. Фрейтас и соавторы в 25 главе [5], опираясь на опытные данные авторов [16] с большим предпочтением относятся к обычной герани в качестве гипераккумулятора металлов: Pb, Cd, Ni. Из этого сообщения следует, что это растение может экстрагировать до 5тыс.кг свинца/(га·год). Причем, эти данные подтверждены и другими исследователями (от 200 до 1000 кг/(га·год) [17]. Но герань это южная- теплолюбивая культура и в России она произрастает в основном на подоконниках как комнатное растение. В литературе также сообщалось о высоких аккумулирующих качествах в поглощении загрязнений тростником. Тростник, как известно, растет в местах сильно обводненных. Вместе с тростником роль аккумуляции загрязнений (Cd, Fe, Hg, Pb, Cu) выполняют водный гиацинт, цитоллистник, ряска, водяной папоротник[14].

Роль водных растений биоаккумуляторов загрязнителей представляет практический интерес для России и Белоруссии с их обширными территориями, занятыми озерами и болотами. Тяжелые металлы в болотах активно поглощаются растениями, чему способствует низкое содержание в болотных и грунтовых водах свободного кислорода. Биогеохимики экспериментально оценили биопродуктивность (т/га в год) отдельных водных и болотных макрофитов и показали возможность использовать их в фиторемедиации (табл. 8.7).

Таблица 8.7

**Биопродуктивность т/га в год некоторых водных растений, рекомендуемых в качестве агентов в фитотехнологии \***

№	Вид растения	Перевод	Био-продуктивность
1	Eichhornia sp.	Эйхорна отличная, или водный гиацинт	95
2	Pistia sp.	Пистия, или солонт	75
3	Jyperus sp.	Сыть, или ситовник	65
4	Typha sp.	Рогоз	60

Belita alleghanensis (Береза аллеганская)	Populus alla (Тополь белый)	Salix arenaria (Ива ползучая, серебристая)
Betula pendula (Береза бородавчатая)	Populus deltoids (Тополь дельтовидный)	Salix burjatrica sylvatica (Ива бурятская)
Belita tauschii (Береза плосколистная)	Populus nigra (Сосна черная)	Salix caprea (Ива козья)
Cryptomeria japonica (Криптомерия японская)	Populus trichocarpa Populus deltoids (Тополь волосистоплодный)	Salix viminalis (Ива крутиплодная)
Fagus japonica (Бук японский)	Picea alberta (Ель обыкновенная)	Salix triandra (Ива трехтысячная)
Eucalyptus camaldulensis (Эвкалипт камалдувский)	Pinus strobus (Сосна веймутова)	Salix dasycarpa (Ива шерстистоплодная)
Fagus sylvatica (Бук лесной)	Pinus taeda (Сосна ладонная)	Prunus virginiana

\*Составлено по данным [5, с.558]

Например, результаты расчета биоаккумуляции тяжелых металлов для березы бородавчатой довольно внушительные: от 530 кг/га Pb до 728071 кг/га (Fe); лиственница Сукачева: от 78 кг/га (Ni) до 170204 кг/га (Mn) и для сосны обыкновенной 1407 кг/га (Ni) до 1331633 кг/га (Fe). Для других элементов приведены также высокие значения аккумуляций (табл. 8.6).

Таблица 8.6

**Расчетные показатели биоаккумуляции металлов древесными растениями, кг/га\***

Металлы	Наименование растений		
	Береза бородавчатая	Лиственница Сукачева	Сосна обыкновенная
Марганец	28848	170204	155525
Медь	4105	-	2123
Цинк	30016	39486	33050

«техногенез». В данном случае смешение понятий антропогенный и техногенный «ласкает слух», но сбивает с толку, т.к. техногенный (от греч. techne – искусство, ремесло, genesis – происхождение) ориентирован на использование техники, т.е. техникой рожденный [7,30,34].

Расшифровка термина, предложенная Р.Б. Баландиным [7, с. 43] «целенаправленный» сближает термин «техногенез» с термином «ноосфера» В.И. Вернадского. Буквальный перевод ноосферы В.И. Вернадского означает «сфера разума» [10].

Следует отметить, что были и намерения все термины, используемые в географии и связанные с воздействием человеческого общества на ОС, привести в надлежащее положение. Так, В.И. Федотов предложил в термин «антропогенез» ввести корень «гео», чем хотел примерить геологическую основу и хозяйственную направленность термина: «Антропогенез есть процесс трансформации географической оболочки при многосторонней хозяйственной деятельности человека, протекающий при контролируемом или стихийном обмене веществом, энергией и информацией между природой – обществом – измененной природой» [34]. Изложенный В.И. Федотовым термин на наш взгляд снял бы разные толкования самого антропогенеза, а главное – усилил бы оценку хозяйственной деятельности общества в изменении ОС по компонентам природы. Отсутствие общепринятого термина привело к использованию в отдельности терминов «антропогенез» и «техногенез» для обозначения одних и тех же преобразований в природе [3, 4, 17]. Речь идет о преобразованиях в ландшафтной оболочке, в верхней части литосферы, а также в подземной и в поверхностной гидросфере, включая загрязнение техногенными веществами компонентов окружающей среды на всех уровнях: местном, локальном, региональном и глобальном [2,3,4,7,8,13,16,21,22,31,34,36,37].

С подачи Н.Ф. Реймерса термин «геоэкология» с 80-х годов XX века прочно утвердился за географией, т.к. она наиболее полно исследовала хозяйственную деятельность общества и взаимоотношение его с ОС по компонентам на иерархическом ряду, а также ответную реакцию ОС на техногенное воздействие общества [9,21,29]. С 80-х годов XX века во многих странах с помощью геоэкологии оценивали антропогенное воздействие на ОС (ОВОС). По замыслу авторов работы «Вторжение в природную среду» (1983) главным является оценка результатов действия на биогеографическую среду, на здоровье и благополучие человека, а также интерпретация и передача информации о воздействии. Программа

ОВОС наиболее приближена к проблеме оценки техногенного воздействия на ОС. Она базируется на путях интегрированного использования достижений геоэкологии, биоэкологии, геологической экологии, географической (ландшафтной) экологии и других направлений экологии [17,29]. Сам факт, что ОВОС базируется на изучении всех задействованных в прогнозе физических, биологических, экономических и социальных факторов развития техногенеза, свидетельствует о комплексном подходе в оценке ОС. Такую комплексность до последнего времени обеспечивает геоэкология. Она (геоэкология) в отличие от биоэкологии, представляет комплекс наук, изучающих состояние окружающей среды (ОС), т.е. состояние компонентов географической оболочки: биосферы, атмосферы, гидросферы, верхней части литосферы.

**Понятие техногенеза.** *Понятия «техногенез» и «техносфера» [24,29,34,] тесно связаны с результатами хозяйственной деятельности общества по преобразованию природного ландшафтного облика конкретных территорий, добычей и использования в хозяйственных целях ресурсов природы, в результате чего происходит загрязнение техногенными веществами (ТВ) окружающей среды (ОС) по площади и вертикали: атмосфера (тропосфера), гидросфера (поверхностная и подземная), литосфера (верхняя часть).* Техногенез и его проявление наиболее полно исследуют науки геологического и географического направления и в частности геоэкология, экологическая геология и экологическая география [14,17,36,37 и др.], так широко вошедшую в систему подготовки учителей географии, биологии, экологии в 90-е годы XX века в вузах страны.

Одним из первых ученых, давших определение техногенезу, является А.Е. Ферсман (1922), который под техногенезом предложил понимать «совокупность геохимических и минералогических процессов, вызываемых инженерной, горно-технической, химической, сельскохозяйственной деятельностью человека» [35]. В геологическом словаре (1978) дается другое толкование этого понятия: «Техногенез – совокупность процессов, вызванных производственной деятельностью человека». В словаре по физической географии автора И.С. Щукина (1980, с. 474) под техногенезом понимается «происхождение и изменение ландшафтов под влиянием прямо или косвенно действующих техногенных факторов: горноразработок, промышленных, энергетических или сельскохозяйственных предприятий, гидротехнических сооружений,

общество располагает широкими возможностями сохранить чистоту почв и таким образом предотвратить попадание загрязнений вместе с урожаем в организм человека с пищей. Очевидно, в этом заключается основное предназначение очистки почв от загрязнений техногенными веществами.

Причем, фиторемедиация применяется не только для очистки от загрязнений почв, но и воздуха и воды, т.е. окружающей среды. Известно, что определенные виды древесной растительности образуют зеленые пояса, которые поглощают загрязнители из воздуха.

По мнению, зарубежных и отечественных биогеохимиков для целей обеззараживания окружающей среды нужно использовать растения гипераккумуляторы, т.е. способные поглощать большое количество загрязнений. К таким гипераккумуляторам относятся растения, способные накапливать до 100мкг/г (0,01% сухого веса) Cd, As и некоторых других следовых металлов; 1000 мкг/г (0,1% сухого веса) Co, Cu, Cr, Ni, Pb и 10000 мкг/г (1% сухого веса) Mn и Ni [12].

*Биоразнообразие видов, проявляющих резистентность к тяжелым металлам и пригодные для очистки от них окружающей среды чрезвычайно велико: бактерии, микоризные грибы, пресноводные водоросли и цианобактерии, мохообразные, папоротниковообразные, голосеменные, покрытосеменные, водные микролиты и древесные культуры [5].*

Нематря на такое обширное биоразнообразие видов на практике выбирают лишь некоторые, которые встречаются в местных условиях, являются гипераккумуляторами и могут быть доступными в цене. Таким образом, список необходимых растений сокращается до единиц видов. К примеру, Прасад М.Н.В. ссылаясь на работу авторов Ма Л. и др. [13] показал эффективность орляка обыкновенного (*Pteris Vittata*). В загрязненных мышьяком почвах он накапливает более 22630 ppm токсичного As [5].

Представляет практический интерес выбор древесных растений в качестве аккумуляторовзагрязнений для местных условий (табл. 8.5).

Таблица 8.5  
**Некоторые древесные растения, зарекомендовавшие себя при очистке окружающей среды от тяжелых металлов\***

Название древесной культуры	Название древесной культуры	Название древесной культуры
<i>Acer pseudoplatanus</i> (Клён ложноплатановый )	<i>Liriodendron tulipifera</i> (Лириодендрон тюльпановый)	<i>Prunus maximowiczii</i> (Черемуха Максимовича)

На рис. 8.1 показана ключевая роль металлоустойчивых(толерантных) растений в различных видах фитотехнологий. Эта роль растений впервые была принята в СССР при поисках рудных полезных ископаемых с помощью метода биогеохимической разведки.



**Рис. 8.1. Связь металлоустойчивых растений с видами фитотехнологий по [11] с упрощением.**

Как следует из этой схемы растения можно использовать не только для поисков рудных полезных ископаемых, но и для целей очистки почв от загрязнений. Термины, помещенные на рисунке носят техническую основу и нуждаются в пояснении:

—Фитофилтрация – процесс, при котором растения абсорбируют элементы из загрязненных сточных вод (почв);

—Фитостабилизация – растения толерантные к исследуемому химическому элементу и уменьшают его подвижность;

—Фитолокализация – процесс, при котором растения уменьшают токсичность металла в области корневой системы и стебля;

—Фитоиммобилизация – процесс, способствующий концентрации в области ризосферы гуминовых кислот и лигнитовых соединений;

—Фитоволатизация – способность растений аккумулировать загрязнения и осуществлять дезактивацию почв;

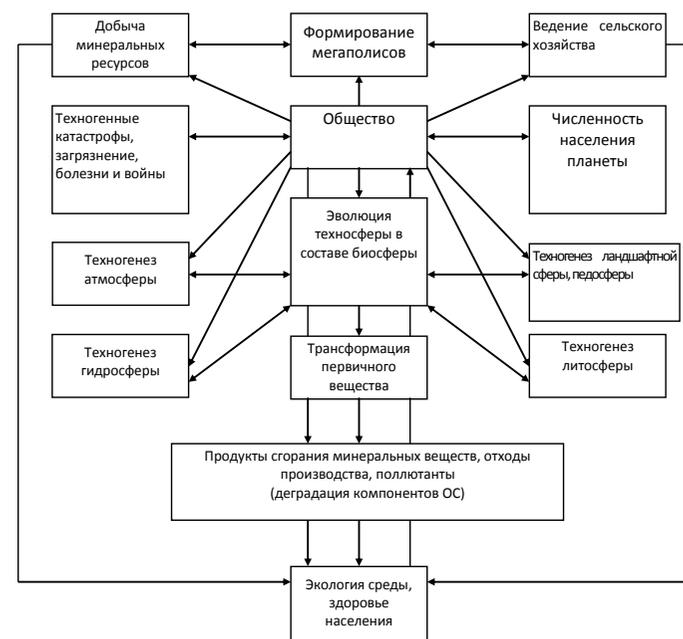
—Фитодеградация – процесс разрушения загрязненной схемы, способствующий выводу в атмосферу токсиканов;

—Фитостимуляция – процесс активизации выноса загрязнения из почв с помощью корневой системы и стебля.

Как следует из перечня различных видов фитотехнологий, предложенных для очистки почв от загрязнений тяжелыми металлами

хозяйственного использования лесных массивов». М.А. Глазовская придаёт техногенезу геохимический аспект [13]: «1. Извлечение химических элементов из природной среды (литосферы, гидросферы, атмосферы) и их концентрацию; 2. Перегруппировку химических элементов, изменение химического состава соединений, в которые эти элементы входят, а также создание новых химических веществ; рассеяние вовлеченных в техногенез элементов в окружающей среде». Отрицательное действие техногенеза автор объединяет понятием загрязнение природной среды. Данное определение техногенеза сильно сужает саму сущность его, выводя в рамки геохимии.

Техногенезация (техногенное воздействие на эколандшафты) территорий оказалась неразрывно связана с экологическим потенциалом ландшафтов или размещение населения конкретных территорий и характер хозяйственной деятельности [36, 54]. Роль общества в формировании техносферы очевидна (рис. 1.1).



**Рис. 1.1. Роль общества в формировании техносферы в составе биосферы.**

Этот рисунок построен по данным многих исследователей, которые пришли к общему выводу о воздействии общества на изменение

компоненты природы, вплоть до эволюции техносферы. Общество путем добычи минеральных ресурсов, использования земли под сельское хозяйство осуществляет воздействие на геосферу и формирует ландшафты, отличающиеся от природных (техносфера).

*Техногенез - это процесс загрязнения компонентов природы (окружающей среды), движущей силой которого выступает антропогенез, а результатом техногенеза и антропогенеза, в глобальном измерении, являются — загрязнения, отходы производства, материальные ценности: здания, сооружения, машины, станки, приборы, оборудование, т.е. продукты эволюции всего современного общества, объединяемые общим понятием - «техносфера» [6, 8].*

За последние 150-180 лет, а это есть время господства НТР, общество не осознавая содеянного, создало современную техносферу, для которой физические характеристики, параметры и свойства оказались соизмеримыми с определением антропогенно-природных геокомплексов в географической оболочке [8].

Размеры техносферы внушительные: 200-220 Гт. Причем, она подразделяется на активную - 20-25 Гт/год и пассивную (или накопленную), оставшаяся часть техносферы. Активную долю техносферы представляют собой техногенные вещества, загрязнения, поллютанты в окружающей среде, поставляемые многочисленными источниками и природно-техногенными комплексами на локальном, региональном и глобальном уровне. Следует подчеркнуть, что в современных условиях химии ежегодно открывают свыше 5 тыс. новых поллютантов, преимущественно органических соединений, природа которых не соответствует, естественному массообмену вещества и энергии.

Пассивная техносфера ежегодно пополняется отходами недропользования (обогащение, передел и добыча) свыше 7 млрд т., а вместе с вскрышными объемами пород до 100 Гт/год [4].

Современным обществом для своего существования из 110 Гт/год добытого тратится всего 9 Гт/год сырья. Остальное количество сырья автоматически сжигается в топках электростанций, транспортом, ЖКХ, и попадает в отходы обогащения, передела, производства т.е. возврат вещества и энергии в природу и формирует техносферу [4].

причин о беспокойстве на локальном уровне загрязнения. Но ситуация с уровнями стремительно меняется. Локальный источник вполне может перерасти в региональный и даже в глобальный. Сошлемся на известный пример – авария на Чернобыльской АЭС, охватившая техногенным загрязнением радионуклидами более 19 областей РФ и ряд государств Европа. Второй пример – это автомобильный транспорт, для которой сеть автодорог покрыли почти всю планету. Один автомобиль можно стерпеть, но когда их много и они выбрасывают загрязнения у нашего подъезда, то наблюдается угроза здоровью.

В настоящее время смоги от промышленных предприятий «перешагнули» государственные границы и с помощью воздушных потоков переносятся на значительные расстояния и загрязняют тяжелыми металлами компоненты природы на региональном и глобальном уровнях.

Современные возможности науки геоэкологии позволяют подойти избирательно к диагностике вида и масштабов техногенного загрязнения с помощью мониторингов. В настоящий момент этого недостаточно. Общество готово не только оценивать степень загрязненности компонентов природы тяжелыми металлами, но и предложить методы и способы их удаления или уменьшения токсичности.

Все существующие методы и способы нейтрализации тяжелых металлов и радионуклидов принято подразделять на две основные группы: 1 – механические методы и способы; 2 – биологические методы и способы.

Механические методы и способы основаны на принудительном восстановлении нарушенных свойств компонентов природы, в частности почв. Здесь уместны все методы и технологии восстановления утраченных свойств:

— в городах, а также на обогатительных фабриках и предприятиях широкое применение нашел способ складирования и закапывания коммунального и производственного мусора (для будущих поколений).

— выемка загрязненного грунта и вывоз его за пределы города и складирование вдали от населенных пунктов.

— прокаливание почвы – способ дорогостоящий и не столь эффективный как его рекламируют. В первую очередь, уничтожаются органические токсины, а тяжелые металлы в значительной части остаются, но сплавляются в стужки.

— промывание и смывание поверхности почвы. Способ хорошо показал себя на небольших площадях, подвергнутых разовому загрязнению техногенными веществами.

Есть ещё несколько способов восстановления природной чистоты почв: отверждение и стабилизация электролитических свойств почв, но в России они не нашли применения.

Cu	50,44	217,17	46,11
Ni	1,99	245,7	2,03
Fe	4822,61	14249,07	4340
Mn	19,7	751,27	55,09
Cr (v1)	43,55	55,28	31,06

Выводы: Изложенный в разделе экспериментальный материал и анализ опубликованной литературы позволяет сделать следующие выводы:

1. Источники тяжелых металлов в почвах могут быть природные (выходы на поверхность коренных пород и водные источники – ключи) и антропогенные;
2. Высшие растения, применяемые для детоксикации загрязнений, можно использовать в качестве индикаторов аномалий тяжелых металлов в почве.

## 8.2. Методы очищения почв от загрязнений

Растения активно участвуют в поглощении элементов из воздуха, почв и воды корнями (ризосфера), стеблем и листьями в накоплении химических элементов, транспортировке их по стеблям и в выделении в атмосферный воздух. Этот процесс взаимный, т.е. растения не только поглощают из компонентов природы химические элементы, но и высвобождают их в окружающую среду. Такой процесс получил название биогеохимический круговорот веществ. Его достаточно полно описал В.В. Добровольский (1998) с географических позиций [2]. Под географическими позициями понимаются конкретная (исследуемая) территория, компоненты природы её представляющие, источники загрязнений, вид загрязнений и количество загрязнений, а также преобладающая форма миграции элементов (биогенная или техногенная формы).

Известно, что раньше (приблизительно до 1900г.) в окружающей среде преобладала биогенная форма миграции химических элементов, а в 20 и в 21 веках приоритетное положение заняла техногенная форма миграции элементов. В первую очередь, это касается миграции тяжелых металлов, источником которых явились, как было сказано выше, предприятия горнодобывающие, металлургические заводы, электростанции, использующие органическое и радиоактивное сырье.

Все источники техногенных веществ загрязняют компоненты природы от локального до глобального уровня. Казалось бы, что нет

### Контрольные вопросы:

1. Дайте определение техногенезу?
2. Что такое антропогенез?
3. В чем измеряется техносфера?
4. Место техносферы в биосфере?
5. Перечислите ученых, внесших вклад в изучение проблемы техногенеза?
6. Что объединяет науку геоэкологию и процесс техногенеза?

### Контрольные задания:

1. Составьте схему общности: геоэкологии, биосферы и техносферы.
2. Спрогнозируйте процесс техногенеза и состояние техносферы на 2050г.

### Литература:

1. Акимов Т.А., Хаскин В.В.; 2000. Экология – М.: ЮНИТИ – ДАНА, 566с
2. Алексеенко В.А.; 2003. Экологическая геохимия: Учебник. - М.: Логос, -312с.
3. Антропогенная эволюция геосистем и их компонентов/ Под. ред. В.С. Преображенского. –М., 1987. 24 с.
4. Антропогенные воздействия на водные ресурсы России и сопредельных государств в конце XX столетия/ Под. ред. Н.И. Коронкевича и И.С. Зайцева. – М.: Наука, 2003. 360с.
5. Аржанова В.С., Елпатьевский П.В.; 1990. Биохимия ландшафтов и техногенез.- СПб: Наука, - 197с.
6. Базилевич Н.И., Гребенщиков О.С., Пелшков А.А.; 1986. Географические закономерности структуры и функционирования экосистем.- М.: Наука.-296с.
7. Баландин Р.К.; 1978. Геологическая действительность человечества: Техногенез. Минск, 302с.
8. Бгатов В.Н.; 1993. Подходы к экологии.- Новосибирск.
9. Белякова Т.М., Дианова Т.М., Крамкова Т.В. Медико-биологические проблемы экологической безопасности населения России./Труды биогеохимической лаборатории. Т.24, М.: Наука, 2001, с. 275-289.
10. Вернадский В.И. Несколько слов о ноосфере// Успехи современной биологии. 1944.т18, №2, с.113-120.
11. Географическая энциклопедия.-М.1960.
12. Гладков Н.А.; 1969. Охрана природы. М., -.-315с.
13. Глазовская М.А.; 1988. Геохимия природных и техногенных ландшафтов СССР.- М.: Высшая школа,.
14. Исаченко А.Г.; 2003. Введение в экологическую географию. Учебное пособие. - СПб: Изд – во С. - Петербургского университета, - 188с.

15. Калесник С.В.; 1970. Общие географические закономерности Земли. М., с.6
16. Карлович И.А. Роль минеральных ресурсов в загрязнении окружающей среды// Материалы III международной конференции «Геология в Школе и Вузе».- СПб, 2003. с 131-133.
17. Карлович И.А.; 2003. Основы техногенеза: Кн.1- Источники и потоки загрязнения окружающей среды. Кн.2- Факторы загрязнения окружающей среды.- Владимир, ВГПУ, , - 870с.
18. Клубов С.В., Прозоров Л.Л.; 1993. Геоэкология: история, понятия, современное состояние.- М.: ВНИИ Зарубежгеология,
19. Комар И.В.; 1975. Рациональное использование природных ресурсов и ресурсные циклы. М.: Наука,
20. Козловский Е.А.; 1989. Геоэкология – новое научное направление.// Междун.геолог.конгресс. – М. с.9-19
21. Кочуров Б.И.; 2003. Геоэкология: Экодиагностика и эколого-хозяйственный баланс территорий.- Смоленск: Изд-во «Маджента», -500с.
22. Корытный Л.М.; 1992. Природно-ресурсные проблемы и их классификация// География и природные ресурсы №1,
23. Котов Ф.В. 1978. Изменения геологической среды под влиянием деятельности человека. М.: Недра, - 263с.
24. Краснов Е.В.; 1983. Экологизация геологии: подходы и перспективы// Сб. «Тенденции экологизации естествознания». - Владивосток. Изд-во ВНИЦ АН СССР, 67-91с.
25. Лосев К.С.; 2001. Экологические проблемы и перспективы устойчивого развития России в XXI веке. - М.
26. Одум Ю.; 1975. Основы Экологии. М.: Мир, - 742 с.
27. Преображенский В.С., Александрова Т.Д., Куприянова Т.П.; 1989. Основы ландшафтного анализа. М.: Наука.
28. Пупырев Е.И.; 1997. Опыты конструктивной экологии.- М.: Прима-Пресс.
29. Разумовский В.М.; 2003. Природопользование. СПб.Изд-во С.-Петербургского университета.-292с.
30. Реймерс Н.Ф.; 1990. Природопользование. – М.: Мысль.
31. Родзевич Н.Н.; 2003. Геоэкология и природопользование. М.: Владос, - 200 с.
32. Савин А.Г.; 2002. Техносфера в локальном и глобальном измерении.- М.: ОАО «ВНИИОЭНГ».-298с.
33. Сочава В.Б.; 1986. Проблемы физической географии и геоботаники. Новосибирск: Наука,
34. Федотов В.И.; 1985. Техногенные ландшафты: теория, региональные структуры, практика.- Воронеж. 69 с.
35. Ферсман А.Е.; 1934 Геохимия т.2. 354с.
36. Экологические функции литосферы/Под. Ред. академика В.Т. Трофимова.- М.: МГУ, 2000. 430с.
37. Ясаманов Н.А.; 2003. Основы геоэкологии. М.: «Академия», 352с.

Таблица 8.3

**Некоторые растения с супер-аккумулятивными свойствами к тяжелым металлам**

Растения	Тяжелые металлы	Растения	Тяжелые металлы
Brassica jnncea	Pb, Cd, Cr, (V <sub>1</sub> ), Zn, Ni, Ce, Sr.	Japanese Lawngress Eihhornia	Pb
Myriophyllum spicatum Helianthus annuus	Pb, Cd, Ni, Zn	Crassipes Hydrocotyle Umbellata	Pb
Phaseolus coccineus	Cr, V, Zn, Cd, Ni, Cu, U, Pb,Sr, U	Lemna Minor Arolla Pinnata	Pb

Как следует из этой таблицы больше растения аккумулируют Pb, Cd, Ni, Zn и некоторые другие элементы. Данные металлы широко представлены в виде аномалий в почвах и в растениях, их аккумулирующих. Для Владимирского региона и всей Центральной России очень хорошей (супер-аккумулятор) поглощающей способностью загрязнений обладает полевой одуванчик (табл. 8.4).

Таблица 8.4

**Аккумуляция тяжелых металлов одуванчиком**

Тяжелый металл	Накопление кг/км <sup>2</sup>		
	Максимум с чистой территории (Мордовия [5])	Максимум с загрязненной территории (Мордовия [5])	Максимум с Владимирского ополья [4]
Pb	125,04	154,59	111,07
Zn	340,37	3016,2	301,42

фитоменеджмента. Иными словами, основным орудием металломики выступает генетическая инженерия для гипераккумуляции металлов [5, с. 335].

Следует отметить, что общество научилось с помощью агрохимии и снятием урожаев восстанавливать геохимический потенциал почв до определенных состояний, характеризующих экологический потенциал и экологическую емкость компонента окружающей среды.

В работе Б. П. Шоу и др. [5, с. 364-365] изложен обобщающий материал о взаимодействии растений и металлов: Pb, Zn и Pb, Hg. Они пишут, что взаимодействие металл-металл и растительные сообщества в сложной системе следует поделить на три группы (по данным опытов Симеанидис и Каратагми, 1992): индуктивный, антагонистический и синэнергетический эффекты. Так, при индуктивном эффекте, несмотря на стрессовую ситуацию множества металлов в группе приоритет воздействия отдается отдельным металлам, например, Cu и Co; при антагонистическом эффекте преобладает воздействие групповое, нежели отдельных металлов: (Cu – Cd, Ca – Cd и др.); при синэнергетическом эффекте относительный рост в условиях множественного металлического стресса меньше, чем результат относительного роста при взаимодействии отдельными металлами (например, Cu – Zn) [5, 365]. В связи с изложенным представляет практический интерес гипотеза, выдвинутая Р. Das с соавторами о том, что элементы, физические и химические свойства которых подобны, биологически действуют антагонистически друг к другу. Отсюда напрашивается другой практический вывод: в ассоциации металлов присутствует металл, воздействие которого на растительные системы будет более приоритетным, нежели всей антагонистической группы металлов. Например, при загрязнении почвы сульфидами цинк снижает токсичность Cd.

Известен целый ряд механизмов, способствующих при помощи корневой системы связывать и транспортировать металлы из почв в стебель и далее в воздух и воду (в водоемах). Поиски растений супер-аккумуляторов тяжелых металлов становится перспективным направлением исследований в геохимии ландшафтов. Наиболее известные растения индикаторы тяжелых металлов помещены в таблицу (табл.8.3), построенную по данным 5 работ [4 с, 69].

## Глава 2

### Факторы развития техногенеза

#### 2.1. Города в качестве источника развития техногенеза и преобразования природных ландшафтов

Известно, что современный городской ландшафт во всем его многообразии творение природы и человека. Под этим творением понимаются преобразованные ландшафты и их компоненты, т.е. природно-территориальные комплексы (геосистемы). Эти комплексы (геосистемы) обоснованы в учении о ландшафтах выдающихся географов: Л.С. Берга, В.В. Докучаева, С.С. Неустроева, Ф.Н. Милькова, Д.А. Арманда, А.Г. Исаченко, Л. Бауэра, Х. Вайничке, В.В. Сочавы и многих других. Почти все исследователи ландшафтов отдают приоритет в их развитии природным процессам, отводя роль антропогенному фактору подчиненную. Трудно возразить против такой позиции. Хотя все познается в сравнении, т.е. в масштабе антропогенных воздействий и размерах территории, охваченных преобразованиями. Так, следуя построениям А.Г. Исаченко о зональной эколого-географической характеристике России[2], отмечаем антропогенную трансформацию геосистем по ландшафтным мезорегионам и тем самым признаем важную роль антропогенного фактора. В данном случае антропогенный фактор носит устойчивый характер и влияет на компоненты ландшафта вплоть до замены в нем природных компонентов на антропогенные. Примером этому промышленные города, образующие агломерации и ожерелье вдоль южной границы России, начиная от Урала и вплоть до Тихого океана. Аналогично 400 городов, протянувшихся на Атлантическом побережье США.

Города занимают свыше 2% площади Земли, причем, это бывшие и лучшие земли сельхозугодий. В городах в настоящее время проживает около 80% всего населения Земли и они (города) производят основную промышленную продукцию и как следствие на 80% всех техногенных загрязнений. Функционирование современных городов обуславливает загрязнение всех компонентов природы в пределах городов и его окрестностей. Загрязнению техногенными веществами подвергаются, в первую очередь, городские почвы, грунтовые и поверхностные воды, а также городской воздух. За последние 20 лет города выросли не только

вширь, но и в высоту. Количество высокоэтажных (100-150 м) зданий приближается к 3000. В городах с наличием многоэтажных зданий стали так же быстро меняться микроклимат, температура, уменьшаться прозрачность воздуха и затрудняться циркуляция его между зданиями. Стали быстро расти объемы загрязнений окружающей городской территории техногенными веществами: предприятия черной и цветной металлургии (35%); тепловые электростанции (28%); нефтехимической и химической промышленности (9,5%); автомобильный транспорт (13,5%) и около 8% загрязнений приходится на бытовые и коммунальные отходы. Города являются основным источником поступления химических элементов (поллютантов) в окружающую среду.

В городских территориях оказались нарушенными или утраченными природные компоненты ландшафтов: растительность, поверхностные и подземные воды, почвы и верхняя часть литосферы, в следствии отбора их и использования в качестве строительного материала или полезных ископаемых. Да и сами, возникшие города и их агломерации, ничего общего не имеющие с первоначальными природными ландшафтами, являются вершиной антропогенного воздействия на природные компоненты ландшафтов (рис. 2.1).

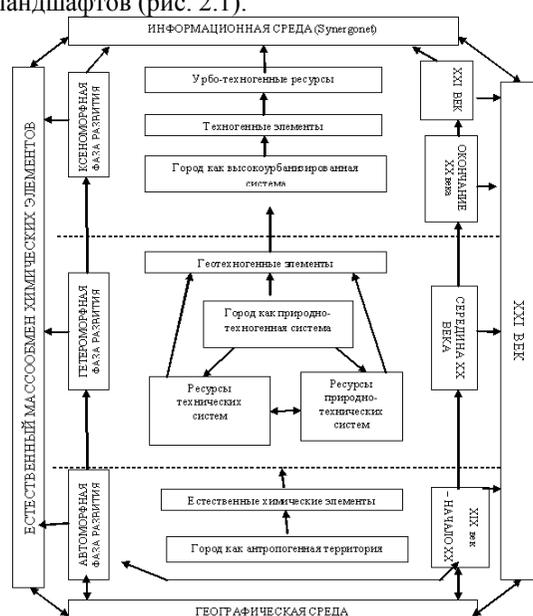


Рис. 2.1. Феноменологическая модель развития города как геотехнической системы и смены состояния химических элементов в процессе развития общества [1] (с дополнениями [4]).

Прасад М. Н. В. с соавторами приводят данные по анализу эффективности гипераккумуляторов ртути, Cd и Zn и способности их по выводу этих элементов из почв [1,5]. Так, ими показано, что для вывода Cd и Zn из почв необходимы посадки от 60 до 130 *Silene Vulgaris* (Moench) Yarekel. SSP. В тоже время названные авторы отмечают отсутствие растений, которые могли бы накапливать и выводить из почвы отдельно свинец и ртуть. Утверждается [5], что к настоящему времени собраны сведения о наличии потенциала для фиторемедиации Pb, Ni, Al, Se, Au и As. И это вполне допустимый постулат, поскольку трансгенные растения, способные аккумулировать кадмий и свинец появились недавно [16]. Трудности с выведением Cd и Pb свойственны не только этим элементам, но и другим и в частности ртути. Дело в том, что Hg из-за широкого использования ее в промышленности, в медицине и в быту встречается повсюду. Металлическая Hg(0) может быть проблемой для общества, поскольку она окисляется до Hg<sup>2+</sup> биологическими системами, а со временем выщелачивается и накапливается в сырых и заболоченных местах, в канавах и эстуариях [5]. К этому следует добавить, что ртуть в виде метилртути (CH<sub>3</sub>-Hg<sup>+</sup>) и диметилртути (CH<sub>3</sub>)<sub>2</sub> – Hg мигрирует через животных, поедающих траву в заболоченных местах, по пищевой цепи и до людей, домашних кошек, птиц и вызывает у них неврологические дегенерации [5, с.311].

Обобщающими выводами по данному разделу, очевидно, является положение о возможности корневой системы древесных растений накапливать и выводить избыток токсичных металлов (Pb, Cd и др.) из почв, т.е. восстанавливать экологию окружающей среды. Процессы накопления, обезвреживания (детоксикации) выявлены не только у древесных, но и у широкого круга культурных и травянистых видов, в том числе и у многолетних растений. Показательны опыты исследователей о способностях растений сверхаккумулятивных к тяжелым металлам, включая Cd, Fe, Ni, Zn, Al, As в основном, в биомассе [19].

Известно, что Naraguch H. в 2007 г. была предложена новая научная область «Металломика», функциональная биогеохимия [22], интегрированная наука о биометаллах – химических превращениях для видовой идентификации биоактивных металлов. Основные принципы биологической химии и протеомики, в целях очищения окружающей среды от поллютантов, изложены в работе М. Н. В. Прасада [5, с. 321]. Сконцентрированный вывод по этому новому научному направлению обеспечен открытием миграционной способности техногенных металлов в компоненты природы, загрязнением окружающей среды и использованием технических культур в качестве потенциальных инструментов биоремедиации для устойчивого развития и, как следствие, предложения о инвазионных видах металлосодержащих субстратов в качестве ресурса для

Отечественные, а в основном иностранные, исследователи показали место и роль в биодоступности металлов посредством ризосферы корней грибов, трав, деревьев, а также бактерий. Многие исследователи определили, что такие металлы как Pb, Cr, As и P зачастую вредны для роста растений, а такие как Mn, Cu, Zn, Ni, Mo и В весьма полезны в системе растение – почва, т.к. способствуют росту последних [1, с. 51]. Эту цепочку полезности металлов можно продолжить и до людей.

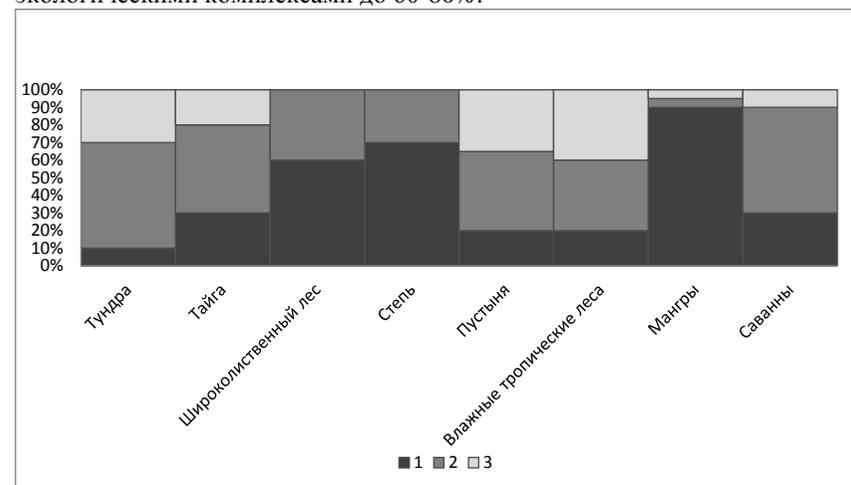
Проследим возможности растений обезвредить ртуть и некоторые другие элементы. Известны разнообразные формы ртути. Наиболее характерные – метилртуть ( $\text{CH}_3\text{Hg}^+$ ). – весьма токсическая форма и  $\text{Hg}^0$  – нетоксичная ртуть. Исследователи отмечают способность ртути метилироваться в водных организмах. Это явление характерно и для мышьяка, олова, свинца, цинка, никеля, селена и теллура. Для удаления метилртути из почвы авторами [15,20] были использованы растения (*Arabidopsis* и табак), которые преобразовывали сильный яд в нетоксичную ртуть  $\text{Hg}(\text{O})$  с высвобождением последней в атмосферу [5, с. 303]. Также известна способность бактерий восстанавливать ряд тяжелых металлов до менее токсичных форм. Обратимся к той же метилртути, которая с помощью фермента дисульфидоксидоредуктазы переходит в менее токсическую ртуть. Авторы показали широкие возможности бактериальных генов в фиторемедиации элементов, а в работе [16] приведены результаты использования генов табака для фиторемедиации Zn, Ni, Pb, Se, As и др. металлов.

Доказано, что растения и люди требуют адекватных количеств питательных элементов, в частности железа и цинка, но их избыточность в организме или накопление второстепенных металлов, к примеру свинца, может быть чрезвычайно вредным [5, с.222]. Но этот же автор показывает, что концепция использования растений для очистки окружающей среды имеет солидный возраст. Так, более 300 лет назад были использованы растения для очистки сточных вод. В частности, такие растения как *Thalaspia sacculifera* и *Viola calaminaria* были первыми видами растений, у которых зарегистрировано накопление высоких уровней металлов в листьях [1,5].

Биогеохимиками предложено свыше 400 разных растений, хорошо аккумулирующих тяжелые металлы из почв. Например, такие металлы: Cu, Mn, Zn, Ni, Co, Se, и др., при этом для некоторых растений свойственна избирательная аккумуляция металлов: для кобальта – 26, меди – 24, цинка – 18, марганца – 8, свинца – 5, кадмия – 1 [11]. Эти авторы перечислили растения, которые в полевых условиях накопили элементы Cu, Co, Cd, Mg, Ni, Se и Zn в концентрациях в 100 - 1000 раз превышающих их содержания в обычных растениях [11,15,16].

В современных условиях общая площадь условно неизменных ландшафтов составляет всего 5290 млн.га или 35,5% от площади суши. Иными словами, только третья часть ландшафтов суши оказалась не деградированной и слабо измененной. Учитывая, что в этой части находятся ландшафты Арктики и Антарктики и другие труднодоступные места, то окажется, что значительная часть ландшафтов суши испытала антропогенные воздействия. Эти воздействия сказываются на разных направлениях: промышленное, бытовое и сельскохозяйственное [4].

Соотношение экосистем разной степени техногенной трансформации в пределах различных зон показано на рис. 2.2. В основу классификации техногенной трансформации природных экосистем в геоэкологии принята их способность к самовосстановлению: природные экосистемы, полуприродные экосистемы и антропогенные (техногенные) экологические комплексы. На рис. 2.2 показано, что все меньше становится природных экосистем, не затронутых техногенным воздействием. На месте природных экосистем возникают полуприродные и техногенные (антропогенные) комплексы. Из рисунка видно, что зоны широколиственных лесов и степей замещены искусственными экологическими комплексами до 60-80%.



**Рис 2.2. Соотношение площадей зональных экосистем по степени техногенной трансформации, % площади (составлено по данным Ю.А. Исакова, Н.С. Казанской, Д.В. Панфилова): 1- природные, 2 – полуприродные, 3 – техногенные экологические комплексы.**

## 2.2. Техносфера как результат воздействия общества на природу

Воздействие общества на природу осуществляется избирательно, в тесной связи с видом природного компонента и потребностями людей. Например, отбор полезных ископаемых из литосферы приобрел глобальные масштабы: 100 Гт твердых и 20 Гт углеводородов, воды и растительного материала в год. Изъятые из компонентов ландшафта сырье лишь на 9% используется по назначению, а большая часть участвует в технологическом цикле круговорота вещества и энергии и поступает в окружающую среду в виде техногенного материала (возврат вещества и энергии в природу) [7].

Значительным по масштабу источником техногенных веществ выступают мировые войны. Так, 1-я и 2-я мировые войны покрыли техногенным веществом от взрывов почти всю Европу и особенно Восточную. Количество перенесенного почво-грунта во время этих войн по расчетам М. Хазанова составило 120 Гт. Не менее внушительные по результативности и загрязнению выступают ядерные взрывы и аварии (Хиросима, Нагасаки, Чернобыль, Фукусима, Челябинск и др.). Радиоактивные загрязнения территорий от взрывов и аварий носят от локального до регионального масштабы. Собранные географами данные по природопользованию за период научно-технической революции, начиная с 1850г. позволили предложить теоретические основы геоэкологии ландшафтов, которые заключаются в раскрытии принципов взаимодействия общества и природы. Суть этих принципов изложена в работах Н.Ф. Реймерса (1990). Определяющим принципом основ геоэкологии современных ландшафтов выступают концепции экологической географии (А.Г. Исаченко) и экологической геологии (В.Т. Трофимов). *Концептуальную основу экологической географии составляет современное ландшафтоведение как учение о геосистемах разных уровней, со всеми фундаментальными понятиями в географии, характеризующими окружающую среду (среда обитания), экологический потенциал ландшафта, принцип экологического районирования территорий и др.* Экологическую географию рассматривают в сочетании с экологической геологией: состав, строение, тектоника верхней части литосферы с позиции природопользования. Человеку с его добывной и преобразующей деятельностью концепция экологической геологии придает роль экзогенного фактора. Здесь следует подчеркнуть, что геология, т.е. человек слишком углубился в литосферу (до 12 км) со своей добывной деятельностью, оставив решение с отвалами, отходами и производством другим специальностям, т.е. всему обществу[3].

80	300	60	300	100	600	800-1200
Глины, аргиллиты, алевролиты (верхний карбон)						
60	40	30	80	20	200	150

Такие же аномалии тяжелых металлов могут формировать почвенные субстраты, имеющие связь с терригенными образованиями верхне-пермского и верхнего карбона возраста, близко подходящие к дневной поверхности на Коврово-Касимовском плато и в Нерль-Клязьминской низине. Не менее важные водные источники металлов, связанные с выходом на поверхность большого количества ключей, содержащих в воде тяжелые металлы (табл. 8.2).

Таблица 8.2

### Максимальные содержания металлов в водоносных комплексах Владимирского региона, мкг/л [4]

Верхний карбон – нижняя пермь							
Fe	Mn	Cu	Zn	Cr	Ni	Co	Pb
14940	1260	60	758	9,5	30	5,9	316
Средняя юра – верхний мел							
1750	827	40	398	3,9	22,6	17,2	257

От перечисленных источников природных аномалий тяжелых металлов в почвах следует отличать антропогенные источники и аномалии. Представляет практический интерес место взятия образца. Так, в пробах, отобранных с земной поверхности содержание металла будет соответствовать современному состоянию загрязнений ландшафтов тяжелыми металлами от антропогенных источников и выпадению из воздуха при трансграничном ветровом массопереносе [4]. Сошлемся на опытные данные по определению Pb в почвах близ автомобильной трассы. По всей трассе преобладали высшие растения с гипераккумулятивными свойствами. В районе автостреды содержание Pb на 25-30кг/км<sup>2</sup> было больше чем в ландшафтах удаленных от автостреды. Абсолютные величины Pb в незагрязненных ландшафтах не превышали 125 кг/км<sup>2</sup> [1,5].

Свинец – один из тяжелых металлов, с которым, как правило, общество сталкивается в техногенных загрязнениях компонентов природы. В одной из своих работ М.Н.В.Прасад [5, с.298] показал роль Pb в загрязнении природы и место растений в накоплении и выводе свинца т.е. в качестве фиторедимеации и фитостабилизации почв. Идея использовать растения в качестве очистки почв от тяжелых металлов (Zn и Cd) была предложена в 1994 г. А.Бейнером с соавторами [5]. Он же провел и полевые испытания по извлечению Zn и Cd из почвы, давшие положительный результат.

металлов в почвах было рассмотрено еще задолго до выявления их роли как детоксикантов органических загрязнений геохимией для поисков месторождений рудных полезных ископаемых. Т.е. геологи опередили биогеохимиков в использовании растений в качестве индикаторов концентраций (ореалов) металла. Значение сложного многоаспектного, с точки зрения биогеохимии, процесса детоксикации следует повернуть на службу диагностики загрязнения почвы тяжелыми металлами.

*Растения и почва образуют сложную систему и любое техногенное загрязнение системы сказывается на почвах и растениях, что стало уже почти закономерностью.* В данном случае речь идет о техногенных токсикантах среди высших растений. При этом нужно учитывать разницу между содержанием тяжелых металлов в почвах не загрязненных ландшафтах природного (in siti) и приобретенного (техногенного) характера (ex siti). Тяжелые металлы выступают носителями идентификации колебаний, содержащих их, по данным геохимического анализа, почв по площади и по разрезу т.е. в глубину. Содержание тяжелых металлов в почвах природного и техногенного генезиса за последние годы в некоторой степени изменилось по причине надления растениям свойств фитомедиации, базирующихся на способности очищать почвы от загрязнений и в частности от тяжелых металлов. **Таким образом, сравнение содержаний тяжелых металлов в почвах незагрязненных с их содержанием в почвах промышленной зоны** (на примере г. Владимира) **позволяет сделать вывод об антропогенном источнике загрязнений и на способность тяжелых металлов образовывать техногенные аномалии в почвах.** Обычно эти аномалии приурочены к городам (с промышленной начинкой) и как правило, они оконтуривают промышленный город по периферии (например, г. Ковров) или повторяют в почвах розу ветров над городом (например, г. Кольчугино, вдоль р. Беленькая) [4].

В геологии принято значительные аномалий тяжелых металлов в почвах связывать с природными источниками (in siti). Так, например, к источникам металлов можно отнести выход на дневную поверхность черных глин верхнеюрского возраста в районе Окско-Цнинского вала, а так же подобные выходы их, по оврагам и берегам рек левобережья р. Клязьмы (табл.8.1)

**Таблица 8.1**

**Максимальное содержание металлов в юрской и карбоновой коре выветривания по Владимирскому региону, г/н·10<sup>-3</sup>% [4]**

Металлы						
Cu	Zn	Pb	Ni	Co	Cr	Mn
Глины, аргиллиты, песчаники (юра)						

Следовательно, можно повторить известное высказывание: **«Человек превратился в мощную геологическую силу»**. Такое высказывание некорректно, но оно отражает значение антропогенной деятельности общества и ставит антропогенный фактор в один ряд с природным. Обратим внимание на значение природных факторов (стихий) в жизни современных ландшафтов. По данным МЧС России на земном шаре в XX веке произошло более 450 природных стихий, которые привели к деградации ландшафтов и большим человеческим жертвам. Значение стихий сильно «выросло» даже по сравнению с прошлым столетием: так, если ураган «Катрина» в прошлом веке проходил над юго-восточным побережьем США раз в несколько лет, то в настоящее время несколько раз в год. Другой пример - проливные дожди выпадают там, где их раньше в это время года не было: Киев, Краснодар, Казань, Владимир (август 2012). Ливневые дожди проявились там, где их и не ждали: в восточных регионах России (Якутия, Восточная Сибирь). Границы тундры переместились к северу. Современные глобальные изменения природной среды охватили почти всю географическую оболочку и ее составляющие: литосферу, ландшафтную оболочку, гидросферу, атмосферу, биосферу и даже околоземное воздушное пространство, «засоренное» летательными аппаратами и их осколками [8]. Прозрачность атмосферного воздуха из-за загрязнения снизилась например, в Московском регионе на 10% (данные МГУ, 2010г.).

Особенная и значительная роль в загрязнении ландшафтов отводится техногенезу – невидимому, но вездесущему процессу [4]. Техногенез это загрязнение окружающей среды, в том числе и ландшафтов вредными для человека веществами (поллютантами) в результате антропогенной деятельности общества. Техносфера в глобальном измерении составляет 200-220 Гт и ежегодно пополняется. Она подразделяется на пассивную - здания и сооружения и активную – машины и оборудование. Источником загрязнений выступают не только антропогенная деятельность общества, но и в большей мере, механизмы, машины, оборудование, инструменты, приборы и аппараты, здания и сооружения в результате их эксплуатации. Количество загрязняющих веществ, поставляемые обществом в окружающую среду ежегодно почти соизмеримы с биопродуктивностью планеты (60 Гт). Техногенные вещества техносферы не только накапливаются, но и поглощаются растениями и почвой, участвуют в круговороте. Схема потоков веществ по циклу в природе от изъятия их обществом из природы и возврат в природу приведена на рис 2.3.

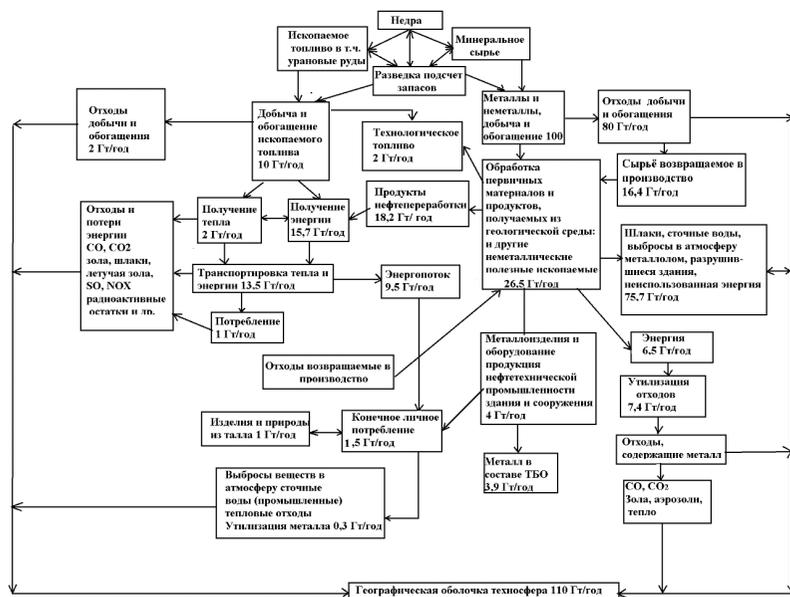


Рис. 2.3. Схема потоков веществ [4].

Из схемы следует, что во всех звеньях технологического цикла веществ и энергии происходят значительные потери сырья, воды, твердых частиц, металлов и энергии в подциклах от добычи, обогащения, передела, изготовления изделий, эксплуатации, утилизации до возврата их в производство и природу, т.е. прямое пополнение техносферы.

Проведенные расчеты показывают (рис. 2.3), что баланс минерального вещества и энергии в глобальном плане отвечает структуре формирования техносферы в течении одного года [3,4].

Отнесение ландшафтов к техно-природным определяется так же устойчивостью геосистем к антропогенным нагрузкам, будь то механические нагрузки или миграционные техногенные загрязнения. Так, В.А. Алексеенко, В.В. Добровольский, М.А. Глазовская приводят данные о значительных количествах тяжелых металлов в почвах отдельных территорий за счет миграции элементов и относят такие регионы к геохимическим ландшафтам. Например, Владимирский регион входит в состав Волжско-Окской (Московской) провинции [2], для которой характерна высокая плотность городского населения (до 207 чел/км<sup>2</sup> и менее сельского (20 чел/км<sup>2</sup>), выброс вредных веществ в атмосферу составляет здесь более 125 тыс.т/год, сброс загрязненных сточных вод - 246 млн м<sup>3</sup>/год и распаханность территории - 30 % (основное количество

веществ ведущими считаются географические процессы циркуляции (миграция техногенных веществ в воздухе, в воде, в почве). Определяющим механизмом перераспределения элементов и энергии выступает абиотический и биотический перенос их между разными средами: почва, вода, воздух, растения.

Биогеохимики изучили способность растений поглощать и отдавать металлы в окружающую среду при помощи корней, стебля и листьев в процессе транспирации. Транспирация или испарение воды растениями диффузионный процесс, характерный для растений в системе почва-воздух, осуществляемый кинетической энергией воды и градиентом водного потенциала, характеризующего (по Э.Либберту, 1976) разность между химическим потенциалом воды в определенной точке и в чистой воде, деленная на парциальный молярный объем воды: 
$$Y_w = \frac{M_w - M_{ow}}{V_w} [1].$$

Поскольку градиент водного потенциала всегда отрицательная величина, то благодаря кинетической энергии воды при значительной разности потенциалов воды, атмосферного воздуха и почвы она способна подниматься на высоту растений от земной поверхности и поступать в воздух в виде водяного пара. Растения ведут себя наподобие поршня, высасывающего из почвы воду и, отдающего ее в атмосферный воздух. Это значительная работа. Так, по данным[5], ссылающихся на обобщения. Е.Г. Jatliff (1999, с. 429-438) в среднем за день береза испаряет около 400 л воды, тополь от 190 до 1330 л, ива – 1900л, а с посева люцерны площадью около 0,24 га испаряется до 1900л воды. Вместе с водой из почв изымается и выделяется в воздух некоторое количество тяжелых металлов. Из древесных растений супер – аккумуляторным качеством усваивать и транспортировать тяжелые металлы обладает тополь, береза, ива и другие (В.А. Алексеенко). Процесс транспортировки, т.е. механизм усвоения и переноса тяжелых металлов в основном, только фиксируется по причине отсутствия опытных данных. Исследователи дают понять, что гены, ответственные за их внутриклеточное накопление еще толком не определены [5]. Отдельные авторы отмечают присутствие терпимости к тяжелым металлам у многих древесных растений с позиции детоксикации загрязнений. К примеру, по свинцу и кадмию подтверждена их супер аккумуляция [5, с.86].

Публикации свидетельствуют так же на примеры удвоения содержания меди в трансгенных растениях [3]. Значительное количество исследователей соглашаются с тем, что проблем диагностики, аккумуляции органических загрязнений древесными и другими растениями, сегодня нет в том числе и детоксикации их, но как только вопрос стоит о взаимоотношении тяжелых металлов и растений возникают сложности, хотя положение о приоритетных растениях – индикаторов

аккумуляторы загрязнений наиболее характерные для конкретной территории.

Установлено, что экология тяжелых металлов, предусматривает детоксикацию их ионов в любом организме, подвергнутом воздействию загрязнений окружающей среды, высокими концентрациям этих металлов [8,9]. Следовательно, **метаболизм тяжелых металлов на уровне семейства белков является указателем транспортировки тяжелых металлов и аккумуляции их прежде всего в ризосфере** [1]. Но на сегодняшний момент в регионах по-прежнему остаются актуальными задачи выявления загрязненных тяжелыми металлами компонентов природы. Это одна из основных задач современной геоэкологии [1,9].

В геоэкологии для определения содержания тяжелых металлов в почвах традиционно используют геохимический метод и геоботанический. Соединение данных определений этими методами приносит обнадеживающие результаты при поисках природных аномалий металлов в почве, а так же для выявления загрязнений поверхности ландшафтов тяжелыми металлами вследствие техногенеза.

В данной работе сделана попытка выявления аномалий содержания тяжелых металлов в почве по данным спектроскана, а так же с помощью индикаторов антропогенных токсикантов в высших растениях. В качестве примера взяты ландшафты Владимирского региона. Среди высших растений отобраны на анализ были в основном древесные и некоторые травы. Сказанное позволило обратить внимание на минеральные источники поступления тяжелых металлов в почвы (*in situ*), а способность высших растений к массообмену вещества и энергии использовать в качестве идентификаторов элементов, супер - аккумулятивных поглотителей ряда тяжелых металлов токсикантов, поступавших в почву от промышленных предприятий (*ex situ*).

Из опубликованной литературы по биогеохимии в России и за рубежом известно о приоритетной роли растений в массообмене вещества и энергии. Во-первых, растений на Земле много т.к. они покрывают 45% её поверхности. Во-вторых, они очищают воздух, воду и почвы от загрязнений. Сошлюсь на известный пример, растения обычно поглощают до 3 кг/га молекулярного азота из воздуха, в то время как, на окультуренной территории их поглощение возрастает до 300 кг/га. И в-третьих, выявилась высокая поглотительная способность отдельных высших растений «супер-аккумуляторы», которая стала применяться в биоремедиации для удаления токсикантов из почв и с поверхности антропогенных ландшафтов. Поэтому, представляет практический интерес использование способности высших растений по массообмену для диагностики техногенных загрязнений в конкретных условиях. Несмотря на наличие многих факторов массопереноса и массообмена техногенных

почв пахотных земель Владимирской области сосредоточено во Владимиро-Суздальском ополье – 70%). Отсюда общий уровень антропогенной нагрузки в области принимается как очень высокий. В том числе индустриальный уровень по региону также высокий, а сельскохозяйственный - повышенный. Следовательно, основным источником техногенных веществ в области выступают промышленность и транспорт[4,5]. Избыток элементов в почвах области свидетельствует о слабой экологической устойчивости геосистем местности, что позволяет такие ландшафты считать техно-природными (геохимические ландшафты).

### 2.3. Состояние ландшафтов и здоровье людей

Анализ содержания тяжелых металлов и других веществ в почвах европейской части России, выполненный в разное время основоположниками геохимического метода: А.И. Перельман, Н.С. Касимов, В.В. Добровольский и др., показали возросшее на порядок количество их по сравнению с определениями, проведенными ранее А.П. Виноградовым. Эта разница в значениях содержания тяжелых металлов будет характеризовать техногенное загрязнение территории.

В пределах Владимирской области на площади 29 млн. га выделяются, главным образом, следующие типы почв и ландшафтов: подзолистые (29,5%), дерново-подзолистые (36,5%), серые лесные (19,3%), болотистые (7%) и пойменные или аллювиальные (7,6%). О богатстве гумусовых разностей говорить не приходится. Почвы ландшафтов Ополья отличаются сравнительно небольшими запасами гумуса (до 2%, очень редко до 8%) -серые лесные почвы. Практически во всех почвах Владимирского региона (кроме Ополья, серые лесные почвы) проходят замедленные темпы гумусообразования, активное выщелачивание, которое сказывается на скоплении тяжелых металлов. Почвенные воды области не отличаются большим разнообразием своего состава. В большинстве случаев преобладает  $Ca^{2+}$  и  $(HCO_3)_-$ , редко встречаются ионы  $Na^+$  и  $Cl^-$ . Отмечается развитая кислородная обстановка до глубины 80-100 см, далее идет интенсивное выщелачивание (горизонт В и С). Поглотительная способность почти всех типов почв характеризуется преобладанием Са над Н и Mg, что способствует формированию горизонтов, содержащих тяжелые металлы [5].

**Для геоэкологии приоритетом выступает региональный геоэкологический анализ, который основан на данных локального уровня, а при значительных территориях и проявлениях процесса переходит в глобальный уровень.**

Эти уровни разработаны географической наукой и получили значительное подтверждение. Для геоэкологии из 3-х географических уровней чаще всего используются локальный или региональный и реже глобальный, и определяются они размером исследуемых геосистем. Контролем за экологическим состоянием геосистемы выступает биологическая продуктивность (экологическая емкость) территории[2,6]. При благоприятных экологических условиях экологическая емкость территории стремится к 1. В процессе деградации исследуемой площади, например, осуществляется полная вырубка леса. В данном случае экологическая емкость площади приближается к нулю. Антропогенная нагрузка может выражаться в полной замене природного ландшафта на антропогенный, например, постройка города, а также загрязнение почв или вод тяжелыми металлами в объемах, превышающих принятые для данного компонента и территории нормами. В практике исследований области включают от одного до нескольких ландшафтных зон, которые часто объединяются, например, геоэкология Волжского бассейна объединяет данные по 39 субъектам РФ и выводы по техногенезу носят региональный характер.

**Выводы о геоэкологическом состоянии территорий суммируются на основе антропогенной и техногенной нагрузки и здоровья населения, т.е. количеством техногенных веществ, находящихся в разных сферах: в воздухе, почве и воде, превышающих ПДК для исследуемой территории.** *С геоэкологическим состоянием геосистем тесно связано понятие их устойчивости к техногенным и антропогенным нагрузкам.* О какой устойчивости может идти речь при отборе полезных ископаемых открытым способом (карьеры). Это понятие не сохраняется в силу полной деградации ландшафтов: почвы снимаются и «исчезают» в отвалах, первый водоносный горизонт вскрывается, животный мир переселяется на соседние территории. Местность самостоятельно, в лучшем случае, через 100-150 лет может прийти в первоначальное состояние. По данным американских экологов территории карьеров могут самовосстанавливаться от 200 до 400 лет.

Выше было сказано, что значительная часть регионов России были подвергнуты загрязнению техногенными веществами, участвующими в процессе миграции и поглощении их разными компонентами природы. *Контролем за экологическим состоянием территорий, подвергнутых техногенезу является самочувствие и здоровье населения села, города и в целом региона.*

Социально-экологические последствия отрицательного воздействия техногенных ландшафтов выражаются в ухудшении санитарно-гигиенических условий, что в конечном счете приводит к росту заболеваемости людей. Так, по данным ГУЗ ВО «Медицинский

## Глава 8

### Очистка ландшафтов и почв от загрязнения поллютантами

#### 8.1. Предпосылки к диагностике загрязнения ландшафтов техногенными веществами

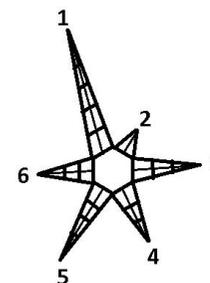
Известно, что тяжелые металлы токсичны для живых организмов. Избыток их в окружающей среде пагубно сказывается на растениях и здоровье людей. В то же время недостаток тяжелых металлов не самым лучшим образом влияет на самочувствие людей. Но если недостаток тяжелых металлов, как-то можно восполнить с помощью врачей посредством пищевых добавок, то избыток «ликвидируют» лишь на основе придания конкретной территории устойчивого экологического равновесия. Речь идет о достижениях биогеохимии, биотехнологии и биоремедиации [1,2,3,5,] т.е. возможности диагностировать места аномального проявления загрязнений с помощью растений и восстанавливать нарушенное равновесие в компонентах природы, и опять таки, с помощью растений. Собственно с задачей выявления загрязнённости территории тяжелыми металлами вполне справляется геохимия (Добровольский В.В., Касимов Н.С., Алексеев В.А. и др.).

Использование открытых (новых) возможностей биогеохимии на элементном, белковом и геномном уровне позволяет расширить способности диагностики микроэлементов загрязнений территории ( в частности почв), а так же предусматривает возврат ей первоначального экологического облика на основе применения **биотехнологий и биоремедиации** т.е. с помощью растений индикаторов и ремедиаторов [5], **т.е. выбранные растения способны преобразовать загрязняющие вещества в менее биодоступные формы** и возможно предотвращать их рассеивание ветром или выщелачиванием. Такое поведение растений исследователи (Просад М.Н.В. и др.) назвали явлением фитостабилизации.

Другой путь устранения загрязнений с помощью растений носит название **фитоэкстракции - способность растений аккумулировать загрязняющие вещества в своих тканях** и, таким образом, уменьшать их концентрацию в почвах. Отсюда вполне актуально сочетание выше названных путей устранения или, хотя бы, уменьшения загрязнений в почвах с помощью « определенных » растений. Под понятием «определенных» растений, очевидно, следует предполагать растения –

9. Карлович И.А. Основы техногенеза. Кн.2. Факторы загрязнения окружающей среды. – Владимир: ВГПУ, 2003. – 544с.
10. Ковальский В.В. Геохимическая экология. – М., 1994. – 280 с.
11. Ландшафтно-геохимические основы фонового мониторинга/ Под ред. М.А. Глазковой. – М.: 1985, 238 с.
12. Микроэлементы в окружающей среде: биогеохимия, биотехнология и биоремедиация/Под ред. М.Н.В. Прасада, К.С. Саджвана, Р. Найду;перевод с англ. Д.И. Башманова, А.С. Лукашина. – Физматлит, 2009. – 816с.
13. Мур Дж., Рамамурти В. Тяжелые металлы в природных водах. М.: Мир, 1997. 288с.
14. Разумовский В.М. Природопользование. – СПб.: Изд-во С.-Петербургского университета, 2003. – 192 с.
15. Сапрыкин Ф.Я. Геохимия почв и охрана природы. – Л., 1984. – 205 с.
16. Техногенное загрязнение речных экосистем/ Под ред. В.Е.Райнина и Г.Н. Виноградовой. – М.: Научный мир, 2002. – 132 с.
17. Тютиков С.Ф. Геохимическая экология диких животных Центрального Черноземья/ Труды биогеохимической лаборатории. Т. 24. – М., 2003. С. 263-274.
18. Уотсон Дж. Геология и человек. – Л., 1986. – 189 с.
21. Viola A., Albergoni V. Effects of Cadmium on Cattish, Jctalurus, Cellular Immune Responses// Neavy Metals in the Environment (International Conference, Hamburg, September 1995). 1995. Vol. 2. P. 256-259.
22. Tsengr, W.P. 1977. Effects and dose-response relationships of ckin cancer and blackfoot disease with arsenic Environmental Health Perspectives 19: 109-119.
23. Axelson O., E. Dahlyren, C.X. Jansson, and S.O. Rehlund. Arsenic exposure and mortality: a case – referent study from a Swedish Copper smelter. British Journal of Industrial Medicine 35: 8-15.
24. Ishinishi N., Y. Kodama, K.Nobutomo, and A.Hisanaga, 1977. Preliminary experimental study on careinogenicity of atsenic trioxide in rat lang. Environmental health perspectives 19: 191-196.
25. Friberg L., M. Piscator, G.F.Norberg, T.Kjellstrom, and P.Boston. 1974. Cadmium in the environment. Second Editon. CRCPress, Clveland, OHIO, 248pp.
26. Lemen R.A., J.S.Lee, J.K.Wagoner, and H.P. Blejer. 1976 Gancer mortality among cadmium productium Workers. Annals of the New York Academy of Sciences 271: 273-279.
27. Siting M. 1980. Priority toxic pollutans. Health impacts and allowable limits. Noyes Data corporation, New Jersey, 370 pp.
28. Harada M., 1978. Congenital Minamata disease: Intranterine methglmercury poisoning, Teratology 18: 285 – 288.
29. Lessard R., D. Reed, B.Maneux, and J. Lambert. 1978. Lungcancer in Naw Caledonia, a nickel smelting island. Journal of Occupational Medicine 20: 815-817.

информационно аналитический центр» Департамента Здравоохранения Администрации Владимирской области, общая заболеваемость населения на протяжении последних лет имеет тенденцию к росту. Наиболее высокий уровень общей заболеваемости был зарегистрирован в Гусь-Хрустальном и Ковровском районах и г. Владимире, а самый низкий – в Александровском и Муромском районах. У взрослого населения в структуре общей заболеваемости преобладают болезни системы кровообращения, у детского населения и подростков, болезни органов дыхания. Показатели общей заболеваемости населения области по классам болезней представлены на рисунке 2.4.



*Рис. 2.4. Заболеваемость населения Владимирской области по классам болезней:*

*1 - Органы дыхания, 2 - Нервной системы, 3 - Органов пищеварения, 4 - Болезни мочеполовой системы, 5 - Система кровообращения, 6 - Болезни кожно-мышечной системы*

До 50% обследованных детей, проживающих вблизи химического завода во Владимире, страдали аллергическими заболеваниями (дерматитами, конъюнктивитами, блефаритами); у многих выявлено снижение числа лейкоцитов и увеличение числа эозинофилов, а также дисбаланс биохимических и иммунологических показателей. В Кольчугино вблизи территории металлургического завода содержание меди и цинка в выращиваемых овощах опасно велико, а у детей, родители которых проживают вблизи этого завода, средняя масса тела при рождении заметно понижена. Дети раннего школьного и дошкольного возраста на загрязненных тяжелыми металлами территориях города чаще болеют. Здесь же больше и число вызовов скорой помощи в связи с заболеваниями верхних дыхательных путей у детей. В г. Гусь-Хрустальном у детей, которые живут поблизости от хрустальных производств, содержание свинца в волосах и крови установлено выше, чем на расстоянии 5 км.

*Таким образом, можно говорить о том, что техногенные ландшафты не только оказывают негативное воздействие на окружающую среду, но и здоровье человека. Техногенные ландшафты*

представляют собой удобный объект изучения, для решения целого ряда теоретических и практических проблем экологии.

## 2.4. Некоторые закономерности эволюции техногенеза в современных условиях

Известно, что техногенез процесс глобальный и проявляется от антропогенных и природных источников. Источники техногенеза принято подразделять, по масштабу воздействия на компоненты природы, на локальные региональные и глобальные. Эти границы весьма условные. К примеру, авария на Чернобыльской АЭС. Здесь площадь самой станции составила всего 1га - т.е., это локальный источник техногенеза, но размеры радиоактивного загрязнения оказались более чем региональные - 19 областей в РФ и ряд западноевропейских государств [4, 7]. Аналогично и при аварии на АЭС в Японии (Фукусима). По размерам станция занимает всего 0,5 га земли (т.е. это точечный, локальный источник - 4 реактора), а по площади, охваченной радиоактивным загрязнением, в результате аварии - региональный. В данном случае установить фактическое загрязнение невозможно, поскольку сведения о техногенезе носят закрытый характер. Отрывочные данные в печати о первых тысячах погибших и о решении правительства закрыть все атомные станции в стране, и о переходе на энергию углеводородов и угля выстраивают выводы о региональном масштабе радиоактивного техногенеза.

Следующий пример, подтверждающий закономерность перехода от локального к региональному источнику техногенеза, - аварии на нефтяных скважинах. В данном случае речь идет об аварии на нефтяной скважине (платформе) в Мексиканском заливе в 2012 г. «Нормальную», т.е. не аварийную скважину обычно классифицируют в качестве точечного источника техногенеза. Загрязнения от (не аварийных) скважин (нефтяных и газовых) носят, как правило, локальный характер. Масштабы аварии на данной скважине - платформе в Мексиканском заливе по площади загрязнения были соизмеримы с размером самого залива, что привело к гибели почти всей фауны в акватории всего залива. Эту аварию следует рассматривать в качестве региональной.

Другие весьма распространенные источники техногенеза: промышленные предприятия, заводы, фабрики и транспорт все относятся к локальным источникам техногенеза, но в сумме образуют загрязнения регионального и даже глобального уровня {5}. Одних только крупных промышленных предприятий в мире насчитывается свыше 150 тысяч. *В силу того, что промышленные предприятия связаны между собой*

7. В каких продуктах питания и изделиях часто встречаются кадмий и кобальт?
8. Как влияют на состояние здоровья через пищевую цепь Sn, Ni, Zn и As?
9. Дайте характеристику связи вида болезни и факторов окружающей среды.
10. Укажите регионы в России благоприятные и неблагоприятные для здоровья людей с позиции климата и состояния окружающей среды.
11. Какие компоненты природы оказались в 21 веке наиболее загрязненными поллютантами?
12. Перечислите болезни человека, связанные с состоянием окружающей среды.

### Контрольные задания:

1. Ознакомьтесь с табл.7.2 и покажите связь воздействия элементов на здоровье людей при наличии разной концентрации элементов.
2. Мысленно наложите рис.7.1 и 7.2 и попробуйте выделить крупные техногенные аномалии и предложите свой вывод о их присутствии.
3. Проанализируйте диаграммы заболеваний населения России в конце 20 века и сделайте выводы.

### Литература:

1. Авцын А.П. Введение в географическую патологию. – М.: Медицина, 1972. – 328 с.
2. Авцын А.П., Жаворонков А.А. Биогеохимические эндемии (микрэлементозы) человека: Руководство по медицинской географии/ Под ред. А.А. Кеплера. – СПб., 1993. С. 194-212.
3. Алексеенко В.А. Экологическая геохимия. – М.: Логос, 2000. – 627 с.
4. Белякова Т.М., Дианова Т.М., Крамкова Т.В. Медико-биологические проблемы экологической безопасности населения России/ Труды биогеохимической лаборатории. Т. 24. – М.: Наука, 2003. С. 275-289.
5. Бримблкунд П. Состав и химия атмосферы. – М.: Мир, 1988. – 351 с.
6. Буренков Э.К., Гинзбург Л.Н., Грибанова Н.К. и др. Многоцелевое геохимическое картирование – основа оценки загрязнения окружающей среды и экологического мониторинга// Разведка и охрана недр. 1998. № 6. С. 17-21.
7. Ермаков В.В. Биогеохимическое районирование континентов// Биогеохимические основы экологического нормирования. – М., 1993. С. 5-24.
8. Исаев Л.А. Экологическая климатология. Учебное пособие. М.: Науч. мир, 2003. 473с.

Оренбургская обл.; наиболее благоприятные районы: респ. Дагестан; Кабардино-Балкарская респ.

**Заболевания крови и кроветворных органов** (рис.7.4,Г): неблагоприятные районы: Астраханская обл.; Мурманская обл.; респ. Карелия; респ. Дагестан.; наиболее благоприятные районы: Свердловская обл.; Челябинская обл.; Удмуртская респ.; Нижегородская обл.; Кировская обл.; респ. Мордовия; Белгородская обл.; Тамбовская обл.; Саратовская обл.; Брянская обл.; Калужская обл.; Московская обл.; Орловская обл.; Краснодарский край; Ставропольский край; Ростовская обл.; Кабардино-Балкарская респ.; респ. Северная Осетия.

**Заболевания психическими расстройствами** (рис.7.4,Д): неблагоприятные районы: Смоленская обл.; наиболее благоприятные районы: респ. Дагестан; респ. Северная Осетия; Чеченская респ.

## Вывод

Состояние окружающей среды и здоровья населения находятся в функциональной зависимости от антропогенной деятельности общества и техногенного загрязнения компонентов природы химическими элементами.

Выяснено, что химические элементы (поллютанты) поступают в организм человека разными путями: через вдыхаемый воздух, воду и по пищевой цепи. Химические элементы загрязнения в определенной мере определяют некоторые заболевания населения России, борьба с которыми возможна путем снижения загрязнений компонентов природы.

### Контрольные вопросы:

1. Определите связь между микроэлементами в пищевой цепи и состояние здоровья человека.
2. Покажите пути поступления загрязнений в организм человека.
3. Охарактеризуйте факторы загрязнений пищи поллютантами.
4. Дайте определение источникам загрязнений продуктов питания поллютантами.
5. Дайте характеристику загрязнения организма человека свинцом.
6. Как уберечься от влияния загрязнения ртутью?

*транспортом и сырьем, то они автоматически переходят в крупные техно-природные геосистемы и антропогенные геокомплексы регионального и глобального уровня.* За примером обратимся, опять-таки, к нефтяной и газовой отраслям. Так, нефтяная и газовая транспортная (трубопроводная) система Северной Америки одна из самых крупных и разветвленных в мире. Её протяженность с севера на юг около 3 тыс. км и с востока на запад 2 тыс. км. При добыче углеводородов в нормальных (не аварийных) условиях потери углеводородов составляют свыше 380 млн м<sup>3</sup>/год. На потери при транспортировке углеводородов по трубам (разрешенные потери) приходится 1% от добытых объемов углеводородов. Таким образом, речь идет о глобальном загрязнении окружающей среды углеводородами. Глобальность проблемы техногенеза углеводородов подтверждается также размерами транспортной системы России. Так, трубопроводный нефтяной и газовый комплекс России составляет 240 тыс. км и уже перешёл границы страны в Европу и Азию (Китай). В России к потерям углеводородов на перекачивающих станциях добавляются утечки углеводородов от несанкционированных отборов сырья и терактов. Количество несанкционированных отборов и терактов на нефти и газопроводах в современных условиях не поддаются контролю, поскольку коррумпированная система контроля не в состоянии быть объективной. **Загрязнения нефтью ландшафтов в современных условиях приобрело глобальные масштабы.** Так, Н. Буялов и Н. Солнцева приводят площади, загрязнения углеводородами, соизмеримые с размерами нефтегазовых провинций: Западно-Сибирская, Обская, Северо-Кавказская, Волго-Уральская, Бухаро-Хивинская и многие другие [13]. Причём, площади техногенного загрязнения нефтегазовых территорий подтверждаются размерами месторождений по эксплуатационным скважинам на поверхности. Таких примеров довольно много. После себя нефтяники оставляют загрязненные углеводородом техногенные почвы [13]. Например, в Западной Сибири после разбуривания скважин остались брошенными свыше 16 тысяч амбаров со шламом и буровым раствором.

Обратимся к классическому примеру, когда жители целого города оказались частью системы углеводородного техногенеза. Это месторождение нефти, газоконденсата и озокерита г. Борислава в Западной Украине [12]. Как пишет автор, в г. Бориславле вся его территория пропитана нефтью и представляет собой музей более чем столетнего воздействия углеводородов на окружающую среду в т.ч. на население. Здесь нефть и озокерит стали добывать с середины XIX века (и по наше время) открытым способом. За это время в городе было вырыто свыше 20 тысяч колодцев, глубиной от первых метров до 155 метров. Есть и амбары емкостью более 10 тыс. м<sup>3</sup>, а также скважины, глубиной до 2 тыс. м. На месторождении Борислав отмечались аварийные выбросы нефти, пожары

и техногенные загрязнения природы углеводородами. Таким образом, *г. Борислав с его добычными и перерабатывающими предприятиями с полным основанием считаются природно-техногенными (природно-антропогенными) комплексами.* Подобные комплексы сопровождают почти все месторождения и нефтегазоносные провинции мира на региональном и глобальном уровне, что подтверждается зональностью распространения углеводородного техногенеза с севера до экватора и далее от экватора на юг, в соответствии с наличием месторождений и их разрабатанностью в обоих полушариях.

Из краткого обзора техногенеза углеводородов при разведке и эксплуатации месторождений, транспортировке потребителю и использованию в быту, производстве на локальном, глобальном, региональном уровнях следует закономерность активного проявления техногенеза углеводородов в современных условиях.

*Следующая закономерность развития техногенеза промышленности, транспорта и быта связана с концентрацией заводов, фабрик, транспорта и населения в крупных городах.* Данный показатель стали активно использовать с начала XXI в. и его значение тем больше чем крупнее город. Речь идет о росте количества крупных (промышленных) городов и соответственно больших объемов техногенных веществ и отходов производства, и быта, т.е. городов с населением свыше 0,5 млн чел.

Города определили приоритет в голосовании людей в выборе места жительства - город или село. В современных условиях в городах проживает до 80% всего населения планеты. *Техногенез стал неотъемлемой частью крупных городов.* Особенно показательны крупные городские агломерации. Только в России насчитывается 33 крупных городских агломераций. Не менее показательны агломерации американские, европейские, японские и др. природно-антропогенные комплексы локального, регионального, а в сумме глобального уровня. Так как это в большинстве крупные территории, то их целесообразно называть природно-антропогенными геокомплексами. В них источником техногенеза выступают промышленные предприятия, заводы, фабрики (использующие органическое и минеральное сырье), население (ЖКХ) и транспорт - автомобильный, воздушный и подземный, а также вся инфраструктура городов [2].

В современных условиях города выступают основными потребителями минерального сырья, а это 100 Гт/год добывают вместе с отходами переработки и 20 Гт/год органического сырья. Обратимся в качестве примера к техногенезу Московского мегаполиса [14]. Помимо населения самой Москвы в ее производственной сфере участвует население пригородов Москвы, а это уже в сумме 18 млн чел. Таким

*пищеварения; В – заболевания кожи; Г – заболевания крови и кровеносных органов; Д - заболевания психическими расстройствами. Построены диаграммы автором по данным [4].*

*Условные обозначения к рисункам 7.4 (А – Д).*

*1- Тульская обл. 2- Ярославская обл. 3- Нижегородская обл., 4- Кировская обл. 5-респ. Марий-Эл, 6- респ. Мордовия, 7- Чувашская респ., 8- Белгородская обл., 9-Воронежская обл., 10 -Курская обл., 11-Липецкая обл., 12-Тамбовская обл., 13- Астраханская обл., 14-Волгоградская обл., 15- Самарская обл., 16- Пензенская обл., 17- Саратовская обл., 18- Ульяновская обл., 19 - респ. Калмыкия, 20 - респ. Татарстан, 21- Архангельская обл., 22 - Вологодская обл., 23 – Мурманская обл., 24 - респ. Карелия, 25- респ. Коми, 26 - Ленинградская обл., 27- Новгородская обл., 28 - Псковская обл., 29 • Брянская обл., 30-Владимирская обл., 31- Ивановская обл., 32 - Тверская обл., 33 - Калужская обл., 34 - Костромская обл., 35-Московская обл., 36 - Орловская обл., 37 • Рязанская обл., 38 - Смоленская обл., 39 - Краснодарский край, 40 - Ставропольский край, 41 - Ростовская обл., 42 - респ. Дагестан, 43 - Кабардино-Балкарская респ., 44 - респ. Северная Осетия, 45 - Чеченская респ., 46 - респ. Башкортостан, 47 - Оренбургская обл., 48 - Пермская обл., 49 - Свердловская обл., 50- Челябинская обл., 51 - Удмуртская респ.*

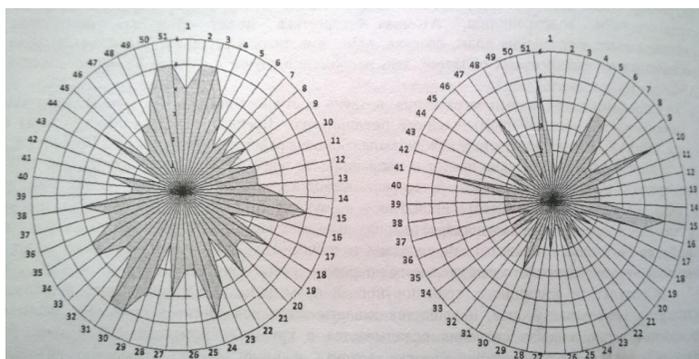
Анализ опубликованной литературы позволил выявить районы в России с преобладанием определенных заболеваний [4].

*Заболевания дыхательных путей* (рис.7.4,А): неблагоприятные районы: Челябинская обл.; Удмуртская респ.; Ярославская обл.; Нижегородская обл.; Самарская обл.; респ. Карелия; Владимирская обл.; Ивановская обл.; наиболее благоприятные районы: респ. Дагестан; Кабардино-Балкарская респ.

*Заболевания органов пищеварения* (рис.7.4,Б): неблагоприятные районы: Тульская обл.; Курская обл.; Самарская обл.; Ростовская обл.; наиболее благоприятные районы: Ярославская обл.; Саратовская обл.; респ. Калмыкия; респ. Татарстан; Вологодская обл.; респ. Коми; Ленинградская обл.; Псковская обл.; Тверская обл.; Калужская обл.; Орловская обл.; респ. Дагестан; Чеченская респ.

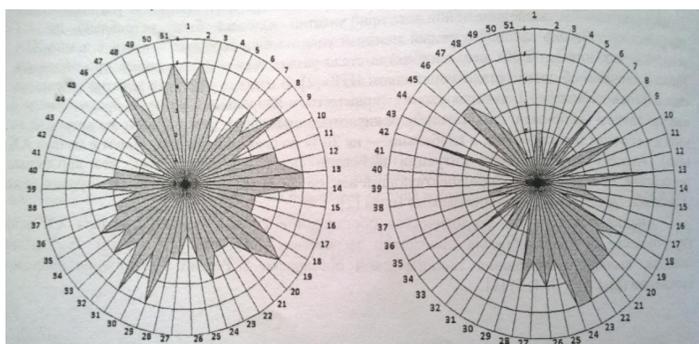
*Заболевания кожи* (рис.7.4,В): неблагоприятные районы: Удмуртская респ.; Ярославская обл.; Воронежская обл.; Астраханская обл.; Волгоградская обл.; респ. Калмыкия; Брянская обл.; Ивановская обл.;

результаты приобретают особую актуальность в условиях НТР в связи с различным проявлением степени и характера техногенеза в различных регионах России.



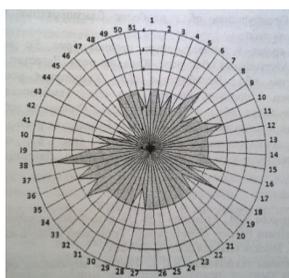
А.

Б.



В.

Г.



Д.

Рис.7.4. Диаграммы видов заболеваний населения России в конце XX века: А – заболевания дыхательных путей; Б – заболевания органов

образом, Москва и города области образуют единый техногенный-антропогенный природный геокомплекс, занимающий 28% территории всей Московской области. На этой площади полностью исчезла девственная природа, которая была заменена на техногенные ландшафты. Географы подсчитали, что в современном мире насчитывается 55% техногенных и антропогенных ландшафтов всей планеты [5,6,11].

Техногенные вещества техносферы участвуют в естественном массообмене (круговорот вещества и энергии в природе) [1] кроме поллютантов, которые природа «пока» не в состоянии распознать. Возникает следующая закономерность: *техногенные вещества, выпавшие или складированные (искусственно) вблизи от облагораживающих предприятий образуют техногенные почвы, техногенные грунты и техногенные месторождения* [10].

Современное развитие мировой экономики не оставляет сомнений в техногенном загрязнении окружающей среды в глобальном масштабе от минеральной составляющей добываемых полезных ископаемых [3,10]. Лидерами по добыче минеральных ресурсов выступает США, Китай и Россия. На эти страны приходится более половины горнодобывающих предприятий из 117 во всем мире. Только в России насчитывается 20 тыс. месторождений, из которых лишь десятки, но крупные находятся в разработке. Эти месторождения вместе с металлургическими предприятиями и обработкой определяют техногенный фон по загрязнению целых регионов. Например, в Центральной России месторождения КМА вместе с металлургическими заводами (Липецк и др.) формируют техногенез Fe целого региона, в Среднем и Южном Урале (Екатеринбург, Челябинск, Магнитогорск и др.) техногенез Fe, Si, Pb, Zn и др., в Норильске - техногенез Si, Pb, Ni и т.д. Выявлена следующая закономерность: каждый город, (регион), облагораживающий сырьё отличается по основному техногенному элементу. Техногенное отличие загрязнения формируется аномальной концентрацией техногенных элементов для конкретного месторождения или региона [4], например, от медно-колчеданного оруденения элементов - Si, Zn, Pb, As, Sb, Hg, Te, Se, и др. [9]. Основная часть техногенных элементов поступает от заводских труб и от транспорта, выпадает на почвы, в воздух и разносится воздушным потоком местного, регионального и глобального значения [1,5].

Значительное количество загрязняющих веществ поставляются государствами с индустриально-урбанизированными агломерациями (табл. 2.1). В таблицу, построенную по данным В.Г. Прокачевой и Е.Ф. Усачева (2002), нами были включены в основном развитые государства, а также страны, характеризующиеся большой численностью населения, в том числе городского, и выраженной густотой автомобильных дорог. Анализ

таблицы свидетельствует, что высоко урбанизированным государствам отвечает повышенная плотность населения, сильная густота автомобильных дорог и, как правило, значительный внутренний валовой продукт.

Таблица 2.1

**Размеры техногенно загрязняемых земель некоторых государств**

Государства и территории	Площадь, тыс. км <sup>2</sup>	Плотность населения, чел./км <sup>2</sup>	Доля городского населения, %	Кол-во городов с населением более 0,5 млн. чел.	ВВП (Ψ) GDP	Потребление энергии	Густота дорог, м/км <sup>2</sup>	Загрязняемая площадь			
								%	1000 км <sup>2</sup>	Км <sup>2</sup> /1000 чел.	Роль дорог, %
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<b>Европа</b>											
Германия	356,9	235	88	15	28,0	3,0	1585	57	205	2,5	22
Великобритания	244,8	245	90	8	13,5	2,8	1600	60	146,8	2,5	22
Франция	551,5	109	80	6	6,0	2,8	1545	37	205,0	3,4	21
Испания	504,8	79	78	6	5,5	1,6	690	25	128,0	3,2	11
Италия	301,2	96	68	6	6,0	2,0	1105	47	142,5	2,5	17
Бельгия	30,5	337	97	2	13,5	3,4	4415	59	18,0	1,8	-
Люксембург	2,6	166	90	-	14,0	6,8	2205	50	1,3	3,0	30
Нидерланды	41,5	468	89	3	6,0	3,6	3325	54	22,0	1,4	-
Швейцария	41,3	183	63	1	8,5	2,4	1865	44	18,2	2,5	23
Монако	0,002	1684,0	100	-	-	-	-	--	0,07	2,2	-
Беларусь	207,6	50,0	70	2	2,0	1,2	315	15	31,1	3,0	6
Россия	17075,4	9	75	39	4,0	2,5	48	4	683	4,6	1
Мальта	0,3	1203	90	-	8,5	1,0	3750	94	0,3	0,8	-

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<b>Азия</b>											
Бангладеш	144,0	1008	19	3	0,4	0,04	60	69	100	0,7	-
Бахрейн	0,7	1096	90	-	20	7,4	3225	65	0,45	0,7	-
Азербайджан	86,6	93	57	1	1,9	1,3	385	20	17,3	2,2	5
Армения	29,8	123	69	1	1,7	0,6	305	23	7,0	2,0	4
Вьетнам	331,7	246	25	3	0,6	0,06	45	31	102	1,3	1
Гонконг	1,1	7000	97	1	73,0	1,1	850	-	4,0	0,5	-
Грузия	69,7	75	59	1	0,7	1,0	455	19	13,0	2,5	7
Израиль	21,6	280	92	2	7,0	1,7	720	56	12	2,0	12
Индия	3287,6	342	30	43	0,9	0,2	525	44	1460	1,4	10
Иран	1648,0	49	59	5	1,5	0,9	35	11	179	2,2	1
Казахстан	2717,3	66	60	2	1,5	1,8	45	4,0	109	6,2	0,9
Катар	11,0	58	92	-	13,0	16,0	100	21	2,3	3,1	2
Киргизия	198,5	26	39	1	1,2	0,9	105	6	12,0	2,5	2
Китай	9597	133	33	58	2,2	0,5	35	25	2400	1,9	1
Монголия	1566,5	1,8	61	1	2,0	0,8	2	1	16,0	5,7	0,1
Непал	147,2	180	15	-	0,2	0,02	26	25	35,2	1,4	0,5
Пакистан	803,9	190	38	9	0,8	0,2	160	30	243,0	1,6	3

XX века). Состояние экологической ситуации в России свидетельствует о том, что кризисные тенденции, проявившиеся в предшествующий век, не преодолены, а в отдельных случаях даже углубляются, несмотря на принимаемые меры [9].

Анализ показал, что экологическая обстановка в России начиная с начала XX века усугубилась, главным образом произошло загрязнение почв, воздуха и воды. На основе анализа, выявлено изменение экологической обстановки в России и состояния здоровья населения (рис.7.3).



Рис. 7.3. График экологического состояния в 20 веке [4].

Деятельность человека после того, как он овладел огнем, перешел от собирательства и охоты к земледелию и скотоводству, для биосферы была неблагоприятным временем, но терпимым. С середины XIX века – это время начала НТП, который в XX веке стал расти невиданными темпами и перешло порог допустимого воздействия на биосферу [9]. Эти явления и процессы сегодня непрерывно нарастают. Биосфера стала развиваться в перманентно возмущенном состоянии: наступила эпоха глобального экологического кризиса [4,9]. Известно, что, не только человек зависит от природы, но и сама окружающая человека природа зависит от масштабов, форм и направлений его деятельности. И эта зависимость природы от человека проявляется не только в интенсивном, достигающем предельных значений вовлечении в его деятельность природных и особенно минеральных ресурсов, но и в глубоких и нередко негативных воздействиях этой деятельности на окружающую среду.

Т.М. Белякова с соавторами проанализировала состояние населения России по регионам и пришла к выводу, что полученные результаты отражают пространственную вариабельность заболеваемости и эти

загрязняет воздух соединениями серы, отвалы шпаклов выводят из оборота пахотные земли, загрязняют поверхностные и подземные воды. Гидроэнергетика вызывает загрязнение, заболачивание и затопление земель в связи со строительством водохранилищ. Атомная энергетика может выступать источником радиоактивного загрязнения воды, воздуха, почв, животных и растений. Это может пагубно сказываться на жизни целых областей, как, например, в случае с аварией на Чернобыльской АЭС.

Главными источниками загрязнения воздуха выступают химические, металлургические и целлюлозно-бумажные промышленные предприятия. Вредные отходы (диоксины серы и окиси азота) вызывают кислотные дожди, выпадающие в районах Красноярска, на Урале и т.д.

Негативные последствия имеют и неправильные подходы к ведению хозяйства в АПК. Так, среди отраслей сельского хозяйства растениеводство часто способствует эрозии почв, их деградации, уничтожению естественной флоры и фауны, загрязнению удобрениями вод и почв. Неумеренное орошение в засушливых районах вызывает засоление почв. Животноводческие хозяйства загрязняют нечистотами водоемы и почвы. Неправильный выпас скота ведет к уничтожению естественного растительного покрова и эрозии почв.

В результате жилищного, транспортного и промышленного строительства из оборота выводятся земельные угодья, нарушается экологическое равновесие в природе. Особенно тревожная экологическая ситуация складывается в крупных промышленных центрах РФ. Жители страдают от загрязнения воды, воздуха и пищи. Более интенсивно потребляя природные ресурсы с помощью возрастающих по своей мощи технических средств, общество в прогрессирующей форме улучшало условия развития своей цивилизации и ухудшало свое существование за последние 500 лет при участии человека, было истреблено до 2/3 покрывающих Землю лесов. Но самый мощный удар по биосфере был нанесен в конце XIX века, и в особенности в XX столетии, когда стало развиваться индустриальное производство. Иными словами, общество стало заложником НТР [9]. В итоге, в XXI веке заметно снизилось самоочищение биосферы, которая уже не справляется с инородным грузом, выбрасываемым в нее человеком (например, накопление углекислоты в атмосфере, запыленность ее возросли во многих городах в десятки раз, а глобально — на 20 % по сравнению с состоянием в начале

Сингапур	0,6	5600	97	1	90	4,3	4880		5,0	1,4	
Таджикистан	143,1	45	34	1	0,9	0,8	160	11	15,7	2,4	3
Турция	780,6	90	72	8	1,7	0,6	130	23	177,5	2,5	3
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Япония	3778	340	82	19	14	2,4	3010	53	200	1,6	
Африка											
Алжир	2381,7	13	65	2	2,5	0,7	27	4,6	110	3,4	0,6
Ангола	1246,7	9,5	33	1	2,1	0,04	10	2,6	33,0	2,8	0,2
Египет	1001,4	69	49	4	1,8	0,4	50	16	165,0	2,4	1,0
Коморские острова	2,2	300	31	-	0,2	0,03	140	32	0,7	1,1	3,0
Маврикий	2,0	649	56	-	2,0	0,3	1080	39	0,8	0,7	17
Мадагаскар	587	28	30	1	0,5	0,02	11		29,0	1,8	0,2
о. Майотта	0,4	456	10					54	0,2	1,2	
Мозамбик	801,6	27	36	1	0,5	0,02	10	4,9	39,0	1,9	0,2
ЮАР	1221,0	41	70	4	8,0	1,3	70	14	173,0	3,8	2,0
Северная Америка											
о. Аруба	0,2	363	72	-		2,2	2070	62	0,12	1,7	12
Багамские острова	13,9	30	87	-	5,0	1,6	200	7	0,95	3,2	4
Бермудские острова	0,05	1200	98	-		1,5	3775	94	0,05	0,8	
о. Гренландия	2175,6	0,03	88	-		2		0,01	0,2	3,2	
Канада	997,6	3,6	78	9	10	5,3	30	1,7	166	5,0	0,7

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Антильские острова (Нид.)	0,8	265	72	-	30	3,4	500	46	0,37	1,7	10
США	9638,6	30	80	68	12,0	5,4	465	12	1156,1	4,1	6
Мексика	1972,6	54	78	11	3,3	1,0	60	16	315,5	3,1	1,4
Южная Америка											
Аргентина	2766,9	14	90	8	2,0	1,0	35	6	170,0	4,5	1,0
Бразилия	8512	21	88	19	2,3	0,4	23	8	657,0	3,8	0,5
Венесуэла	912,0	27	94	5	4,0	1,6	37	10	90	3,8	0,5
Чили	757,0	20	87	1	3,0	0,7	27	8	62,6	4,1	1,0
Австралия и Океания											
Австралия	7686,8	2,6	89	6	6	3,5	4,5	2	150	7,7	0,8
Вост. Самоа	6,2	327	54	-		1,4		45	0,1	1,5	
Маршалловы острова	0,2	375	70					61	0,11	1,6	
Новая Зеландия	269,2	15	88	1	2,4	3,0	220	7	20,1	5,3	4,0

Вывод: Становится вполне очевидным, что для техносферы созданной обществом и её частей приемлемы перечисленные выше закономерности ее развития в составе географической оболочки.

### Контрольные вопросы:

1. Что такое природный ландшафт?
2. Перечислите ученых географов, внесших вклад в учение о ландшафтах.
3. Дайте определение видов ландшафтов: природный, техноприродный, антропогенный и искусственный.
4. Какую роль играют города в формировании техногенных загрязнений?
5. Расскажите о ландшафтах в разной степени подвергнутых антропогенному воздействию.
6. Что такое техносфера, из каких элементов она состоит?
7. Поясните определение «Человек превратился в мощную геологическую силу»
8. Что такое «Схема потоков веществ»?
9. Человечество в течении года расходует на себя 9 Гт. сырья, а куда девается остальное сырье (110Гт)?
10. Как связано загрязнение территории поллютантами и самочувствие населения?
11. Техногенез тяжелых металлов и углеводов. В чем их отличие?

### Контрольные задания:

1. Обоснуйте роль городов в загрязнении компонентов природы.
2. Разработайте мероприятия по выходу из экологического кризиса, на локальном, региональном и глобальном уровнях.

### Литература:

1. Волков С.Н. Геохимическая эволюция кадмия в естественном и техническом циклах миграции. Техногенез и биогеохимическая эволюция таксонов биосферы. –М.: Наука, 2003. С. 113-140.
2. Исаченко А.Г. Введение в экологическую географию. Учебное пособие. – СПб.: Изд-во Санкт-Петербургского университета, 2003. – 192с.
3. Карлович И.А. 2013. Геология: Учебное пособие. – М.: Академпроект, - 704с.
4. Карлович И.А. Геоэкология. – М.: Академический проект, 2013. – 507с.
5. Карлович И.А. Экология Владимирской области. – Владимир, ВГПУ.
6. Коломыц Э.Г. Региональная модель глобальных изменений природной среды. – М.: Наука, 2003. – 371с.
7. Комар И.В. 1975. Рациональное использование природных ресурсов и ресурсные циклы. – М:Наука.
8. Современные глобальные изменения природной среды. В 2-х томах. М.: Научный мир, 2006.
9. Добровольский В.В. 1998. Основы биогеохимии. - М: Высшая школа. - 200 с.
10. Камерилова Г.С. 1997. Экология города. - М.: Просвещение. -167 с.
11. Карлович И. А. 2004. Экология минеральных ресурсов. - Владимир, ВГПУ. - 214 с.

*обогащенные селеном; 16 – с нарушенным соотношением меди, молибдена, свинца; 17 – обогащенные ураном; 18 – с избытком фтора; 19 – обогащенные медью; 20 – с нарушенным обменом меди; 21 – богатые никелем, магнием, стронцием, бедные кобальтом, марганцем; 22 – богатые никелем.*

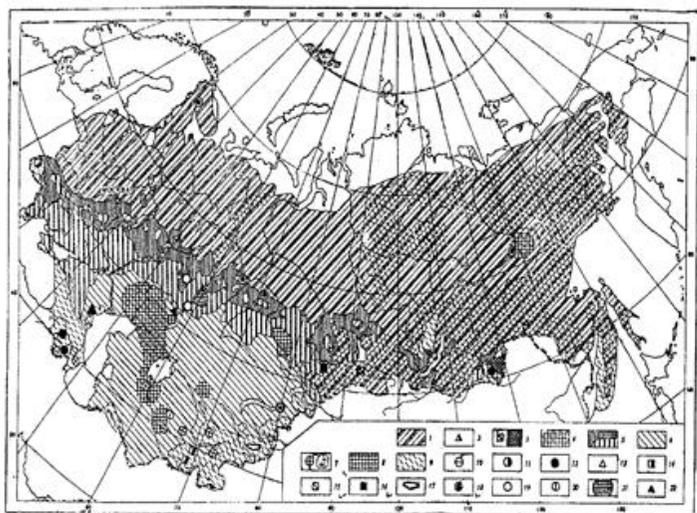
Растения и животные, входящие в пищевую цепь человека, переносят накопленные микроэлементы и болезни в организм людей. Причем, избыток микроэлементов может аккумулироваться в растениях, в организмах животных на территориях биогеохимических провинций, где в избытке присутствует поллютант, а в пищу человека он может поступать за сотни, порой и тысячи, километров от данной провинции (например, известно, что мясо кенгуру из Австралии продавалось в магазинах Москвы и других российских городов).

Таким образом, следует отметить, что в эпоху техногенеза развиваются негативные реакции у живых организмов на микро- и макроуровне в районах техногенных лито- и гидрогеохимических аномалий (биогеохимические провинции). Установлена связь между степенью накопления токсиканов и уровнем заболевания населения [1,2,4]. По мнению этих авторов, иммунная система представляет собой измененную гомеостатическую систему, т.к. именно она в первую очередь подвергается воздействию техногенных веществ на микро- и макроуровнях.

### 7.3. Окружающая среда и здоровье населения России

На 2015 год экологическая ситуация в России продолжает оставаться напряженной. Отрасли добывающей промышленности создают специфические промышленные ландшафты с карьерами, шахтами, отвалами пустой породы. В результате открытой добычи руд и угля из сельскохозяйственного оборота изымаются десятки тысяч гектаров плодородных земель. Наряду с этим деятельность человека стала сопоставимой с геологическими и другими естественными причинами изменения лика Земли. Человек разумный, с самого начала, вёл своё хозяйство не очень разумно, активно способствуя разрушению своей среды обитания и ее загрязнению. Например, сильное загрязнение возникает вследствие функционирования энергетики. Тепловая энергетика

сложную геохимическую ситуацию регионов и особенно – в горно-добывающих, металлургических и промышленных центрах [7].



**Рис. 7.2. Схематическая карта биогеохимического районирования СССР (по В.В. Ковальскому):** **I. Биогеохимические зоны (регионы биосферы) и зональные провинции (зональные субрегионы биосферы):** 1-4 – таежно-лесная нечерноземная зона (провинции: 1 – бедные кобальтом, бедные медью, йодом, бедные медью и кобальтом, бедные кальцием и фосфором; 2 – бедные йодом и кобальтом; 3 – обогащенные стронцием, бедные кальцием; 4 – с нормальным содержанием меди и кобальта, а также обогащенные бором и стронцием на мерзлотных почвах (азональные провинции); 5 – лесостепная и степная черноземная зона (на серых лесных и пойменных почвах встречаются провинции, бедные йодом); 6-8 – сухостепная, полупустынная, пустынная зона (провинции: 7 – с относительно недостаточным содержанием меди, избыточным – молибдена и сульфатов; 8 – богатые бором (встречаются провинции, бедные йодом). 9 – горные зоны (встречаются провинции, бедные кобальтом; бедные медью, бедные кальцием; распространены провинции, бедные йодом). **II. Азональные провинции (азональные субрегионы биосферы):** 10 – богатые кобальтом; 11 – бедные йодом и марганцем; 12 – богатые свинцом, 13 – богатые молибденом; 14 – богатые стронцием и кальцием; 15 –

12. Карлович И.А., Карлович И.Е., Карлович А.И. 2013. Жизненный цикл продуктов и изделий от эксплуатации до возврата в природу//Записки горного института Т. 203. СПб. С.42-46.
13. Карлович И.А. 2003. Основы техногенеза. Кн.1 Источники и потоки загрязнений окружающей среды. - Владимир: ВЛГУ. - 350 с.
14. Карлович И.А., Карлович А.И. 2010. Современные проблемы региональной геоэкологии. - Владимир ВГУ. - 306 с.
15. Карлович ИЛ. 2007. Миграция техногенных радионуклидов в биосфере. - Владимир: ВЛГУ.
16. Карлович И.А. 2013. Геоэкология. -М.: Академический проект. - 510 с.
17. Мустафин С.К., Трифонов А.Н. 2012. Отходы недропользования: природа, сырьевой потенциал, перспектива рециклинга // Геоэкологические проблемы современности. Матер. IV Междунар. конф. 20-22 сентября 2012 г., г. Владимир. - С. 310-313.
18. Пашкевич М.А. 2010. Техногенные массивы и их воздействие на окружающую среду. - СПб.: Горный институт. - 230 с.
19. Перельман А.И. 1975. Геохимия ландшафта. - М.: Высшая школа. - 215 с.
20. Романюк О.И. 2012. Город Борислав - начало экологического маршрута «нефтяной путь» //Геоэкологические проблемы современности: Матер. IV Международной конференции. - Владимир 20-22 сентября 2012г. - С. 373-374.
21. Солнцева Н.П. 1998. Добыча нефти и геохимия природных ландшафтов. - М. : МГУ.
22. Экология города. 2004. - М.: Научный мир. - 624с.

## Глава 3

### Источники химических элементов

#### 3.1. Природные источники химических элементов

##### Космогенные источники

*Солнечный ветер* – представляет собой поток заряженных лучей, главным образом протонов и электронов, вытекающих из верхних частей солнечной короны. У орбиты Земли поток протонов солнечного ветра изменяется в широких пределах от  $10^8$  до  $10^{10}$  частиц на  $\text{см}^2/\text{с}$ .

*Комические лучи* состоят из потока заряженных частиц высоких скоростей и энергий, проникающих в атмосферу Земли.

*Межпланетная пыль* в атмосфере установлена с помощью космических аппаратов и специальных приборов с поверхности Земли. Предполагают, что в течение года на поверхность Земли оседает примерно  $5 \cdot 10^6$  т космического вещества (в основном, космическая пыль).

*Метеориты.* Данные по изучению состава метеоритов показывают, что они идентичны химическому составу земной коры:

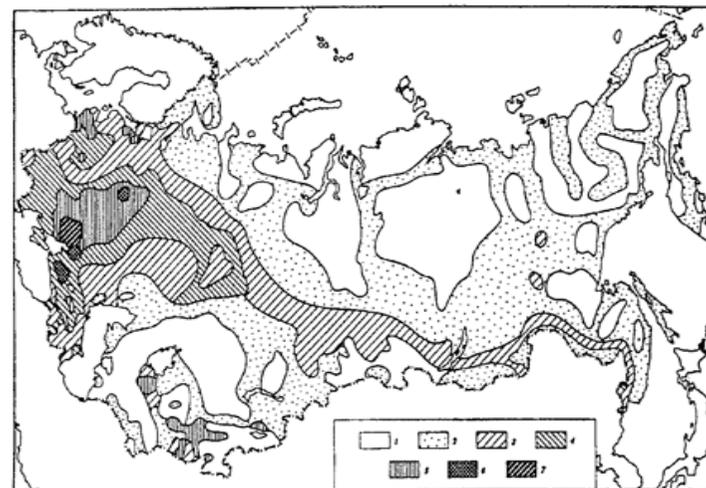
Метеориты: O, Si, Fe, Mg, S, Ni, Al, Ca.

Земная кора: O, Si, Al, Fe, Ca, Mg, Na, K.

По данным многочисленных исследований, на поверхность Земли поступает с метеоритами до  $5 \cdot 10^6$  т/г разных химических элементов.

##### Литогенные источники элементов

Под литогенными (*литос* – камень) источниками элементов понимаются группы горных пород разного возраста петрографического и минерального состава с включениями рудных компонентов, выходящих на дневную поверхность и подвергающихся разрушению (выветривание) и переносу экзогенными процессами. Например, к таким источникам относятся горные породы разного генезиса, находящиеся в зоне выветривания: взрывные структуры (алмазоносные трубки), ксенолиты мантийного вещества, щелочные базальтоиды глубинного происхождения, магматические (интрузивные и эффузивные) породы литосферы.



**Рис. 7.1. Схема распределения техногенного геохимического воздействия.** 1-7 – модуль регионального суммарного коэффициента ноосферной концентрации,  $n \cdot 10^4$ : 1 – меньше 1; 2 – 1,5; 3 – 5-10; 4 – 10-25; 5 – 25-50; 6 – 50-100; 7 – более 100.

Индикатором геохимических аномалий техногенного и природного генезиса, как было уже сказано, являются растения, животные и люди.

Этот метод получил дальнейшее развитие в работах биогеохимиков для выделения геохимических аномалий техногенного характера [7]. Оказалось, что в остатках анализируемых растений наиболее представлен элемент (или группа элементов), концентрация которого в биогеохимических аномалиях почв представлялась максимальной. Выявленная закономерность позволила ряду исследователей провести биогеохимическое районирование СНГ (рис. 7.2), а коллективу авторов из биогеохимической лаборатории Института минерального сырья – обосновать оценку формирования и эволюции природно-техногенных биогеохимических провинций, которые раскрывают сложившуюся

	очень высокие концентрации оказываются смертельными для животных	промышленными отходами; случаи мышьякового отравления могут иметь и другие причины
Cd	перерождение почек, распад костной ткани, цирроз печени	те же условия, что и для мышьяка
Pb	нарушение деятельности почек и нервной системы, задержка синтеза протеина в крови	те же условия, что и для мышьяка, а также загрязнение мягкой воды промышленными отходами и продуктами сгорания бензина
Hg	нарушение деятельности центральной нервной системы (болезнь Минамата)	те же условия, что и для мышьяка. Районы вблизи некоторых fumarol и вулканических жерл. В Японии (залив Минамата) заболевание связано с особенностями питания (основные продукты – морские водоросли, содержащие ртуть)

По М.А. Глазовской [11], распределение техногенного геохимического воздействия выглядит следующим образом (рис. 7.1). По данным работ ряда коллективов, основное количество техногенных элементов концентрируется в почвах и подстилающих породах [3,6,9,15]. Высокими кларками ноосферной концентрации элементов (Co, Cu, Mo, Zn, Pb и др.) в почвах характеризуются районы с близко расположенными промышленными центрами – источниками техногенных элементов. Например, Московская, Донецкая, Кемеровская области, Кольский регион (горно-гундрово-таежная, горно-рудно-металлургическая), Западная Сибирь (таежно-болотно-мерзлотная, нефтегазовая промышленность) и др.

Распространенность горных пород в земной коре в объемном выражении выглядит следующим образом:

Магматические породы – 70,8%.

Метаморфические породы – 20,0%.

Осадочные породы – 9,2%.

Несмотря на то, что доля осадочных пород в земной коре носит подчиненный характер, влияние их на природный массообмен литогенной составляющей весьма значительно, т.к. это самые рыхлые (разрушенные) породы, легко вовлекаемые ветром, водными потоками, атмосферными воздушными массами в процессы переноса и переотложения.

*Характер формирования геохимического потока от природных литогенных источников, в основном, определяется геохимией литосферы (земной коры) и ее частей: базальтового и гранитного слоя, а также андезитов активных вулканических окраин континентов и почвенного слоя как самостоятельного источника химических элементов (табл.3.1).*

Таблица 3.1

**Распространенность химических элементов в литосфере и ее частях в вес. процентах** (по Дж. Эмсли, 1998, Беусу, 1975, Виноградову, 1957, Лисицину, 1978).

Элемент	Земная кора (литосфера)	Базальты океанической литосферы	Андезиты активных вулканических окраин континентов	Граниты континентальной литосферы	Почвы суши
Si	27,7	23,4	27,8	34,0	33,0
Al	8,8	8,7	9,2	7,4	7,13
Fe	4,1	7,29	6,45	1,83	3,80
Ca	4,1	8,17	5,0	1,12	1,37
Mg	2,3	4,63	2,05	0,33	0,63
Na	2,3	2,07	2,79	2,66	0,63
Ti	0,56	0,88	0,42	0,17	0,46
Mn	0,95	0,14	0,12	0,04	0,085
K	2,1	0,18	1,3	3,50	1,36
P	0,1	0,0057	0,13	0,06	–
Cr	0,01	$2,97 \cdot 10^{-2}$	$5,6 \cdot 10^{-3}$	$1 \cdot 10^{-3}$	0,02
V	$160 \cdot 10^{-4}$	$2,92 \cdot 10^{-2}$	$1 \cdot 10^{-2}$	$4,4 \cdot 10^{-3}$	0,01
Sr	$3,7 \cdot 10^{-2}$	$1,3 \cdot 10^{-2}$	$3,85 \cdot 10^{-2}$	$1,1 \cdot 10^{-2}$	0,03
Ni	$8 \cdot 10^{-3}$	$9,7 \cdot 10^{-2}$	$1,8 \cdot 10^{-3}$	$4,5 \cdot 10^{-2}$	$4 \cdot 10^{-3}$
Zr	$1,9 \cdot 10^{-2}$	$9,5 \cdot 10^{-3}$	$1,1 \cdot 10^{-2}$	$1,8 \cdot 10^{-2}$	0,03
Cu	$5 \cdot 10^{-3}$	$7 \cdot 10^{-3}$	$5,4 \cdot 10^{-3}$	$1,0 \cdot 10^{-3}$	$2 \cdot 10^{-3}$
Se	$0,05 \cdot 10^{-4}$	$6,1 \cdot 10^{-3}$	$3 \cdot 10^{-3}$	$7 \cdot 10^{-4}$	–

Y	$3 \cdot 10^{-3}$	$4,3 \cdot 10^{-3}$	10	$4 \cdot 10^{-2}$	–
Co	$2 \cdot 10^{-5}$	$3,2 \cdot 10^{-3}$	$2,4 \cdot 10^{-3}$	$1 \cdot 10^{-4}$	$1 \cdot 10^{-3}$
Nb	–	$3 \cdot 10^{-3}$	$4,3 \cdot 10^{-4}$	$2,1 \cdot 10^{-3}$	–
Ga	$1,8 \cdot 10^{-3}$	$2,2 \cdot 10^{-3}$	$1,6 \cdot 10^{-3}$	$2 \cdot 10^{-3}$	–
Ba	$5 \cdot 10^{-2}$	$1,4 \cdot 10^{-3}$	$2,7 \cdot 10^{-2}$	$8,4 \cdot 10^{-2}$	0,05
Rb	$9 \cdot 10^{-3}$	$1 \cdot 10^{-3}$	$3,1 \cdot 10^{-3}$	$2,1 \cdot 10^{-2}$	$6 \cdot 10^{-3}$
Li	$20 \cdot 10^{-4}$	$9 \cdot 10^{-4}$	$1 \cdot 10^{-3}$	$3,8 \cdot 10^{-3}$	$3 \cdot 10^{-3}$
Pb	$14 \cdot 10^{-4}$	$1 \cdot 10^{-3}$	$6,7 \cdot 10^{-4}$	$1,9 \cdot 10^{-3}$	$1 \cdot 10^{-3}$
Sn	$2,2 \cdot 10^{-4}$	$1 \cdot 10^{-4}$	$8 \cdot 10^{-5}$	$3 \cdot 10^{-4}$	–

В эту таблицу не вошли другие важные химические элементы (H, W, Mo, As, Sb, Pt, U, Hg, S, Th, C и др.), способные создавать самостоятельные природные и антропогенные потоки, несмотря на разные их кларковые величины в земной коре: H – 0,152; Cl – 0,013; W –  $1 \cdot 10^{-4}$ ; Mo –  $1,5 \cdot 10^{-4}$ ; As –  $1,5 \cdot 10^{-4}$ ; Sb –  $0,2 \cdot 10^{-4}$ ; Pt  $\approx 10^{-7}$ ; U –  $2,4 \cdot 10^{-4}$ ; Hg –  $0,5 \cdot 10^{-5}$ ; S –  $2,6 \cdot 10^{-2}$ ; Th –  $12 \cdot 10^{-4}$ ; C –  $4,8 \cdot 10^{-2}$ .

#### Мантийные источники химических элементов

Различают две крупные группы мантийных источников химических элементов: выходы на дневную поверхность твердых (литогенных) и флюидных образований. *Твердые источники химических элементов объединяют литогенные потоки, исходящие от горных пород и минералов мантийного и корового (глубинного) происхождения, оказавшихся на дневной поверхности и подвергшихся процессам выветривания и переноса в элементном состоянии.* Флюидные источники – это флюидное вещество мантии и земной коры, дегазированное по рифтовым зонам, разломам и вулканам на дневную поверхность.

#### Черные сланцы – природный источник химических элементов

Выходы черных глинистых сланцев на дневной поверхности известны во многих местах. Обычно они обогащены иридием, фосфором и редкоземельными элементами. Например, в Италии (местечко Сан-Антонио) в выходах на поверхность глин пермо-триасового возраста отмечено повышенное содержание иридия, Cr, Ni, Co, Sc, Ti, а также Cu и др. халькофильных элементов (Назаров, 1995). В других разрезах с выходами на поверхность черных сланцев исследователи отмечают присутствие V, Cr, Ti, Ni, Zn, As, а также K, Rb, Co и Cu. Интересны

	домашних животных	песчаниках, известняках
Cu	истощение, задержка полового созревания пастбищных домашних животных	те же условия, что и для кобальта, а также почвы, обогащенные молибденом
I	зоб (базедова болезнь) – нарушение нормальных функций щитовидной железы у человека и домашних животных	районы, подвергшиеся оледенению (Альпы, Пиренеи, Гималаи, Анды); дефицит йода в почвах большей частью обусловлен низким уровнем его концентрации в водах
Fe	анемия, связанная с недостаточным синтезом гемоглобина	у человека дефицит железа может быть обусловлен диетическими ограничениями или некоторыми физиологическими факторами
Se	мышечная дистрофия у ягнят, вялость сердечной мышцы у человека	песчаные или сильно выщелоченные почвы, иногда черноземы; центральные районы США, провинция Сычуань (Китай), Новая Зеландия
Повышенные (токсичные) концентрации		
As	избыток мышьяка ведет к задержке роста растений;	почвы, загрязненные в результате выщелачивания сульфидных рудных тел и рудных отвалов или зараженные жидкими

поступают в альвеолы легких и в кровь. Твердые частицы аэрозолей оседают в носовой полости – до 80% (размер частиц от 0,3 до 2 мкм); в легкие поступают разные по размерам частицы (менее 0,01 – 2 мкм); трахею и бронхи поражают более всего мелкие частицы (0,01-0,1 мкм) [5]. Самые опасные для органов дыхания частицы – мелкие (менее 0,1 мкм). Исследования подтвердили, что такие частицы составляют обычно основные техногенные потоки, образуемые при обогащении и металлургическом переделе полиметалльных руд. Например, цинк и свинец, а также редкие элементы: таллий, гафний, цезий и др. Их оседание в крови приводит к появлению новообразований. Известно также, что металлическая пыль на рудниках и обогатительных фабриках выступает в качестве сильного канцерогена, способного вызвать раковые заболевания.

Другой аналогичный пример – на фабриках или карьерах по добыче угля, асбеста, известняка, кварца возникает большое количество мелкой пыли, разносимой ветром на значительные расстояния (до 30 км и более). Эта пыль оседает в носовой полости и легких, вызывая закупоривание поверхности легких (силикоз). Известно, что мелкие фракции асбеста и кремниевой пыли, подхваченные воздушными потоками, могут транспортироваться на сотни и тысячи километров от первоисточника, заражая легочную ткань человека. Так, А.А. Исаев [8] приводит сведения о наличии частиц асбеста в организмах 25% всего населения Земли, в то время как в 1936 г. их наличие не установлено.

Отсюда становится очевидным, что *каждый химический элемент, добытый обществом из верхней части литосферы и использованный в процессе производства, попадает в техносферу и представляет угрозу здоровью людей в качестве компонента косвенного воздействия* (табл. 7.2).

Таблица 7.2

**Рассеянные химические элементы и их влияние на здоровье человека и животных [18]**

Элементы	Воздействие элементов	Источники и районы
Пониженные концентрации		
Со	исхудание и анемия	почвы, формирующиеся на кислых изверженных породах,

взгляды палеонтологов на черные глинистые сланцы. Они прослеживают причинно-следственные связи вымирания групп органического мира в определенных геологические периоды с интенсивным накоплением в сланцах иридия и других металлов. Автору этих строк приходилось встречать в разрезах верхнего мела (на границе верхнего и нижнего мела) хребта Петра I (Таджикистан) прослой глинистых сланцев мощностью до 5 см, сильно обогащенный иридием и элементами халькофильной группы. Металлометрические пробы, отобранные из осыпи от черных сланцев, показали повышенные содержания Jr, Zn и Cu. Рудоносность черных сланцев не вызывает сомнений (месторождение Садбери в Канаде и мн. др.).

На глобальный характер распространения черных глинистых сланцев указывает в своей работе С.Г. Неручев (1982).

**Угольные отвалы - природный источник химических элементов**

Существующая в СНГ технология добычи угля подземным способом связана с выдачей на поверхность и складированием его в специально предусмотренные отвалы. Отвалов угля и породы в содружестве государств много (более 2,1 тыс по состоянию на 1995 г.) общей массой свыше 2,5 млрд т породы, вместе с которой туда попадают уголь (пыль, крошка), сланцы и элементы металлов в угле. В ряде отвалов содержание угля достигает больших величин. Например, в отвалах Донецкого бассейна – от 5 до 15%, в Карагандинском бассейне – от 3 до 9%, а по Кузнецкому бассейну – до 30% (Горная энциклопедия, 1984). Отвалы имеют солидный срок своего существования. Так, возраст отвалов Донецкого бассейна определяется в среднем около 150 лет.

По минеральному составу зола углей в отвалах на месторождениях заметно отличаются (табл.3.2). Так, содержание Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> в них колеблется от 22 до 37-38%, SiO<sub>2</sub> – от 32 до 50-60%, CaO – от 3-5 до 25%, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – от 4,5-7 до 14%, а отношение SiO<sub>2</sub> к Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> меняется от 1,31 до 1,66, что делает их размываемыми и легко-переносимыми водными потоками.

Таблица 3.2

**Состав золы некоторых отвалов**

Название отвалов золы месторождений	Состав, %				
	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	CaO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub> : Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
Подмосковные	33-38	49-57,8	5	2-5	1,31

Волчанские	36-37	50	4,5	7	1,35
Ангренские	22	32	25	14	1,45
Экибайстуйские	29	61	3	4,5	–
Кузнецкие	30	50	8	6	1,66

Наряду с приведенными в таблице соединениями металлов с кислородом встречаются  $TiO_2$  (от 1,2 до 3%), а также радикалы в золе  $RO+R_2O$  (от 4 до 8%), что усиливает общий геохимический фон золоотвалов углей.

Представляет практический и теоретический интерес рассмотрение геохимической специализации углей как фактор развития техногенеза (табл. 3.3.).

Таблица 3.3

**Формулы геохимической специализации техногенных элементов углей и сланцев России**

Бассейны	Ассоциации и кларки элементов
Угли	
Подмосковный бассейн	2400 U 11 Zn 9 Ag 6 Pb 4 Ge 4 Se 3 Be 3 Nb 2 Ti 2 Zr 2 Sn 2 Mo [Ga]
Донецкий бассейн (юго-восточная часть)	361 Hg 1142 Re 588 As 200 Sb 115 B 111 Ge 40 U 24 W 15 Mo 10 Pb 8 Ge 7 Be 6 P 6 Ag 5 Zn 2 Ga 2 Bi 2 Cu 2 Sn [Se Y Yb La Zn Ti Co Ni V Cr Mn Nb Ba]
Печорский бассейн	27 Mo 21 As 6 Be 4 U 4 Zr 3 Zn 3 Th 3 La 2 P [Ga Ge]
Южно-Уральский бассейн	36 U 10 Cr 9 Ag 4 V 3 Cu
Орский бассейн (северная часть)	8 W 7 Ge 2 Ni 2 Mo
Кизеловский бассейн	7 Be 5 As 4 Zn 3 Ag 3 Se 2 Mo 2 Zr 2 Cu 2 Y 2 Ga
Егоршино-Каменский угольный бассейн	9 Ag 5 V 4 Cu 3 Ni 2 Be 2 Pb 2 Co
Буланат-Елкинский угольный бассейн	10 V 2 Mo 2 Cu
Челябинский бассейн	3400 U 13 W 12 As 10 Sn 7 Au 3 Mo 2 Be 2 V 2 Cr 2 Pb 2 Ti 2 Co 2 se 2 Ca [Cs]
Полтаво-Брединский угольный бассейн	7 Ge 2 Mo
Сосьвинско-Салехардский бассейн	138 Sb 43 As 27 B 11 Ag 6 Ge 6 W [Mo Sn La]
Кузнецкий бассейн	588 As 12 U 12 Au 10 Br 10 Sn 10 P 3 Ge 3 Mo 3 Ti 2 Ag 2 Se 2 Y
Тунгусский бассейн	21 Pb 10 Cr 2 Mo [Ti Zr Cr Cu Co Ni Sn Au]
Канско-Ачинский бассейн	280 U 10 Cr 3 Mo [Hg]

	быстрота, смены погоды, перепады атмосферного давления; 7 – шум
Болезни кожи и подкожной клетчатки	1 – загрязнение атмосферного воздуха химическими веществами в сочетании с природными факторами (осадки, туман, давление); 2 – уровень инсоляции; 3 – недостаток или избыток микроэлементов в окружающей среде
Злокачественные новообразования	1 – загрязнение воздуха канцерогенными веществами; 2 – загрязнение пищи и воды нитратами, нитритами, пестицидами и канцерогенными веществами; 3 – эндемичность местности по микроэлементам; 4 – ионизирующая радиация; 5 – состав и жесткость питьевой воды
Болезни мочеполовых органов	1 – недостаток или избыток микроэлементов; 2 – загрязнение атмосферного воздуха; 3 – состав и жесткость питьевой воды
Болезни эндокринной системы	1 – загрязнение атмосферного воздуха химическими веществами; 2 – уровень инсоляции; 3 – эндемичность территории по микроэлементам; 4 – шум; 5 – электромагнитные поля; 6 – жесткость питьевой воды
Психические расстройства	1 – загрязнение атмосферного воздуха химическими веществами; 2 – шум; 3 – электромагнитные поля; 4 – загрязнение среды ядохимикатами и др.
Патология беременности и врожденные аномалии	1 – загрязнение атмосферного воздуха химическими веществами; 2 – недостаток или избыток микроэлементов; 3 – электромагнитные поля; 4 – загрязнение окружающей среды ядохимикатами; 5 – шум

Почти во всех видах заболеваний присутствует фактор загрязнения атмосферного воздуха химическими веществами, а также загрязнение питьевой воды и пищи. Наиболее чувствительны к воздействию атмосферного загрязнения органы дыхания. Токсиканты

обязанностям. Остальные факторы тесно переплетаются и вызывают цепную реакцию в их проявлении.

По данным Российского статистического ежегодника, в России в 2000 г. было зарегистрировано 106,3 тыс. чел. с различными заболеваниями. **Оказалось, что на 1000 чел. приходится 735,7 больных.** Из многих болезней приоритетное положение занимают болезни органов дыхания – 319,5; отравления и травмы – 86,8; болезни нервной системы и органов чувств – 69,6; инфекционные заболевания – 44,6; болезни кожи и подкожной клетчатки – 44,3; болезни мочеполовой системы – 37,8; болезни органов пищеварения – 32,8; болезни системы кровообращения – 17,2 и другие. Как видно из данного перечня, на первом месте находятся болезни органов дыхания, которые напрямую связаны с состоянием окружающей среды и, в частности, с состоянием атмосферного воздуха.

В таблице, построенной по данным А.А. Исаева и Т.В. Беляковой [4,8] приведены факторы, оказывающие влияние на распространение некоторых классов и групп болезней (табл. 7.1).

Таблица 7.1

**Факторы окружающей среды, оказывающие влияние на распространённость некоторых классов и групп болезней**

Болезни	Факторы окружающей среды
Болезни органов дыхания	1 – загрязнение атмосферного воздуха химическими веществами (особенно оксидами углерода и серы) и пылью; 2 – погодные условия (влажность, ветер, смена погоды); 3 – загрязнение окружающей среды пестицидами; 4 – социальные условия (жилище, материальный уровень)
Болезни органов пищеварения	1 – загрязнение продуктов питания и воды ядохимикатами; 2 – эндемичность местности по микроэлементам; 3 – загрязнение атмосферного воздуха химическими веществами (особенно диоксидом серы); 4 – состав питьевой воды, ее жесткость и др.
Болезни системы кровообращения	1 – загрязнение атмосферного воздуха химическими веществами; 2 – электромагнитные поля; 3 – состав питьевой воды (хлориды, нитраты, жесткость); 4 – эндемичность территории по макроэлементам (Ca, Mg, Cu и др.); 5 – загрязнение продуктов питания пестицидами; 6 – климат (число дней с осадками,

Минусинский бассейн	118 As 4 U 3 Be 3 Ge 3 Ag 3 Zr [Mo P]
Иркутский бассейн	160 U 51 Ge 21 As 6 Sn 5 Ge 3 Mo 2 Be 2 Ti 2 Nb [Ag Hg Cu Au]
Ленский бассейн	14 Cr 2 Sr
Южно-Якутский бассейн	27 Mo 10 Cr 4 Ga 3 Sr 3 Sn 35 C [Be As]
Нижнезейский бассейн	43 W 4 U 3 Be 3 Ba 3 Mo 2 B 2 Y 2 V 2 Ga
Буринский бассейн	360 U 78 W 5 Sn 3 Be 3 Mo 2 B 2 Pb 2 Zn
Раздольненский бассейн	29 Ag 3 Hg 2 Ge 2 Zn 2 Pb 2 U 2 Mo 2 Ga 2 Se
Уголовский бассейн	257 Ge 42 Hg 7 B 4 U 2 Be 2 Ga 2 V [Pt]
Партизанский бассейн	9 Ag 8 B 3 Hg 2 Ge 2 Zn 2 Pb 2 U 2 Mo 2 Ga
Зырянский бассейн	100 Be 100 Mo 100 Ga 100 Se [Zn Ag]
Сахалинский бассейн	47 Pb Ba 43 Ge 30 Sn 21 Sr 17 Co 16 Ga 8 V 8 Se 5 Ni 4 As
Горючие сланцы	
Прибалтийский бассейн (восточная часть)	Кукерситы 1000 Re 160 Se 14 Ag 11 Mo 5 Hg 4 Pb 4 b 3 Zn 2 Sn Диктианемовые сланцы 350 Mo 160 Se 143 Re 111 Bi 75 As 52 U 24 Cd 13 Cu 12 V 11 Ti 10 Ag 10 Au 7 Pb 5 Sb 5 Hg 4 B 4 Co 3 Zn 2 F 2 Sn 2 Ni 2 Nb
Волжский бассейн	200 Se 150 Mo 22 Ag 12 Ge 10 Bi 8 B 3 Pb 2 V 2 Ti 2 Hg
Сысольский бассейн	104 Mo 69 Cd 25 As 7 V 7 Zn 4 Ag 3 Cu 3 Ni 3 Co 3 P 2 Cr 2 Ba
Олененский бассейн	1000 Se 631 Mo 115 Cd 33 Bi 26 Sb 24 Ni 18 As 18 V 12 Br 10 Ag 8 Zn 7 La 6 Ge 5 Sr 5 Pb 4 B 4 Sn 3 Cu 3 Au 2 Pb 2 Cr [U Re]
Синско-Майский бассейн	1000 Se 121 Bi 103 Cd 90 Mo 65 V 14 Ni 14 Ag 6 B 5 Sn 5 Co 4 Pb 3 Cr 3 Ga 2 Ba 2 Cu [U Re]

Примечание: 1) В квадратных скобках указаны элементы, установленные в повышенных концентрациях ( $K_c > 2$ ), не имеющих точных значений. 2) Источник «Недра России», 2001, с сокращениями

**Источники химических элементов гидросферы**

Различают источники подземной и поверхностной гидросферы: подземные воды, моря, океаны, реки и пр. В гидросфере содержится  $2,17 \cdot 10^{24}$  г воды, в том числе: в океане –  $1,73 \cdot 10^{24}$  г, в ледниках, морях и реках –  $0,44 \cdot 10^{24}$  г.

**Подводные гидротермальные источники химических элементов**

О широком распространении гидротермальных источников в Мировом океане писали О.К. Леонтьев, Ю.А. Богданов и многие другие

исследователи. Важен общий подход авторов к этим источникам как к природному инструменту обмена химических элементов между современной океанической корой и водой. Экспериментально и фактически показана миграция химических элементов через источники, например, таких, как Ca, Mg, Si, Fe, Mg, B и многих других (Курносое, 1988). Количественный расчет элементов, выносимых гидротермальными источниками только по Мировому океану, показал значительные их величины, измеряемые от единиц до сотен млн. т ежегодно. По оценке Т. Волери и др. [14]. количество только марганца, поставляемое гидротермальными источниками океанов, составляет около 5 млн т/год. Почти такие же величины Mn авторы отводят подводным излияниям и гальпиролизу их продуктов. По наблюдениям Ю.А. Богданова, в Срединно-Атлантическом хребте по зоне рифтов гидротермы поставляют, в расчете на Мировой океан более 10 млн. т Mn в год [2]. Ежегодный привнос гидротермами химических элементов обеспечивается химизмом корового материала: Fe, Zn, Cu, Ni, Si, Al, Ti, Mn. Причем значительная часть (до 70%) минерального вещества, выщелачиваемого гидротермами из коровых базальтов, выкристаллизовывается по стенкам трещин. К примеру, Fe в течение года выносится до 13,6 млн. т, а 33 млн. т выполняют гидротермальные (литогенные) жилы. Некоторые исследователи приоритет в привносе химических элементов в Мировой океан отдают гидротермальным источникам, нежели терригенной поставке осадочного материала с континентов. Так, А.П. Лисицын считает, что в воды Тихого океана от эндогенных источников поступает около 83% рудных компонентов [11].

«Черные и белые курильщики» – придонные источники химических элементов. Встречаются они в центральной части срединно-океанических хребтов. Морфологически «черные курильщики» представляют столбообразные вулканогенные структуры высотой до 500-600 м. Обычно они выражены группами. Они постоянно извергают клубы черной дымообразной массы, состоящей из газов и жидких высокоминерализованных мантийных растворов меди, цинка и других сульфидов (рис 3.1).

Поступая в океан твердые (литогенные) стоки с континентов вступают в химические реакции обмена с солеными водами, образуют гидрогенные потоки и



Рис. 3.1. Черные курильщики (по Ю. Богданову)

## Мышьяк (Al)

Дж. Мур [13] обобщил сведения о вреде мышьяка, на здоровье человека и млекопитающих. Он показал, что арсениты и арсенаты по-разному влияют на человека, но избыток обоих обеспечивает симптомы хронической интоксикации – ухудшение координации движения, нервные расстройства, затрудненное дыхание, нарушение функции почек и дыхательных путей. Есть случаи о провоцировании рака кожи из-за большого количества As до 1182 мг/л в питьевой воде в Таиланде [22]. У рабочих, имеющих контакт с арсенатами свинца и кальция наблюдались явления смерти от рака легких. Были предложены нормы содержания As в воздухе цехов (менее 10 мкг/м<sup>3</sup>) по выплавке цветных металлов [13] по данным (Barroms, Jsiniski).

## Хром (Cr)

Известно, что Cr<sup>6+</sup> более токсичен, чем Cr<sup>3+</sup> из-за большой опасности прохождения его по пищеварительной системе. К тому же установлено, что в процессе контакта на производстве с хроматами возникают раковые заболевания [29].

## 7.2. Факторы состояния окружающей среды и здоровье человека

По данным Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), здоровье человека на 18-40% зависит от состояния окружающей среды, на 15-22% – от генетического фактора, на 50-52% – от экономической обеспеченности, на 20-50% – от образа жизни и на 7-12% – от деятельности служб здравоохранения и уровня медицинского обслуживания. Все перечисленные факторы взаимосвязанные и взаимообусловлены. Пожалуй, только фактор деятельности служб здравоохранения носит социальную направленность и определяется квалификацией медицинских работников, и отношением к своим

### Кобальт (Co)

Кобальт очень распространенный элемент и встречается почти всегда в растениях и животных организмах. Его избыток так же как и недостаток влияют на самочувствие и здоровье растений и животных по причине биологически активной формы элемента. По пищевой цепи Co поставляется в организм человека. Недостаток или избыток кобальта определяется его содержанием в компонентах природы. Его недостаток в растениях сказывается на содержании в крови животных и человека – появляется малокровие. Экологи пришли к выводу, о том, что целые зоны России: нечерноземная и таежно-лесная характеризуются недостаточным содержанием кобальта, что является причиной развития малокровия у людей. Кобальт в организме людей способствует поступлению азотных веществ, увеличивает содержание хлорофилла и аскорбиновой кислоты, повышает содержание белкового азота, активизирует биосинтез в растениях. В то же время известно, что повышенное содержание кобальта в организме опасно для человека.

### Никель (Ni)

Известно, что Ni абсорбированный, механическими микрочастицами, чаще всего поступает в организм человека в процессе дыхания загрязненного воздуха. Обычно это происходит в промышленных городах с металлургическим производством цветных металлов. Есть данные, что в процессе производства рафинированного никеля возникают раковые заболевания полостей носа и горла, а также, и легких [7,12].

### Цинк (Zn)

Из литературных источников следует, что Zn жизненно важный элемент, он токсичен при повышенных концентрациях. Он принимает участие в биохимических процессах, например, в таких как синтез нуклеиновых кислот и полипептидов. Недостаток цинка в организме приводит к подавлению ферментной активности и иммунной реакции.

выпадают в осадок в виде донных гидрогелей, корок и конкреций. Основные массопотоки рудных элементов с континентов, формирующие химический режим океанов, представляют эндогенные, речные и эоловые источники, охарактеризованные Н.М. Страховым (1976), А.П. Лисицыным (1974), А. Ритманом (1966) и В.И. Влодавцем (1966) (табл. 3.4).

Таблица 3.4

**Количество рудного вещества, поставляемого в океаны различными естественными источниками, млн. т/год**

Компоненты	Природные источники				Всего	В том числе по океанам		
	Космос	Эндогенные процессы	Речной сток	Эоловый источник		Тихий	Индийский	Атлантический
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	17,0	346,0	200,0	59,0	622	442	118	62
MnO	–	15,3	8,5	0,80	24,6	18,6	4,1	1,9
Ni	0,47	0,52	0,76	0,03	1,81	1,09	0,45	0,27
Cu	–	0,55	1,48	0,07	2,10	1,15	0,65	0,30
Co	0,04	0,21	0,43	0,02	0,70	1,40	0,21	0,09

Анализ данной таблицы позволяет сделать выводы о приоритете эндогенных источников веществ в океане, затем следуют речной и эоловый потоки.

Наиболее представительными источниками химических элементов эндогенной природы являются рифтовые зоны срединно-океанических хребтов, протяженность которых на Земле превышает 60 тыс. км. Через рифтовые зоны на поверхность поступает около  $0,18 \cdot 10^{18}$  г/год минерализованной воды и через систему островных дуг до  $4 \cdot 10^{15}$  г/год. При этом, подземный массоперенос воды составляет  $2,2 \cdot 10^{18}$  г/год, масса химических элементов в подземных потоках (по расчетам В.П. Зверева, 1999) только в странах СНГ – около  $5,1 \cdot 10^{14}$  г/год. Очевидно, для всей подземной гидросферы она будет измеряться в пределах  $25-30 \cdot 10^{14}$  г/год [9].

К экзогенным агентам химических элементов относятся: речной сток, морской ветер, пыльные бури (эоловый фактор), сели, аэрозоли, дожди, лесные пожары, растительность (в том числе пыльца) и др. Так, общий речной сток в Мировой океан только твердого материала составляет ежегодно 18,3 млрд. т. [11]. Сносимый реками химический материал отражает химический состав пород водосборного бассейна, элементы, которого формируют поток по преобладающему химическому

компоненту. Так, реки выносят значительную массу определенных химических элементов в тыс. т/год: Cd – до 3,1, Ni – до 1,3, Hg – до 2,6, As до 27 [8].

Морской ветер в период штормов, бурь и пр. сносит вместе с брызгами на берег в тыс. т/год: Cu – 0,08; Pb – 0,02; Ni – 0,04; Zn – 0,01. На суше с аэрозолями выпадает, например, Pb до 100 тыс. т/год, а Hg с дождями на суше – до  $30 \cdot 10^2$  т/год. Аналогичная картина наблюдается и по другим химическим элементам [6].

В результате лесных пожаров в атмосферу поступает в тыс. т/год: Cu – от 0,3 до 35, Pb – от 0,5 до 67, Ni – более 0,6, Zn – от 2,1 до 250. С пылью, переносимой ветром осаждаются в тыс. т/год: Ca – 2,2; Cu – до 12,0; Pb – до 16,0; Ni – до 20; Zn – 25.

Важным источником поступления химических элементов в атмосферу считается растительность [6]. Она «поставляет» ежегодно в атмосферу металла от  $1,2 \cdot 10^9$  до  $1,4 \cdot 10^9$  т, из которых в тыс. т на Cu приходится 2,5; Pb – 1,6; Ni – 1,6; Zn – 9,4 и др., а также CO<sub>2</sub> до  $5 \cdot 10^9$  т. С пылью растений в тропосферу поднимается до 80 млн. т минеральных веществ. Исследования ряда ученых показали, что химические элементы разных оболочек Земли: атмосфера, гидросфера, литосфера, находятся в тесных взаимоотношениях в результате внутренних и внешних геологических процессов.

Техногенные вещества техносферы формируют вторичные биохимические поля в почвах [7]. Исследования показали, что почвы на каждом месторождении полезных ископаемых, на которых осуществляется их добыча формируются вторичные биохимические поля, отвечающие местам складирования отвалов, хвостов, шламов и прочих материалов, связанных с добычей переработкой полезного ископаемого [10].

В качестве примера, свидетельствующего о влиянии техносферы на почвы растения, окружающую среду рассмотрим Средний Урал (региональный уровень). Весь Средний Урал с его многочисленными и разнообразными месторождениями, городами, предприятиями, техногенными массивами и отходами производства представляет единый (региональный) источник техногенных веществ [5] (рис. 3.2 и 3.3).

попадает в желудок человека из развитого общества, без изменения содержания. М.Н.В. Прасад[12] приводит данные о содержании ртути в черном окуне, выловленном из 53 озер во Флориде (США), варьировавшем от 0,04 до 1,53мкг/г сырой массы (с.753). На этом основании в большинстве штатов США экологи не рекомендуют беременным женщинам употреблять в пищу озёрную рыбу.

### Кадмий (Cd)

Кадмий используется для изготовления краски по металлу, для производства стержней в медных реакторах, а также он нашел применение при производстве никель-кадмиевых батарей. Отсюда сам процесс обращения с кадмием и отходами его производства является источником загрязнений компонентов природы и, в первую очередь, человека. Известно, что Cd накапливается в печени, почках и легких. Люди испытывают рвоту и диарею. Определено, что от избытка кадмия происходит повышение кровяного давления. Известны случаи отравления кадмием. Например, сброс отходов производства, содержащего в себе кадмий (север Японии, р. Зинтцзу) привел эту реку к загрязнению кадмием. Воду этой реки население использовало для полива рисовых полей. Рис с этих полей шел в пищу, а так как он был заражен в процессе полива, то и жители все отравились. Отравление сказалось на костном скелете, кости становились хрупкими и даже ломались. Кадмий легко входил в костную ткань и замещал там кальций. Это основная причина хрупкости костей. Эта болезнь получила название итай-итай [24].

Лемен Р.А. с соавторами исследовали влияние кадмия на здоровье рабочих аккумуляторного цеха [26]. По их данным получено, что рабочие проработавшие более 2-х лет приобретали злокачественные опухоли дыхательных путей, около 10% от числа работников цеха умерли.

М. Н. В. Прасад с соавторами обобщил сведения о содержаниях Cd в сельхозпродуктах развитых стран, а так же у морских обитателей, употребляемых людьми в пищу (у некоторых моллюсков до 100 мкг/г сырой массы). Они пришли к выводу о том, что основная масса техногенного Cd поставляется в пищу человека с сельхозпродуктами растительного происхождения (до 70%). Многочисленные опыты по поступлению Cd в организм и влияние его на здоровье и самочувствие человека определили суточную дозу приблизительно 24 мкг в день и не должно превышать 56 мкг в день [12].

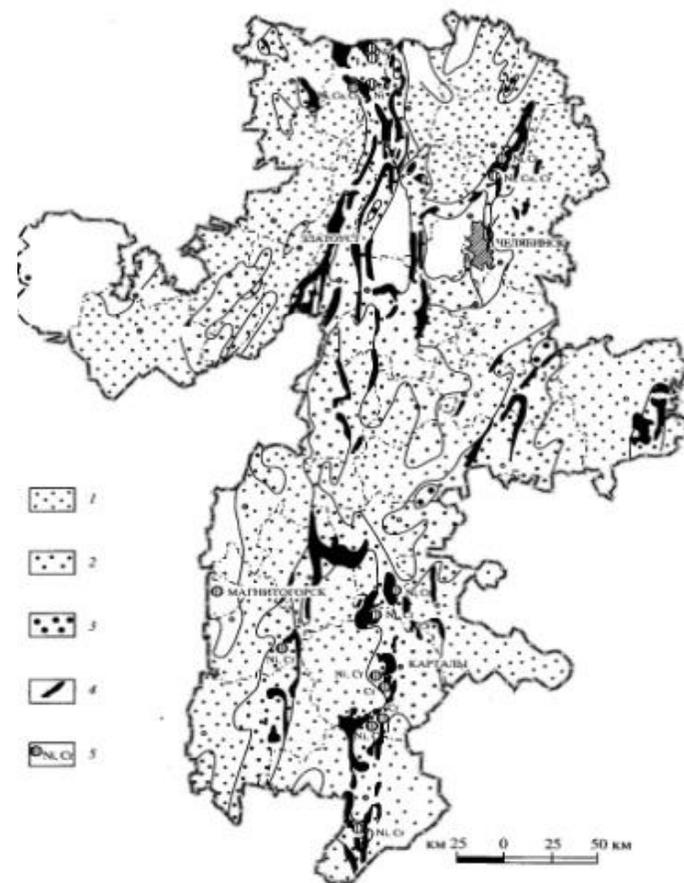
## Ртуть (Hg)

Большую опасность представляет ртуть при сжигании мусора в крупных городах. Жители городов при контакте с зольной пылью от труб страдают головной болью, тошнотой и головокружением. Зола от труб мусоросжигающих установок оседает на землю, загрязняет почвы и поверхностные воды. В водоемах ртуть хорошо усваивается организмами и накапливается в донных осадках.

Попав в организм человека через пищу, воду или воздух ртуть приносит ему вред. Американские экологи, изучившие влияние загрязненных ртутью океанских рыб в пищевой цепи человека, пришли к выводу, что нельзя увлекаться едой таких рыб как тунец и меч-рыба. А рыбу из Великих озер они вообще не рекомендуют употреблять в пищу т.к. в ней много ртути, попавшей из-за сбросов в озеро промышленных стоков. Получили широкую известность загрязнения ртутью акватории японского моря (1950) в результате сброса её промышленными предприятиями. Ртуть через пищевую цепь рыба- человек попала в организм людей. В печати сообщалось об отравлении более 100 человек, из которых 44 погибли. Этот случай был описан, как болезнь минамата [13]. Харада [28] исследовал патологию новорожденных от женщин, проживающих в районе залива Минамата (Япония) и объяснил это наличием симптомов центрального паралича, вызванного присутствием в крови женщин избытка металла ртути.

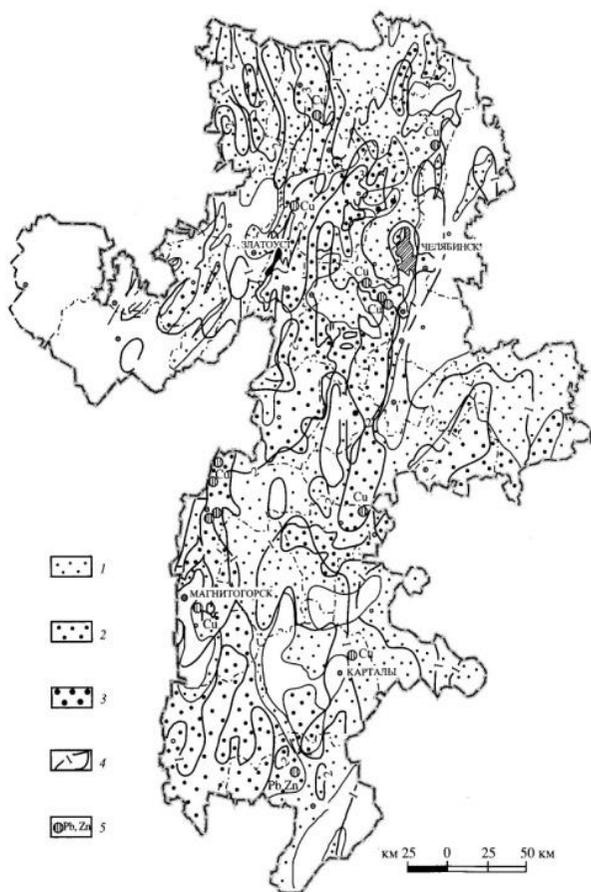
Другой почти аналогичный пример произошел в Ираке (1972 год), но не рыбой, а пшеницей. Авторы публикации пишут, что пшеница была обработана метилртутным фунгицидом, а потребителей пшеницы об этом не предупредили. В результате от употребления хлеба, приготовленного из этой пшеницы, около 500 человек погибли [12].

Представляет практический интерес влияние Hg на организм человека, посредством состояния ртуть-содержащей окружающей среды, с пищей. Известно, что более всего на человека оказывает влияние метилртуть –MeHg. Она легко усваивается организмами в водной среде и попадает в пищевую цепь человека. Опираясь на обобщения М.Н.В. Прасада с соавторами проследим влияние метилртути на человека из развитого общества. Так, для человека из развитого общества основными являются рыбопродукты океанические и речные. Они выявили морепродукт, содержащий метилртуть в промежутке от  $HO-0,3$  ppm-полосатая зубатка (нижний предел), до  $4,54$  ppm (верхний предел) - акула. Отсюда можно сделать два вывода. Первый вывод-все морепродукты содержат метилртуть и второй вывод-метилртуть-по пищевой цепи



**Рис.3.2. Природное загрязнение почво-грунтов Челябинской области никелем, кобальтом, хромом [5]**

1-3 – площади регионального или часто встречающегося локального загрязнения (в мг/кг) почво-грунтов никелем (1 – более 200, 2 – более 500, 3 – более 1500); кобальтом (1 – более 30, 2 – более 70, 3 – более 150), хромом (1 – более 200, 2 – более 500, 3 – более 1500); (здесь и на рис. 2 окружены в аномальном поле преобладающие элементы); 4 – основные массивы ультраосновных пород с очень высоким содержанием в почво-грунтах никеля, кобальта и хрома. Содержания валовые по данным спектральных анализов; 5 – основные месторождения руд никеля, кобальта и хрома.



**Рис.3.3. Природное загрязнение почво-грунтов Челябинской области медью, цинком, свинцом и мышьяком [5]**

1-3 – площади регионального или часто встречающегося локального загрязнения (в мг/кг) почво-грунтов медью (1 – более 200, 2 – более 500, 3 – более 1500); цинком (1 – более 100, 2 – более 300, 3 – более 1000), свинцом (1 – более 70, 2 – более 200, 3 – более 500); 4 – изолинии, разграничивающие территории с разным региональным или часто встречающимся локальным загрязнением (в мг/кг) почво-грунтов мышьяком (1-50, 2-100, 3 – 200); 5 основные месторождения руд меди, цинка, свинца

человека с позиции геоэкологии и техногенеза окружающей среды. С этих позиций следовало бы рассмотреть почти 30 элементов, характеризующихся высокой плотностью. И это при том, что под плотностью нет единого мнения. В металлургии к тяжелым относят металлы с плотностью более 8 г/см<sup>3</sup>. В геологии высокой плотностью характеризуются минералы, имеющие плотность свыше 4 г/см<sup>3</sup>. Остановимся на элементах, характеризующихся повсюдностью, т.е. они встречаются обычно везде: в почвах, в выходах коренных пород на поверхность (минералы), в гидрогеосистемах и даже в атмосферном воздухе, а также в промышленных изделиях (приборы и механизмы, машины и др.).

### Свинец (Pb)

Свинец с выхлопами автомобилей попадает в окружающую среду, оседает вдоль автодорог, а зачастую переносится ветром, водой и загрязняет зеленые насаждения, а через воздух, фрукты, овощи и мясо, внедряется в пищевую цепь животного и человека. Обратимся к анализу иностранной литературы, проведенного М.Н.В. Прасадом [12]. Он показал, что в продуктах питания содержание Pb изменяется от 0,003 до 0,65 мкг/г, но несмотря на такие не большие показатели поедание продуктов, содержащих Pb приводит к накоплению его в организме. Нарушаются основы общения (особенно у детей). Возникают проблемы со зрением, слухом, нервами, дыханием. Ученные установили, что уровень содержания Pb в крови не должен превышать 60 мкг/дм<sup>3</sup>, иначе происходит разрушение клетки. Исследователи продолжают изучать влияние Pb на здоровье человека. Эта проблема ждёт своего решения. К настоящему времени установлено, что избыток свинца попадает в организм двумя путями. Первый это поступление свинца в легкие в процессе дыхания. Второй путь это попадание свинца с пищей, в которой содержится избыток свинца. Избыток свинца в организме человека вызывает негативные осложнения здоровья. Происходит накопление его в костях, в печени и в почках, из которых он почти не выводится. Свинец может накапливаться в мозгу и в костях, вызвать метаболизм гемоглобина, анемию, нарушить центральную нервную систему. В настоящее время медики умеют определять количество свинца в крови. Опасным считается избыток свинца свыше 10 мкг/л. В этом случае наступает свинцовое отравление. Известны примеры свинцового отравления при использовании свинцовых белил для покраски стен в жилых домах и в производственных помещениях. Особенно сильно от свинцового заражения страдают дети, у них снижается уровень умственного развития, пропадает интерес к учебе.

## Глава 7 Загрязнение окружающей среды тяжелыми металлами и здоровье человека

### 7.1. Микроэлементы в пищевой цепи

... Нарушение баланса микроэлементов в организме приводит к болезням...

Больше всего поставляют в окружающую среду техногенных загрязнений отрасли горнодобывающие, комбинаты, ТЭЦ, металлургические заводы, предприятия по изготовлению приборов, машин и оборудования, использующие в производстве минеральное сырье и готовые изделия. Все перечисленные источники поступления тяжелых металлов сказываются на людях, имеющих с ними непосредственный контакт. Пути поступления тяжелых металлов в организм человека чрезвычайно разнообразны. Но более всего на организм человека оказывают влияние микроэлементы, поступающие по пищевой цепи, в городах и особенно крупных. Следует подчеркнуть, что за последние два десятилетия это влияние техногенных веществ в городах увеличилось настолько, насколько человечество переселилось из деревень в города. По приближенным подсчетам (ООН) в настоящее время около 75% всего населения планеты проживает в городах и поселках городского типа. Города и, особенно крупные, выступают ведущими источниками загрязнения компонентов природы и, в том числе, и людей посредством пищевых цепей с продуктами питания. Общество «привыкло» к зависимости от загрязнения через пищу, что даже перестало контролировать этот процесс, за редким исключением, при случае отравления пищей, в которой было микроэлементов больше нормы. Можно было бы перечислить наиболее часто называемые исследователями «опасные» микроэлементы: Ag, Cd, Rb, Hg, но поскольку к опасным относят не столько сами элементы, сколько их количество, поступающее в условиях переноса через цепи питания в организм человека. Дело в том, что избыток в организме человека металла, поступившего туда с пищей делает его весьма вредным для человека. Впрочем, таким же опасным для человека является недостаток микроэлементов в организме. Это явление давно изучено и предложены методы и способы обеспечения потребного количества микроэлементов в пище человека. Представляет практический и научный интерес определение влияния микроэлементов на организм

Урал впечатляет выходами на поверхность рудных полезных ископаемых и промышленным потенциалом городов. Поэтому здесь объяснимы техногенные аномалии на почве. Обратимся к региону, где нет выходов на поверхность рудных месторождений и нет крупного промышленного потенциала подобного Уралу, а геохимические аномалии в почве присутствуют [10]. Источником элементов для почв являются геохимические аномалии в глинах или в почвах. Они носят точечный характер и площадной (рис. 3.4).

Условные обозначения:

Площадные аномалии:

- 1 – меди
- 2 – свинца
- 3 – кобальта
- 4 – никеля
- 5 – марганца
- 6 – хрома
- 7 – цинка
- 8 – ртути



Рис. 3.4. Картограмма площадных аномалий тяжёлых металлов в почвах Владимирского региона [10]

Эти аномалии тяжёлых металлов сформировались в регионе в донных отложениях и в почвах, и сами являются источником загрязнения окружающей среды химическими элементами. Природа большинства площадных и точечных аномалий химических элементов проблематична, т.к. не исключается и их природный, и техногенный их источник. По всей Владимирской области распространены точечные и площадные аномалии, связь которых с загрязнением почв тяжёлыми металлами предстоит ещё изучить.

### 3.2. Антропогенные источники техногенеза

Виды антропогенных источников химических элементов и объемы их поступления в окружающую среду приведены в табл. 3.5. [10].

Таблица 3.5

## Антропогенные источники техногенных веществ

Вид источника техногенеза	Объемы выбросов техногенных веществ в окружающую среду
Электроэнергетика	Ежегодно объём выбросов в атмосферу составляет более 6 млн. т, из которых на диоксиды серы приходится 42%, пыль – 31%, оксиды азота – 23,5%. В отрасли имеется 257 мест хранения радиоактивных отходов, на которых складировано 300 млн. т твёрдых отходов и более 405 млн. м <sup>3</sup> жидких с суммарной активностью более 1000 млн. Ки.
Металлургия (черная)	Выброса в атмосферу следующих компонентов: оксид углерода (67,5%), твёрдые вещества (15,5%), диоксид серы (10,8%), оксид азота (5,4%).
Металлургия (цветная)	Выбрасывается в атмосферу около 3000 тыс. т вредных веществ: диоксиды серы (75% от суммарного выброса), оксида углерода (10,5%) и пыли (10,4%).
Нефтедобывающая промышленность	В среднем за год в процессе добычи углеводородов в атмосферу выбрасывается до 1650 тыс. т жидких и газообразных веществ. По составу это углеводороды (48% суммарных выбросов в атмосферу), оксид углерода (33%), твёрдые вещества (20%).
Газовая промышленность	Выброс в атмосферу оксидов углерода (28,1% от суммарного выброса), углеводородов (25,1%), оксидов азота (7,1%), диоксидов серы (5,3%). В сточные воды попадает ежегодно более 5 млн. м <sup>3</sup> загрязнённых вод.
Нефтеперерабатывающая промышленность	Загрязнение атмосферы выбросами углеводородов (73% суммарного выброса), диоксидами серы (18%), оксидами углерода (7%), оксидами азота (2%).
Химическая и нефтехимическая промышленность	В составе жидких и газообразных выбросов различают: оксид углерода – 32,6%, летучие органические соединения – 24,4%, диоксид серы – 19,3%, оксид азота – 8,8%, углеводороды – 4,8%.

9. Карлович И.А., Федоров С.Г. Металлы в окружающей среде: Владимирский регион. Монография. Владимир: ВГПУ. 2009г. – 420 с.
10. Касимов Н.С. Эколого-геохимическая оценка городов/ Н.С. Касимов и др.//Моск. ун-та. Сер «География». 1990, №3. С.3-12.
11. Перельман А.И., Касимов Н.С. Геохимия ландшафта. – М.; 1999. – 763 с.
12. Попов В.В. Минеральные ресурсы и экономика России на рубеже XX-XXI столетий: Проблемы и пути их решения. - М.: ОИФЗ РАН. 2000. – 47 с.
13. Саг Ю.А., Смирнова Р.С. Геохимические принципы выявления зон воздействия промышленных выбросов в городских агломерациях// Вопросы географии. М.: Мысль, 1983. С.120.
14. Ферсман А.Е. Избранные труды. Т.5.- М.: Изд-во АН СССР 1959.-858с.
15. Bowen Н.У.М. Environmental Chemistry of the Elements.-N.Y. Asad Aress, 1979.

2. Как отличаются города по количеству населения?
3. Приведите примеры городов с малой антропогенной нагрузкой.
4. Какими элементами будут загрязнены городские почвы при функционировании в городе металлургического комбината по выплавке цветных металлов?
5. Дайте определение: среднее содержание элемента в почвах городов, кларк почв населенных пунктов и кларк почв Земли.
6. Назовите отечественного геохимика, определившего фоновое содержание элементов в почвах СССР?
7. Приведите примеры городов и назовите химические элементы, которые будут характеризовать виды промышленного производства в этих городах.
8. Назовите причину избытка Ni, Cr, Hg в почвах туристических центров и в рекреационных зонах?

#### Контрольные задания:

1. Перечислите тяжелые металлы, As и Sb, и обоснуйте отнесение их к поллютантам.
2. Определите города с наиболее загрязненными почвами тяжелыми металлами.

#### Литература:

1. Алексеенко А.В. Химические элементы в городских почвах: монография/ В.А. Алексеенко, А.В. Алексеенко- М.:Логос, 2014. 312с
2. Алексеенко В.А., Лаверов Н.П. Распространенность химических элементов в почвах населенных пунктов: мат. докл. VI Съезд об-ва почвоведов. - Петрозаводск; М.: 2012.
3. Беус А.А., Грабовская Л.И., Тихонова Н.В. Геохимия окружающей среды. – М.: Недра, 1976
4. Виноградов А.П. Геохимия редких и рассеянных химических элементов в почвах. – М.: Изд-во АН СССР, 1957.
5. Иванов В.В. Экология и геохимия элементов. – М.: Экология, 1994-1997. Т. 1-6.
6. Кабата-Пендиас А., Пендиас Х. Микроэлементы в почвах и растениях. М.: Мир. 1989. - 439 с.
7. Карлович И.А. Экология минеральных ресурсов. – Владимир: ВГПУ.2004.- 214с.
8. Карлович И.А. Геоэкология: Учебник для вузов. 2-е.изд. – М.: Академический проект, 2013. 512с.

Угольная промышленность	В атмосферу выбрасываются следующие вещества: пыль – 28,2%, оксиды углерода – 16,4%, диоксид серы – 14,5%, оксиды азота – 3,9%, сероводород – 0,05%, фториды – 0,01% и др.
Вооруженные силы	Около 12,8 млн. км <sup>2</sup> . С 1965 г. по 1999 г. в мире произведено 2040 взрывов, из которых подземные составили 1525 и наземные – 515.
Оборонная промышленность	Из периодической печати известно, что на объектах МО ежегодно образуется более 10 млн. т бытовых и около 900 тыс. т производственных отходов, из которых до 90% складывается на свалках.
Лесная, деревообрабатывающая и целлюлозно-бумажная промышленность	Твёрдые вещества (29, 8% от суммарного выброса), оксид углерода (28,7%), диоксид серы (26,7%), оксид азота (7,9%), толуол (1%), сероводород (0,9%), ацетон (0,5%), ксилол (0,45%), бутил (0,4%), этил ацетат (0,4%) и др.
Микробиологическая промышленность	Около 68 тыс. т, состоящих из следующих соединений: взвешенные вещества (35,5% от суммарного выброса), диоксида серы (30%), оксид углерода (21%), метиловый спирт (10,5%), уксусная кислота (0,34%), аммиак (0,3%), ацетон (0,25%), серная кислота (0,09%), формальдегид (0,07%), оксид ванадия (0,05%), толуол (0,07%).
Машиностроение	По валовому объёму загрязнителей машиностроение составляет около 6% суммарных загрязнителей воздуха от всей промышленности России. Предприятия отрасли загрязняют атмосферу следующими компонентами: оксид углерода (36,9% от суммарного поступления в атмосферу), диоксида серы (22,1%), пыль (21,5%), оксид азота (8,4%), ксилол (1,8%), толуол (1,3%), ацетон (0,7%), бензин (0,5%), бутилацетат (0,35%), аммиак (0,2%), серная кислота (0,07%), марганец (0,02%), хром (0,01%), свинец (0,01%) и др.
Промышленность строительных	После работ по отбору сырья образуется более 50 тыс. га/год площадей нарушенных земель, в

материалов	том числе около половины составляют отработанные земли.
Пищевая промышленность	Сброс загрязнённых вод в бассейны достигает 46 млн. м <sup>3</sup> /год. Большое количество в отрасли составляют отходы производства (до 22% – растительного сырья, до 38% – в крахмалопоточной отрасли).
Легкая промышленность	В составе загрязнителей атмосферного воздуха преобладают диоксид серы (31% от суммарного выброса), оксид углерода (29,4%), твёрдые вещества (21,8%) и оксиды азота (8,9%).
Транспорт	На долю автомобильного транспорта приходится до 95% техногенного загрязнения окружающей среды. Причём, 79% техногенов – это оксид углерода, 15% – углеводороды и 6% – окислы азота (Вартанян, 2001),
Жилищно-коммунальное хозяйство	Суммарный выброс в атмосферу в среднем за год ЖКХ составляет 630 тыс. т. загрязняющих веществ в окружающую среду, из которых большая часть (437 тыс. т) – это жидкие и газообразные, а 192 тыс. т – твёрдые вещества.
Сельское хозяйство	По данным статотчётности, к концу 1998г. в РФ к эрозионным землям относили 54 млн. га сельскохозяйственных угодий, из которых 33 млн. га приходилось на пашни. На долю сельского хозяйства приходится около 25% всей потребляемой чистой воды.

### Контрольные вопросы:

1. В чем заключается отличие природных источников химических веществ от антропогенных?
2. Что такое космогенные источники химических элементов?
3. Дайте определение литогенных источников химических элементов.
4. Что такое мантийные источники химических элементов?
5. Какие химические элементы содержат в себе черные глинистые сланцы?
6. Как отличаются угольные отвалы по содержанию химических элементов?
7. Перечислите источники химических элементов гидросферы.
8. Назовите виды антропогенных источников химических элементов.

Zn в почвах населённых пунктов объясняется влиянием техногенного цинка. Так, в публикациях отмечается фосфоритовый рудник в США ( $111 \cdot 10^{-3}\%$ ); почвы близ полиметаллической фабрики ( $335 \cdot 10^{-3}\%$ ); Усть-Каменогорск ( $88,7 \cdot 10^{-3}\%$ ); г. Кёльн ( $100 \cdot 10^{-3}\%$ ) [2,4]. Среднее содержание Zn в почвах городов с населением свыше 700 тыс. человек оказалось -  $20,11 \cdot 10^{-3}\%$ , что выше кларка Zn для почв населённых пунктов ( $15,80 \cdot 10^{-3}\%$ ) и кларка почв Земли, определённого А.П. Виноградовым ( $5,00 \cdot 10^{-3}\%$ ). Аналогичное положение с содержанием Zn сохраняется в почвах рекреационных ресурсов и туристических центров -  $19,99 \cdot 10^{-3}\%$ . Во всех остальных определениях содержание Zn в почвах городов меньше, чем кларк Zn для почв населённых пунктов (от  $11,58$  до  $9,77 \cdot 10^{-3}\%$ ), но превышает кларк Zn для почв Земли. Это можно объяснить техногенным воздействием Zn на почвы населённых пунктов.

Геохимики А.В. Алексеевко, В.В. Иванов и др. определили, что Zn в почвах Русской платформы содержится от  $1,6$  до  $6,3 \cdot 10^{-3}\%$ , а на Кубе содержание Zn в почвах достигает  $71 \cdot 10^{-3}\%$  [1,2,5]. Обычное содержание Zn в почвах крупных городов достигает -  $20 \cdot 10^{-3}\%$  [1,4,6,11].

Отличие содержаний Zn в городских почвах от кларковых содержаний его в почвах Земли  $5 \cdot 10^{-3}\%$ , позволяет предположить техногенную природу Zn в современных условиях. Наиболее часто крупные (промышленные) города содержат Zn в почвах в разных величинах от  $5$  до  $25 \cdot 10^{-3}\%$  [1,5,11,13,15].

### Вывод

Краткий анализ содержаний тяжелых металлов, алюминия и мышьяка (поллютант) в городских почвах крупных городов, в почвах малых населенных пунктах и рекреационных зон показал на слабую связь загрязнений почв поллютантами с количеством населения в городах и поселках. Выявлена прямая зависимость повышенных содержанием поллютантов в почвах от природных, техногенных и антропогенных источников. Каждый элемент характеризуется индивидуальным связям в почвах от антропогенного и техногенного воздействия, в ряде случаев и от количества населения, проживающих в городах и населенных пунктах.

### Контрольные вопросы:

1. Какие химические элементы обычно встречаются в городских почвах?

## Титан (Ti)

Это активный элемент периодической таблицы. Среднее его содержание в почвах населенных пунктов –  $476 \cdot 10^{-3}\%$ . Кларк Ti в почвах Земли –  $460 \cdot 10^{-3}\%$  несколько меньше кларка Ti в почвах населенных пунктов, что может свидетельствовать о техногенной природе Ti в городских почвах (табл.6.1). Самым высоким содержанием Ti в почвах характеризуются города с населением свыше 700 тыс. чел. (города-миллионеры), а также почвы рекреационных зон и туристических центров. Повышенное значение содержания Ti в почвах этих городов и туристических центров, можно объяснить обилием инструментов, используемых в производстве и быту, которые по мере износа попадают в почву и участвуют в создании аномальных зон содержания Ti в почвах [1,5,7].

## Цинк (Zn)

Как следует из таблицы 6.1 среднее значение содержания Zn в почвах населённых пунктов -  $15,8 \cdot 10^{-3}\%$ . В середине 20 века А.П. Виноградов выделил среднее содержание Zn в городских почвах, и оно было ниже чем содержание Zn в городских почвах, определённые в начале 21 века (В.А. Алексенко, и другими геохимиками). И это логично, т.к. за 50 лет прошедших после определения содержания Zn в почвах А.П. Виноградовым техногенного Zn в почвах ежегодно поступало свыше 43,5 тыс. т. и это только от антропогенных источников [1,4,7,8]. Значительный вклад в загрязнение почв цинком вносят месторождения полиметаллические (134 месторождений по России), которые на дневной поверхности обуславливают аномальные количества Zn в почвах, а добыча металла и обогащение его дополнительно загрязняют почвы в окрестностях этих месторождений обогатительных фабрик техногенным цинком. Анализ опубликованных данных показывает, что в местах где нет избыточного антропогенного влияния Zn на компоненты природы, содержание металла в почвах городов значительно меньше принятого кларка Zn почв для населённых пунктов. Например, для ряда городов Белоруссии и Томской области по Ю.Е. Саету содержание Zn колеблется от 1,5 до 4,9 и реже  $7,7 \cdot 10^{-3}\%$  [1,13]. Аномально высокое содержание

9. Каким химическим элементам загрязняет окружающую среду транспорт?

10. Как загрязняют окружающую среду предприятия металлургии?

### Контрольные задания:

1. Составьте карто-схему природных источников химических элементов на суше.

2. Дайте сравнительную характеристику природных и антропогенных источников химических элементов – поллютантов.

### Литература:

1. Беус А.А., Грабовская Л.И., Тихонова Н.В. Геохимия окружающей среды.-М.: Недра, 1975.-270с.
2. Богданов Ю.А. Гидротермальные рудопроявления рифтов Срединно-Атлантического хребта. – М.: Научный мир, 1997.-167с.
3. Виноградов Геохимия редких и рассеянных химических элементов в почвах. М.: АН.СССР, 1957.
4. Влодавцев. Вулканы Земли. – М.: 1973. – 310с.
5. Грибовский Г.П., Грибовский Ю.Г., Плохих Н.А. Биохимические провинции Урала и проблемы техногенеза/Техногенез и биохимическая эволюция таксонов биосферы. – М.: Наука. 2003. С. 174-188
6. Добровольский В.В. Основы биогеохимии. – М.: Высшая школа, 1998. – 413с.
7. Ермаков В.В. Биохимические районирование континентов// Биогеохимические основы экологического нормирования. – М.: Наука, 1993. С. 5-24.
8. Дж. Мур., Рамамурти В. Тяжелые металлы в природных водах. – М.: Мир. – 288с.
9. Зверев В.П. Массопотоки подземной гидросферы. – М.: Наука, 1999. – 97с.
10. Карлович И.А. Основы техногенеза. Кн. 2. Факторы загрязнения окружающей среды. – Владимир.ВГПУ. 2003.
11. Лисицын А.П. Процессы океанической седиментации: Литология, геохимия. – М.: Наука. 1978.
12. Леонтьев О.К. 1990. Морская геология. – М.: Высшая школа, 1990. – 340с.
13. Страхов Н.М. Основы теории литогенеза. – М.: АН.СССР. 1976. с. 304-316.
14. Wolery T.T., Sleep N. Hydrothermal circulation and geochemical flux at mid-ocean ridges// J.Jeol/ 1976. Vol. 84. №3, p. 249-275.

## Глава 4

## Миграция техногенных веществ

## 4.1. Виды миграции химических элементов

**Почвенная миграция.** Значительный интерес представляют выводы многих исследователей о миграции микроэлементов из подстилающих почвы материнских пород, а также от антропогенных источников [26]. По данным этого автора антропогенный перенос Cd в 15 раз превышает его поступление от материнских пород: Cu в 13 раз больше, Zn в 21 раз, а Pb в 100 раз больше.

Представляет практический интерес сведения о вертикальной миграции тяжелых металлов в почвах. Эти сведения разноречивы. Так, часть исследователей на опытных данных свидетельствует об отсутствии такой миграции. Другие авторы наоборот, считают, что тяжелые металлы мигрируют в вертикальном направлении. Например, в работе [16, с. 82] приводятся сведения о двух позициях на миграцию тяжелых металлов. По первой позиции, загрязненные металлами почвы с осадками сточных вод не проявляют миграционных способностей тяжелых металлов, которые накапливаются в пределах первых см от поверхности и исключительно редко в глубину более 15-40 см [25]. Другая группа исследователей приводит экспериментальные данные о значительной миграционной способности тяжелых металлов вглубь по профилю от 30 до 80 см и даже 150 см [24]. Более того, Слоан с соавторами утверждают, что миграционный процесс по времени продолжается довольно долго (– 16 и более лет Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn) [27].

Для оценки миграционной способности микроэлементов в почвах в латеральном направлении авторами [29] предложено уравнение конвекционной дисперсии, которое характеризует перемещение растворенных веществ во время переменного потока:

$$\frac{\partial M}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial z} \left[ (\theta D_s) \frac{\partial C}{\partial z} \right] - \partial \frac{(g_w C)}{\partial z} - S_m(z),$$

где M – валовая концентрация микроэлемента (мг/кг); t – время (с); z – глубина (м);  $\theta$  – объемное содержание воды ( $\text{м}^3/\text{м}^3$ ); C – локальная концентрация микроэлемента в

Среднее содержание Sb в почвах Земли низкое –  $0,1 \cdot 10^{-3}\%$  (табл.6.1). Этот элемент с полным основанием можно назвать индикатором содержания в почвах природного и техногенного металла. Обычно он определяется в почвах, близко расположенных к обогатительным фабрикам и непосредственно к местам добычи руды: Усть-Каменногорск ( $3,05 \cdot 10^{-3}\%$ ), г. Такели ( $5,25 \cdot 10^{-3}\%$ ). Ю.Е. Сает приводит данные о высоких содержаниях Sb около полиметаллической фабрики г. Такели ( $25 \cdot 10^{-3}\%$ ) [13]. Также высокие показатели содержания Sb характерны для почв около месторождения сурьмы Майхура в Таджикистане –  $20 \cdot 10^{-3}\%$  [7]. Не установлена причина избыточного содержания сурьмы в почвах гг. Новосибирск ( $28 \cdot 10^{-3}\%$ ) и Уяр ( $18 \cdot 10^{-3}\%$ ) [1,2,3].

## Олово (Sn)

Кларк Sn в почвах Земли по данным многих исследователей разный и меняется от  $0,4 \cdot 10^{-3}\%$  до  $1 \cdot 10^{-3}\%$  (табл.6.1). По данным В.В. Иванова [5] чаще всего кларк Sn почвах Земли определяется от 0,1 до  $1,1 \cdot 10^{-3}\%$ . Несмотря на разные мнения у исследователей к кларку Sn в почвах Земли, все эти значения можно использовать для оценки техногенного загрязнения почв оловом –  $1 \cdot 10^{-3}\%$ . Анализ содержания Sn в почвах городов с населением свыше 700 тыс. чел. свидетельствует о разном значении содержания металла и кларка Sn почв Земли (табл.6.1), то есть воздействие техногенного металла очевидно. А вот содержание Sn в почвах городов с населением менее 700 тыс. чел. и вплоть до почв рекреационных зон и туристических центров сохраняется на уровне кларка Sn почв населенных пунктов, но менее кларка почв Земли. Это также является свидетельством наличия техногенного олова в почвах.

Случаи повышенного содержания Sn в почвах крайне редки. По данным В.В.Иванова среднее содержание Sn в почвах ( $0,4-0,12 \cdot 10^{-3}\%$ ), что даже менее его кларкового содержания в почвах Земли ( $1 \cdot 10^{-3}\%$ ) [5].

характерны были для Англии (до  $2154 \cdot 10^{-3}\%$ ), а также в пригородах промышленных центров США (до  $650 \cdot 10^{-3}\%$ ), в городах с металлообработкой до  $1090 \cdot 10^{-3}\%$  США и до  $1524 \cdot 10^{-3}\%$  (Англия) [1,6].

Представляют практический интерес данные о распределении техногенного Pb внутри населенного пункта, полученные В.В.Ивановым (табл. 6.2).

Таблица 6.2

**Среднее содержание Pb ( $n \cdot 10^{-3}\%$ ) в почвах ландшафтов населенного пункта \***

Городской ландшафт	Pb
Фоновое содержание	2,6
Город в среднем	26,8
Центр города, испытывающий нагрузку различных пром. зон	24
Пром. зона механического завода	31
Жилая территория, примыкающая к механическому заводу	26
Пром. зона электротехнических предприятий	37
Поселок, примыкающий к пром. зоне электротехнических предприятий	27,4
Новый поселок, построенный на открытой площадке	10,8
Новый поселок, построенный в лесопарковой зоне	19,3

\*Таблица взята из монографии Алексеенко В.А.[1].

Исследователи (геохимики) отечественные и зарубежные отмечают повсеместно рост кларковой концентрации Pb в почвах в 2-4 раза, который пришелся на 20 век и начало 21 века –  $2,5-4,0 \cdot 10^{-3}\%$  [1,3,5,7,13]. Максимальное среднее содержание Pb в почвах крупных (промышленных) городах в России и за рубежом колеблется от  $6,6 \cdot 10^{-3}\%$  до  $26 \cdot 10^{-3}\%$ , что сильно превышает кларк Pb в почвах Земли ( $1 \cdot 10^{-3}\%$ ) [1,11].

почвенном растворе (мг/л);  $D_s$  – коэффициент диффузии растворенного вещества ( $m^2/c$ );  $g_w$  – поток почвенной воды (м/с);  $S_m(z)$  – поглощение или высвобождение растворенного вещества, корнями растения в зависимости от глубины. В этом уравнении присутствует  $M$  – валовая концентрация микроэлемента в ризосфере и в почве. То есть это есть не что иное как баланс между почвой и корневой системой, который описывается уравнением [16, с. 122-136].  $M = \theta C + \rho S$ , где  $M$  – валовая концентрация (мг/кг);  $\theta$  – объемное содержание воды ( $m^3/m^3$ );  $C$  – концентрация микроэлементов в почвенном растворе (мг/л);  $\rho$  – объемная плотность почвы ( $t/m^3$ );  $S$  – концентрация, связанная с матрицей почвы (мг/кг).

**Воздушная миграция.** Вопрос вовлечения техногенных веществ (ТВ) в атмосферу рассмотрен многими исследователями с позиции миграции их в тропосферу. Почти все исследователи приходят к общему выводу, что перенос ТВ осуществляется ветровым потоком и обычно в горизонтальном направлении, а вовлечение их в ветровой поток происходит за счет вихревых явлений. Эти явления довольно подробно рассмотрены в обобщающей работе авторов [3] для почвенных частичек и запыленного воздуха. В экологии механизмы подъема и переноса по воздуху радионуклидов и других ТВ, закономерности формирования их природных и антропогенных ореолов описаны в работе [11]. Важнейшим направлением исследования миграции ТВ является изучение механизмов переноса тонкодисперсных частиц на большое расстояние и выпадение их из воздуха на земную поверхность. Итак, в основе вовлечения тонкодисперсных частиц (ТВ) в ветровой поток лежат вихревые явления разных масштабов. Они формируют непрерывный спектр атмосферных образований от локальных (местных) завихрений, соизмеримых с размерами молекул до гигантских систем, получивших в метеорологии название циклонов и антициклонов регионального масштаба.

О дальности переноса дисперсных частиц могут свидетельствовать переносы частичек песка от средней части Сахары до Кубы через Атлантический океан [2, 3, 11, 13]. Наблюдения показали, что концентрация в воздухе над островами Зеленого мыса 4.04.1994 пыли, выносимой из Сахары, плавно возрастала от 24 мг/м<sup>3</sup> у поверхности до 1,1 мг/м<sup>3</sup> на высоте 460 м и столь же плавно убывала на 2,6 км. [3]. Если на такие расстояния (свыше 4 тыс. км.) переносится песок, то дисперсные частицы могут переноситься практически через весь земной шар и, очевидно, не один раз [7]. О мощности массопереноса свидетельствует

перенос воздушным потоком пепла после извержения вулкана Кракатау (1888 г.). По словам очевидцев, вулканическая пыль сохранялась в атмосфере в течение двух лет, пока не была вымыта из воздуха с дождями и мокрыми аэрозолями.

Наиболее важным остается положение о вовлечении дисперсной частицы загрязнений с помощью вихрей в тропосферу с поверхности Земли, а также ТВ, поступающих в воздух с выбросами от автомобилей и промышленных предприятий. Для первой группы загрязнений, находящихся на земной поверхности нужна подъемная сила. Для второй группы загрязнений такой силы не нужно, поскольку, она (частица) уже находится в движущемся ветровом потоке. Из этого потока она может выпасть на земную поверхность, продолжать некоторое время горизонтальные движения, а в случае наличия турбулентного явления в воздухе переместиться в верхние эшелоны тропосферы, а иногда и выше. Что касается дисперсной частицы загрязнения, находящейся на земной поверхности, то для ее отрыва нужна подъемная сила (вихревой поток) за счет разности скоростей потоков, обтекающих частицу сверху и снизу. Такой процесс нашел применение, и теоретическое обоснование при обтекании воздуха крыла самолета. Но это объяснение правомочно для частицы, находящейся в воздухе. Пожалуй, первый кто нашел объяснение попаданию частицы с земли в воздух был Н.Е. Жуковский [8]. Он объяснил захват частицы с земли и поступление ее в воздушный поток с помощью ветрового вихря. В последующем исследователи определили ветровые вихри с горизонтальной направленностью и вертикальной [13, 14, 15]. По данным многих экспериментов именно вихри с вертикальной осью являются механизмом вовлечения дисперсных частиц в воздушные потоки.

Отсюда вихревая подъемная сила  $F_{ж1}$  представлена в виде [8]:  $F_{ж1} = K_{**}\pi r_i^2 \rho_{в} U^2$ . Где  $K_{**}$  - коэффициент подъемной силы;  $r_i$  - радиус частицы;  $\rho_{в}$  - плотность воздуха;  $U$  - скорость потока за пределом пограничного слоя.

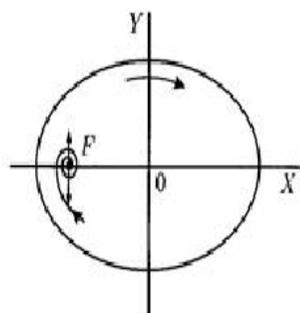


Рис. 4.1. Схема захвата частицы эллиптическим вихрем

## Свинец (Pb)

Свинец нашел широкое использование в промышленности. Происходит загрязнение компонентов природы техногенным свинцом за счет выпадения с аэрозолями [8]. Pb определен в почвах городов, деревень и даже в почвах рекреационных и туристических зон (табл.6.1). Известно, что кларк Pb в почвах Земли по данным А.П. Виноградова составляет –  $1 \cdot 10^{-3}\%$ , а кларк почв населенных пунктов –  $5, 45 \cdot 10^{-3}\%$  (табл.6.1). Такое положение показывает на превышение техногенного Pb более чем в 5 раз. По уточненным данным последних лет (2010г.) получены содержания Pb в почвах населенных пунктов –  $5,5 \cdot 10^{-3}\%$ , что подтверждает давление техногенного свинца на почвы [1,7]. Самое высокое содержание техногенного свинца в почвах населенных пунктов оказалась в городах миллионерах ( $6,6 \cdot 10^{-3}\%$ ) и далее по нисходящей по в зависимости от количества населения в городах (табл.6.1). В малых городах с населением менее 100 тыс. чел. содержание Pb было установлено –  $3,95 \cdot 10^{-3}\%$ , в почвах деревень и поселков –  $2,27 \cdot 10^{-3}\%$ . Очень высокое содержание Pb в почвах рекреационных и туристических зон –  $5,52 \cdot 10^{-3}\%$ , что можно объяснить двумя причинами: 1 – привнос техногенного Pb с ветровым потоком; 2 - попадание в почву приборов и изделий из свинца [8]. Аналогично высокое содержание Pb определено в почвах, расположенных близко от обогатительных фабрик, металлургических предприятий: г. Такели, Усть-Каменногорск, г. Такоб (Таджикистан) и др. [1,2,3,9,13].

На рубеже 21 века добыча свинца составляла свыше 2.5 млн. т. в год, что является существенным фактором поступления техногенного свинца в окружающую среду. Предпосылкой появления техногенного свинца служит его широкое использование в промышленности: в электронике в качестве сплавов и припоев, в электропромышленности, в военном деле и при изготовлении стекла. Особенно много техногенного свинца осаждалось вдоль автострад, связывающих между собой крупные промышленные города. По данным Н.И Игнатенко в пригородных автодорогах (придорожные ландшафты), ведущих к Минску, содержание Pb в почвах составило около  $7,16 \cdot 10,6 \cdot 10^{-3}\%$ . В самом городе  $2,67 \cdot 10^{-3}\%$ . Другое соотношение наблюдалось в пригородах и дорог, ведущих к Ростову-на-Дону –  $2,67 \cdot 10^{-3}\%$ , в самом городе всего  $1,4 \cdot 10^{-3}\%$ , что может свидетельствовать о интенсивной техногенной нагрузке транспорта при подъезде к городу [1,2]. По данным А. Кобаты-Пендиас и др. и В.В Иванова самые высокие значения Pb в придорожных ландшафтах

пунктов –  $0,24 \cdot 10^{-3}\%$  сопоставимо с его кларком в почвах Земли ( $0,2 \cdot 10^{-3}\%$ ). Среднее содержание Мо в почвах населенных пунктов с количеством населения свыше 300 тыс. почти одинаково (от 0,22 до  $0,23 \cdot 10^{-3}\%$ ). Близки к этим значениям показатели содержания Мо в почвах городов с населением менее 100 тыс. ( $0,26 \cdot 10^{-3}\%$ ), а также в почвах рекреационных центров. Несколько повышенное среднее значение Мо наблюдается в почвах населенных пунктов ( $0,36 \cdot 10^{-3}\%$ ) с количеством населения от 100 до 300 тыс., а также в деревнях ( $0,37 \cdot 10^{-3}\%$ ) и посёлках. Исследователи объясняют это двумя причинами: наличием близко расположенной обогатительной фабрики, а также активной деятельностью по ее выносу Мо из коренных обнажений [6,9,13]. Из литературных источников известно, что аномальные содержания Мо в почвах выделены в промышленных городах – Ереван ( $2,5 \cdot 10^{-3}\%$ ), г. Рубцовск на Алтае, а также две деревни в Томской области ( $1,1-1,6 \cdot 10^{-3}\%$ ), аномальные содержания которых требуют своего объяснения [2,4,8,9,13].

Для молибдена также установлены снижения содержаний его (меньше  $0,1 \cdot 10^{-3}\%$ ), курорт Инкерман, Крым, на о. Куба; в г. Воркута [1,2,4].

### Никель (Ni)

Выше было показано, что Ni важный металл, спрос на который постоянно растет. В 2020 году планируется произвести около 800 тыс.т. чистого никеля [6,11]. Вместе с ростом добычи Ni растет техногенное количество Ni от природных и антропогенных источников. Так, если в 1979 году от природных источников в окружающую среду поступило 26 тыс. т. никеля и 74 тыс. т. антропогенного Ni, то в 2020 году, по прогнозу, будет поставлено промышленностью и коммунальным хозяйством свыше 85 тыс. т. техногенного никеля [7]. Кларк Ni в почвах населенных пунктов ( $3,30 \cdot 10^{-3}\%$ ) меньше значения кларка Ni в почвах Земли ( $4 \cdot 10^{-3}\%$ ), что может свидетельствовать о некотором экологическом потенциале городских почв. В крупных городах (миллионерах) определено наличие техногенного Ni, превышающее кларковое значение его для почв населенных пунктов (табл. 6.1). Высокое значение Ni в почвах рекреационных пунктов можно объяснить загрязнением их никелем с бытовым или промышленным мусором.

Диапазон  $K^{**}$  сравнительно небольшой (0,03 – 0,18). Чем больше плотность частички, тем выше значение  $K^{**}$ . Наибольшей «летучестью» характеризуются частички угольной пыли ( $K^{**} = 0,03$ ). Так как ниже чем 0,03 -  $K^{**}$  не предложено, то эту величину можно принять и для всех дисперсных частиц (ТВ), поступивших в атмосферу.

По Н.Е. Жуковскому частица, оторванная вихрем от земной поверхности испытывает подъемную силу (коэффициент подъемной силы, равный  $K^{**}$ ) и силу сцепления ( $F_c$ ). Чтобы частица оторвалась от поверхности нужна некая результирующая величина силы ветра и выталкивающая сила Архимеда ( $Mg$ ), а также две неизвестные (подъемная сила и сила сцепления ( $F_c$ )). Следовательно, подъемная сила примет выражение:  $F_{жц} = Mf + F_c$ .

Для найденных величин (масса) дисперсных частиц, вовлекаемых в трансфертные переносы техногенных веществ значение  $K^{**}$  (для угольной пыли) вполне приемлемо, т.к. величины частиц с значительно большим весом (массой) будут вести себя в аэродинамических системах также как частицы почв и песка, для которых приведены расчеты Г.В. Добровольского  $K^{**} > 0,03$  [7]. Следовательно, уравнение Жуковского (1) вполне можно использовать не только для отрыва частицы от земной поверхности (почвы), но и в случае ее переноса по воздуху. Это важно т.к. в большинстве своем это техногенные грунты, техногенные массивы и искусственные геохимические аномалии на месторождениях полезных ископаемых. Ветровые вихри, прошедшие по названным скоплениям техногенных веществ могут поднять некоторое их количество в воздух на различную высоту и расстояние. Так как, к примеру, техногенные массивы обычно представляют крупные площади, а вихревые потоки это постоянно повторяющиеся метеорологические явления, то поступления техногенных веществ в тропосферу следует рассматривать как устоявшийся физический процесс. В качестве примера отрицательного воздействия ветра на техногенные скопления (поллютантов) приведем черные глины, депонировавшие радионуклиды в окрестностях г. Челябинска после аварии на комбинате Маяк (Челябинск – 57). Дело в том, что глины являются хорошим адсорбентом для радионуклидов [13]. Искусственные захоронения радионуклидов в глинах с течением времени оказались размытыми атмосферными осадками, попали в зону гипергенеза, были вовлечены ветровым вихрем в ветровой поток и создали источники вторичного радионуклидного загрязнения. Причем, такая картина может

происходить и в других местах с условиями депонирования атмосферных радионуклидов в глинистых отложениях (донные осадки рек, озер, болот), трансэлювиальные, трансаккумулятивные ландшафты с присутствием глинистых супесей и илоподобных накоплений. Возможно, такая картина депонирования радионуклидов Чернобыльского типа происходит в глинах Припятского района Беларуси, о радионуклидном загрязнении которых  $\text{Sr}^{90}$  и  $\text{Sc}^{137}$  сообщалось в печати в связи со временем их распада [15].

До тех пор пока донные отложения остаются донными, причин для беспокойства не может быть, но как только донные глинистые отложения или глины на природных ландшафтах с депонированными в них радионуклидами оказываются обезвоженными по разным причинам, они попадают в зону гипергенеза, где подвластны действию ветра, вихрей и становятся источником вторичных радионуклидов, представляемых опасностью для экологии, прилегающих территорий.

Итак, техногенные радионуклиды и другие техногенные вещества, в частности тяжелые металлы, «парившие в воздухе», переносятся и выпадают на землю.

Основной источник тяжелых металлов, загрязняющих почвы – выпадение из атмосферы за счет гравитационного, сухого и влажного механизмов осаждения [3]. Предприятия промышленности также поставляют в окружающую среду значительное количество тяжелых металлов. Механизмы этого воздействия может быть описан упрощенным уравнением турбулентной диффузии примеси [11]:

$$c_i = u \frac{\partial c}{\partial x} + v \frac{\partial c}{\partial y} + w \frac{\partial c}{\partial z} \left( K_x \frac{\partial c}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( K_y \frac{\partial c}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left( K_z \frac{\partial c}{\partial z} \right) + R_i + D_i + M_i,$$

где  $c_i$  – концентрация  $i$ -го компонента в данной точке пространства;  $u, v, w$  – составляющие скорости ветра в направлении осей  $x, y$  и  $z$  соответственно;  $K_x, K_y, K_z$ , – горизонтальная и вертикальная составляющие коэффициента турбулентного обмена;  $R_i$  – общая скорость изменения концентрации  $c_i$  за счет химических процессов;  $D_i$  – то же за счет физических процессов – сухого и влажного осаждения, т.е.  $R + D = S$ , характеризующее изменение концентрации атмосферной примеси в виде:

$$\frac{\partial c}{\partial t} = M - S - T,$$

## Магний (Mg)

Среднее содержание магния в почвах населенных пунктов определено  $790 \cdot 10^{-3}\%$ , что незначительно превышает кларковое содержание его в почвах Земли (табл.6.1). По опубликованным данным получено, что его высокое содержание в почвах характерны для ряда городов: Владимир, Пермь, Анапа, Геленджик [1,2,6,9,10]. Выделены города с низким содержанием магния в почве: Барановичи, Светлогорск [1,6]. Представляет интерес повышенное содержание металла в почвах рекреационных центров ( $1006 \cdot 10^{-3}\%$ ), превышающее значение Mg для почв населенных пунктов ( $630 \cdot 10^{-3}\%$ ). В то же время в почвах деревень и в небольших городах с населением в 100-300 тысяч человек превышение содержания Mg над его кларком в почвах Земли не установлено (табл.6.1).

## Марганец (Mn)

Получено, что среднее содержание Mn в городских почвах меньше его кларка в почвах Земли (табл.6.1). Для почв селитебных ландшафтов характерны содержания Mn высокие ( $500 \cdot 10^{-3}\%$ ). То же превышение сохраняется для почв курорта на черноморском побережье – Совет Квадже ( $300 \cdot 10^{-3}\%$ ). Не столь высокие содержания Mn в почвах курортных городов, но превышающие кларковые содержания почв Земли: Лазаревское, Шепси, Адлер и др. (от 140 до  $183 \cdot 10^{-3}\%$ ) подтверждают вывод В.А. Алексеенко о превышении содержания марганца в почвах рекреационных и туристических центров кларковых его величин в почвах Земли. Во всех определениях содержания Mn в городских почвах ниже кларковых их значений для почв Земли или близки к ним (табл.6.1). Изложенное позволяет сделать вывод о незначительном техногенном загрязнении почв марганцем.

## Молибден (Mo)

Анализ содержания Mo в почвах населенных пунктов свидетельствует о близости их к кларку почв Земли (табл.6.1). Как следует из данных этой таблицы, среднее содержание Mo в почвах населенных

## Ртуть (Hg)

Установлено, что среднее содержание Hg в почвах городов и населенных пунктов характерно в малых величинах -  $0,088 \cdot 10^{-3}\%$  [табл.6.1], но и эта небольшая величина сильно превышает ее кларковое значение для земной коры –  $0,008 \cdot 10^{-3}\%$  [11,14] и в 88 раз больше чем кларк Hg в почвах Земли, определенный А.П. Виноградовым [4]. Анализ публикаций показывает, что в почвах разных городов содержания Hg сильно отличаются. Например, в Амурске –  $0,15 \cdot 10^{-3}\%$ ; в Павлодаре –  $0,18 \cdot 10^{-3}\%$ ; в поселениях и станицах [1,2] всего -  $0,003 \cdot 10^{-3}\%$ . А вот в городе Темиртау и Усть-Каменогорске, ориентированных на добычу и производство цветных металлов, содержание Hg в почвах высокое -  $37,5 \cdot 10^{-3}\%$  и  $7,6 \cdot 10^{-3}\%$  [9,11]. По данным геохимиков А.Кабата-Пендиас и Х.Пендиас, содержание Hg в почвах обычно не столь большое, но значительное в ряде городов: в Великобритании в городских почвах –  $1,5 \cdot 10^{-3}\%$ ; в Канаде –  $0,11 \cdot 10^{-3}\%$ ; в Японии –  $0,24 \cdot 10^{-3}\%$  [3]. Такие значительные колебания содержаний Hg в почвах и отличие их от фоновых содержащий ( $0,06 - 0,12 \cdot 10^{-3}\%$ ) по данным В.В. Иванова и Bowen, 1979г. позволяют предположить техногенную природу избытка ртути в почвах [5,15]. Аномальные содержания в почвах городов и поселках объяснимы с позиций загрязнения ртути от разбитых градусников или близостью комбинатов по обогащению металла [6,7]. Некоторое количество Hg мигрирует в почвы при выделении вторичной ртути. Так, по данным американских исследователей Hg попадает в природу в процессе получения её из промышленных стоков и газов предприятий, использующих ртуть в производстве [15]. Только в России из-за несовершенных технологий получения вторичной Hg, более 200 тыс. т. поступает в окружающую среду вместе с отходами [7,13].

Кларк Hg в почвах Земли колеблется от 0,01 до  $0,02 \cdot 10^{-3}\%$ . В городских почвах содержание Hg изменяется в промежутках от  $0,1 \cdot 10^{-3}\%$  до  $1,5 \cdot 10^{-3}\%$ , а в промышленной зоне г. Темиртау в почвах определено Hg до  $37,5 \cdot 10^{-3}\%$ , что объясняется накоплением здесь техногенной ртути [1,4]. Учитывая положение, при котором кларк Hg в почвах Земли очень маленький ( $0,012 \cdot 10^{-3}\%$ ), то любое превышение этой величины можно объяснить только техногенным источником ртути или выходом на земную поверхность руд, содержащих в своем составе ртуть [7].

Где  $M$  – источник техногенеза,  $S$  – результаты процесса осаждения в количественном выражении,  $T$  – дальность переноса и рассеивания элементов в км.

Отсюда распространение тяжелых металлов от промышленных источников описывается на основании полуэмпирической теории турбулентности (Ровинский, Парамонов, 1964):

$$\frac{\partial c}{\partial t} - W_g \frac{\partial c}{\partial z} = K_x \frac{\partial^2 c}{\partial x^2} + K_y \frac{\partial c}{\partial y} + K_z \frac{\partial^2 c}{\partial z^2} + Q - D - W,$$

Где  $c$  – концентрация загрязняющей примеси;  $W_g$  – скорость ее гравитационного осаждения;  $Q$  – характеристика источников примесей;  $D$  и  $W$  – характеристики ее сухого и влажного осаждения соответственно. В.А. Исидоров [11] аппроксимировал уравнение турбулентной диффузии примесей и установил возможность упрощенного расчета материального баланса тяжелых металлов в атмосфере посредством неучета в расчетах общей скорости переноса металлов от источника техногенеза, т.к. в каждом конкретном случае скорость массопотока определяется географическими условиями и мощностью источника.

Так, в странах Западной Европы за 10 лет (1980-1990гг.) валовой поток различных металлов из атмосферы был следующим (мг/м<sup>2</sup>год): Pb – 2-50, Zn – 5-35, Cu – 1-25, Ni – 0,2-2, Cd, Cr - 0,1-1.

**Миграция техногенных веществ в составе циркулирующих воздушных масс.** Проходя над индустриальными государствами, воздушные массы подхватывают техногенные вещества, переносят их и в виде кислотных дождей и сухих аэрозолей и опрокидывают над территориями государств. Трансграничному переносу подвержены практически все государства (табл. 4.1).

Таблица 4.1

**Баланс трансграничного переноса свинца в 1991 г. для Европейской территории СССР\***

Страна	Перенос свинца в Россию, т	Перенос свинца из России, т	Баланс, т
Австрия	42	0	+42
Албания	1	0	+1

Бенилюкс	107	1	+106
Болгария	71	12	+59
Великобритания	178	6	+172
Венгрия	35	10	+25
Германия	320	15	+305
Греция	12	6	+6
Дания	37	0	+37
Ирландия	4	0	+4
Исландия	0	3	-3
Испания	12	0	+12
Италия	114	0	+114
Норвегия	38	3	+35
Польша	318	23	+295
Португалия	0	0	0
Прибалтика и страны СНГ (без России)	3274	1801	+1473
Румыния	96	40	+56
Словения	0	1	-1
Турция	53	84	-31
Финляндия	271	103	+168
Франция	129	4	+125
Чехословакия	87	7	+80
Швейцария	5	0	+5
Швеция	153	53	+100
Югославия	75	0	+75
Сумма	5432	2172	+3260

меховой промышленности [1,7,10,13]. Так, среднее содержание Cu в почвах крупных промышленных городов превышает кларк почв Земли почти в 2.8 раза. По публикациям известно, что среднее содержание Cu в крупных (промышленных) городах колеблется от  $4 \cdot 10^{-3}\%$  до  $7 \cdot 10^{-3}\%$ . Анализ номенклатуры промышленных предприятий крупных промышленных городов свидетельствует о преимущественном функционировании в них отраслей: автомобильная, оборонная, машиностроительная, металлургическая электронная, выступающими основными источниками техногенной меди. [5,12,15].

### Железо (Fe)

Это удивительный металл. По спросу обществом железо занимает высокое положение. Ежегодная добыча товарного Fe на рубеже 20 и 21 веков составляла около 1 млрд. т. По прогнозу исследователей такое положение с добычей Fe сохранится вплоть до 2020г. [7,12]. Учитывая, что срок жизни изделий из Fe сравнительно небольшой (15-17 лет), и без покраски изделия из железа под влиянием воздуха и воды в поверхностных условиях, оно должно перейти в окисное состояние, т.е. в лимонит и покрыть почвы плотным техногенным слоем железа. Но это не происходит, т.к. действует закон круговорота вещества и энергии, на основе которого элементы железа и всех чёрных металлов участвуют в этом круговороте во всех компонентах природы: в биосфере, литосфере, гидросфере и атмосфере. С этих позиций можно объяснить отсутствие связи между кларком Fe в населённых пунктах ( $2230 \cdot 10^{-3}\%$ ) и кларком Fe в почвах Земли ( $3800 \cdot 10^{-3}\%$ ) [табл.6.1]. Как следует из сравнения этих показателей, до загрязнения почв железом значительная дистанция, т.е. разница между кларком Fe в почвах Земли и кларком Fe в почвах населённых пунктов ( $3800-2230=1570 \cdot 10^{-3}\%$ ).

Аналогично не была выявлена связь между количеством населения в городах и загрязнением железом почв в этих городах. По данным геохимиков Ю.Е. Саета, А.И. Перельмана, В.А. Алексеенко и многих других исследователей, среднее значение содержания Fe в почвах различных городов (различающихся по плотности населения) обычно равномерное и находится в интервале от 1635 до  $2500 \cdot 10^{-3}\%$  [табл.6.1]. Редко отмечается содержание Fe в почвах менее 1,5% и более 3% [1,2,8,9]

Это положение подтверждается отсутствием Со в почвах рекреационных и туристических центров (табл.6.1) [12].

### Хром (Cr)

Известно, что кларковое содержание Cr в почвах населенных пунктов ( $8 \cdot 10^{-3}\%$ ) в 2,5 раза меньше кларка почв Земли ( $20 \cdot 10^{-3}\%$ ), установленных А.П. Виноградовым и В.А. Алексеенко [1,3]. Они же показали, что почти все породы отличаются по содержанию Cr. Например, меньше всего Cr в сланцах ( $9 \cdot 10^{-3}\%$ ) и больше всего в ультраосновных породах ( $160 \cdot 10^{-3}\%$ ). Такое аномальное содержание Cr в ультраосновных породах позволяет эти породы (руды) относить к источникам техногенного Cr (при выходе пород на поверхность), а также при разработке руд, содержащих Cr в своем составе [7,8,11].

Поведение Cr в городских почвах и содержание его в почвах городов не подчиняется стройной зависимости [1]. Например, в почвах курортов его много ( $8,81 \cdot 10^{-3}\%$ ). Так же много Cr в почвах крупных городов (миллионерах) ( $8,27 \cdot 10^{-3}\%$ ). Далее следует снижение содержаний Cr в почвах средних и полумиллионных городов ( $5,5-4,22 \cdot 10^{-3}\%$ ) и даже в деревнях ( $5,28 \cdot 10^{-3}\%$ ). Из этой связи выпадают малые города ( $8,15 \cdot 10^{-3}\%$ ), очевидно, по причине попадания медицинских (хромированных) инструментов на местные свалки, которые могут влиять на повышенные содержания Cr в почвах малых городов [2,7].

### Медь (Cu)

В обстановке с повышенным содержанием Fe, Mn, Al, по данным А.П Виноградова кларк Cu в почвах Земли варьирует в незначительных величинах от 2 до  $2,4 \cdot 10^{-3}\%$ . Следовательно, превышение содержаний Cu в почвах может быть вызвано техногенными процессами. Доказано, что в промышленных городах и, особенно, в крупных, техногенную Cu поставляют в окружающую среду предприятия металлургии, электротехнической направленности, отрасли текстильной, кожевенной и

\* Источник: Промышленность и окружающая среда, 2002

Перемещаясь над поверхностью Земли, воздушные потоки переносят техногенные вещества (химические элементы) разного происхождения: природного и техногенного, определяясь количеством влаги и характером промышленных источников техногенеза, находящихся на пути следования воздушных потоков.

Исходя из этих данных, можно сделать вывод – основным источником загрязнения почв и водоемов является осаждение тяжелых металлов из атмосферного воздуха. Значительную транспортировочную роль в переносе техногенных веществ выполняют *дефляционные ветры*, которые широко распространены на территории Северной Евразии.

Измельченная почва (поверхностный слой с преобладающим размером частиц 0,25 мм) и техногенные вещества, выпавшие из атмосферы могут свободно подхватываться и переноситься слабыми дефляционными ветрами при скорости свыше 9 м/с (от 5 до 15 м/с по Ларионову, 1993), при условии, что почва сухая. При сухих ветрах и почвах осуществляется значительный перенос и переотложение (дефляционный геологический процесс) почв. Вовлечение мелкой фракции почв в тропосферные ветры и перенос механических частиц происходит на тысячи км. Так, ветры разных румбов приносят во Владимирский регион различные загрязнения (таб. 4.2).

Таблица 4.2

**Главные элементы атмосферных выпадений, принесенных с воздушными потоками (2007 г.)**

Преобладающее направление воздушных масс	Количество выпавших элементов т/км <sup>2</sup>	Главные элементы в составе выпадений
Северное	0,52	Ni, Cu, Co, Cd, Fe, Mn, V Pb, Zn, Sr, Al, S, CH <sub>4</sub>
Западное	3,03	
Южное	0,95	Fe, Mn, Mg, Si, Ti, V, CH <sub>4</sub>
Восточное	1,35	Fe, Mn, Zn, Si, P, Al, CH <sub>4</sub>

В рассматриваемом нами примере дефляционный потенциал ветра на примере Евразии выступает в качестве одного из механизмов миграции сухих механических частиц почв и техногенных веществ в атмосфере. В сухое время года дефляционный потенциал ветра имеет значение практически для всех регионов России, особенно для тех территорий, где осуществляется антропогенное вмешательство человека в почвы: сельхозработы, рытье каналов, траншей, карьеров. Практически каждый из регионов РФ осуществляет добычу строительных материалов (карьеры) в количествах свыше 300 объектов в субъектах РФ [12].

Наряду с техногенными частичками, почвенным частичкам, в атмосферном воздухе содержится и метеорная пыль (космического происхождения). Космические частицы отличаются от земных пылинок тем, что влетают в атмосферу с огромными скоростями – порядка 10-7 км/с. За счет торможения атмосферой скорость космических частиц быстро убывает. Так, например, частица радиусом 1мк теряет свою скорость в интервале высот 130-95 км.

Оценка пространственной плотности метеорного вещества в атмосфере и выпавшего на поверхность Земли за сутки приведена в табл. 4.3 [20].

Таблица 4.3

**Плотность и количество метеорного вещества, выпадающего из воздуха на земную поверхность**

Плотность метеоритного вещества		Автор, дата
в атмосфере, г/см <sup>3</sup>	на поверхности Земли т/сутки	
<i>Фотометрические методы</i>		
6·10 <sup>-33</sup>	20	Фесенков, 1946
4·10 <sup>-23</sup>	12	Ален, 1947
3·10 <sup>-21</sup>	1000	Ван де Холст, 1947
2·10 <sup>-22</sup>	100	Зиндентопф, 1953
2·10 <sup>-23</sup>	8	Эльзессер, 1954
6·10 <sup>-22</sup>	200	Минаарт, 1955
<i>Оценка по графам</i>		
5·10 <sup>-23</sup>	1500	Де Ягер, 1955
2·10 <sup>-23</sup>	6000	Томсон, 1952
1·10 <sup>-20</sup>	4000	Петерсон и Рочи,

Этот элемент встречается в почвах практически во всех городах с промышленным производством. Особенно много содержится Cd в почвах около рудников и обогащательных фабрик, извлекающих его из свинцово-цинковых, медно-цинковых и колчеданных руд. Самые большие загрязнения почв кадмием отмечаются при радио-химическом производстве (до 40·10<sup>-3</sup> %), при сжигании городского мусора (до 17·10<sup>-3</sup> %). И как следствие, значительное содержание Cd в городских почвах, особенно в крупных городах (до 22 раза, превышающих кларк почв Земли), а также у обочин автомобильных дорог [1,2,3].

Часто в почвах встречаются аномальные проявления Cd, связанные, предположительно с явлением адсорбции металла на оксидах Fe, Mn, глинистых частицах, органическом веществе [1]. Высокое (аномальное) значение Cd, выявленное в почвах г. Алма-Ата объясняется профилем промышленного производства (в советское время, в основном военного). Подтверждением этих данных могут свидетельствовать результаты анализа почв на Cd по г. Челябинску. Максимальное содержание Cd в этом крупном промышленном городе до 15,8 раза превышает кларк почв Земли. Отмеченные результаты среднего и максимального содержания Cd подтверждают его техногенную природу [1,3].

**Кобальт (Co)**

Анализ среднего содержания Co в городских почвах показал связь содержания элемента с количеством жителей в этих городах (табл.6.1). Выяснено, что чем больше населения в городах, тем выше средние значения металла в почвах (от 1,579·10<sup>-3</sup>% - в городах-миллионерах, до 1,267·10<sup>-3</sup>% - в городах со средним и малым количеством населения (300-100 тыс.чел.). Во всех определениях сохраняется превышение содержания Co в почвах городов по отношению к кларку почв Земли, что может свидетельствовать об антропогенном источнике Co. Более того, резкое (аномальное) содержание Co в почва малых городов (с населением менее 100тыс.) и поселках от 1,465·10<sup>-3</sup>% до 1,069·10<sup>-3</sup>% объяснимо лишь с позиции промышленной ориентации этих городов и поселков (по мнению Ю.Е. Саета), связанных с добычей и обогащением полиметаллических руд.

воды. Большое количество As попадает в окружающую среду при добыче и обогащении руд цветных металлов, а также в процессе его транспортировки и при металлургическом переделе [7,12,13]. По данным определений А.В. Алексеенко, А.П. Виноградова, Х.Боузена и др. Среднее содержание As в почвах Земли колеблется от  $0,6 \cdot 10^{-3}$  % до  $1 \cdot 10^{-3}$  % [6,11,13,15]. Самое высокое содержание As отмечено для черноземов России -  $1 \cdot 10^{-3}$ %, при среднем содержании  $0,56 \cdot 10^{-3}$ % [1,2].

Отечественные и зарубежные геохимики выявили, что почти все крупные города (с населением более 1 млн человек) характеризуются повышенным содержанием As в почвах, превышающим кларк почв Земли в 49 раз ( $2,46 \cdot 10^{-3}$ %) при его кларковом значении ( $0,05 \cdot 10^{-3}$ %) [1]. Такие аномальные величины содержания As свидетельствуют о техногенной природе загрязнений почв этим поллютантом.

### Кадмий (Cd)

Среднее содержание Cd в почвах населенных пунктов равно  $0,09 \cdot 10^{-3}$ %, что в два раза превышает кларк почв Земли и, что по мнению В.А. Алексеенко, является определяющим в антропогенном источнике тяжелого металла (табл.6.1). Данные аномальных содержаний Cd в почвах ряда городов: Алма-Ата ( $4,6 \cdot 10^{-3}$ %), Усть-Каменогорск ( $0,86 \cdot 10^{-3}$ %), Павлодар ( $1,37 \cdot 10^{-3}$ %), Балхаш ( $1,12 \cdot 10^{-3}$ %), Ридер ( $1,08 \cdot 10^{-3}$ %), а также пос. Айдахо (США) - у фосфоритного рудника, г. Уяр на Среднем Урале – медеплавильный завод свидетельствуют, что источником техногенного Cd выступают промышленные предприятия в этих городах и поселках. Также прослеживается связь средних содержаний Cd в почвах с количеством жителей: в крупных городах ( $0,29 \cdot 10^{-3}$ %), а в поселках всего ( $0,007 - 0,017 \cdot 10^{-3}$ %). Следовательно, правомочен вывод о связи содержаний Cd с характером промышленного производства и с количеством населения в городах. То есть в малых городах и поселках при отсутствии промышленных предприятий нет источников техногенного Cd, и соответственно, в почвах нет высокого содержания Cd и близких к кларку почв Земли (табл.6.1). В рекреационных и туристических центрах Cd в почвах не был установлен, что подтверждает отсутствие здесь техногенного источника.

		1950
<i>Наблюдения метеоритов</i>		
$5 \cdot 10^{-23}$	15	Левин, 1956
$2 \cdot 10^{-23}$	5	Ватсон, 1942
$2 \cdot 10^{-20}$	5000	Уиппл, 1952

В последнее время при помощи искусственных спутников Земли получены данные о количестве метеорного вещества, выпадающего на поверхность Земли. По этим данным за сутки выпадает метеорного вещества от 24 до 4000 *t* (максимально -5000*t*). Подсчитано, что почти 99% всего количества выпадающих частиц имеют размеры от 0,3 до 1 *мк* [20].

Удельное содержание космической пыли (*K*) на данной высоте определяется по формуле

$$K = \frac{n}{N} = \frac{nv}{D} \quad (1)$$

где *n* – число молекул в единице объема; *N* – число пылинок данного размера в том же объеме; *D* – поток частиц; *v* – скорость частиц.

Поток частиц *D* есть величина постоянная для всех слоев атмосферы, где нет перемешивания (до высоты порядка 100 *км*). Скорость частиц до высот 200-150 *км* почти не изменяется вследствие малой плотности атмосферы. С высотой от 150 *км* до 100-95 *км* скорость убывает по закону:

$$v = v_0 e^{-\lambda H} \quad (2)$$

где *v*<sub>0</sub> – начальная скорость (в среднем  $3 \cdot 10^6$  *см/с*);

$\lambda$  – коэффициент торможения;

*H*<sup>2</sup> – высота однородной атмосферы;

*P* = *f*(*H*) – площадь атмосферы;

*S* – площадь поперечного сечения частицы (масса частицы принята равной  $6,3 \cdot 10^{-13}$ г,  $S = 3,8 \cdot 10^{-9}$  *см*<sup>2</sup>).

Для принятых значений получено

$$v = 3 \cdot 10^6 \exp(-6 \cdot 10^3 \rho H) \quad (3)$$

Движение метеорных частиц с высоты 100-95 *км*, потерявших свои космические скорости, происходит по закону свободного падения (формула Стокса-Милликена).

В табл. 4.4 даны скорости падения метеорной пыли радиусом 0,3–0,4мк [20].

Таблица 4.4

**Скорость падения метеоритной пыли в тропосфере [20]**

H, км	$\rho, \text{г/см}^3$	$H^2 \cdot 10^5 \text{см}$	$n, \text{см}^3$	$v, \text{см/сек}$	$nv$
300	$3,4 \cdot 10^{-14}$	42	$1,1 \cdot 10^{-9}$	$3,00 \cdot 10^6$	$3,3 \cdot 10^{15}$
200	$6,1 \cdot 10^{-13}$	25	$1,7 \cdot 10^{-10}$	$2,97 \cdot 10^6$	$5,0 \cdot 10^{16}$
150	$4,0 \cdot 10^{-13}$	16	$1,1 \cdot 10^{-11}$	$2,88 \cdot 10^6$	$3,2 \cdot 10^{17}$
120	$3,7 \cdot 10^{-11}$	10	$1,1 \cdot 10^{-12}$	$2,40 \cdot 10^6$	$2,6 \cdot 10^{18}$
100	$5,5 \cdot 10^{-10}$	7	$1,5 \cdot 10^{-13}$	$3,00 \cdot 10^5$	$4,5 \cdot 10^{18}$
95	$1,0 \cdot 10^{-9}$	7	$2,7 \cdot 10^{-13}$	$3,00 \cdot 10^4$	$8,0 \cdot 10^{17}$
90	$4,0 \cdot 10^{-9}$	6	$8,6 \cdot 10^{-13}$	$3,84 \cdot 10^2$	$3,3 \cdot 10^{16}$
80	$2,5 \cdot 10^{-8}$	6	$5,7 \cdot 10^{-14}$	$5,80 \cdot 10^1$	$3,3 \cdot 10^{16}$

Таким образом, изложенный материал позволяет сделать вывод о сложном механизме вовлечения техногенных частиц, частиц почвы и космической пыли вихревыми потоками, которые переносят их по горизонтали и отлагают на поверхности Земли.

## 4.2. Биогенный фактор миграции химических элементов

В данном разделе речь идёт лишь о малой части биогенного фактора, ибо он многообразен, начиная с антропогенной деятельности общества и заканчивая техногенной её составляющей по транспортировке сырья и химических элементов с помощью машин, самолётов, кораблей, газопроводов, нефтепроводов, опоясавших целые континенты. Итак, это только часть биогенного фактора. Он показывает роль перелетных птиц в миграции химических элементов, которые ежегодно перелетают в места своего летнего гнездования. Количество колоний значительно, в каждой колонии насчитывается от 100 тыс. до 1 млн. птиц. К самым изученным местам гнездования относятся побережья вдоль Камчатки, Алеутские острова, а так же берега в Охотском и Беринговом морях. В данном случае продукты метаболизма в прибрежной зоне перечисленных островов приобретают важное значение в качестве материала для функционирования биогеоценозов. А.Н. Иванов и И.А. Авессаламова [10] приходят к выводу о существовании здесь самостоятельных орнитогенных

Таблица 6.1.

**Распространение и распределение некоторых химических элементов в почвах населенных пунктов и с равнение их с почвами Земли (содержание всех элементов в  $10^{-3}$  % массы) \***

Элемент	Номер элемента	Кларк		Среднее содержание в почвах					
		почв населенных пунктов	почв Земли	городов с населением, тыс. чел.				Малые поселки и деревни	Рекреационно-туристических центров
				более 700 (города миллионеры)	300-700 (полу-миллионеры)	100-300 (местные города)	менее 100 (малые города)		
As	33	1.59	0.5	2.46	1.00	2.09	50	0.52	2.15
CO	27	-	0.8	1.579	1.436	1.267	1.465	1.069	-
Cd	48	0.09	0.05	0.29	0.08	0.05	0.14	0.02	-
Cr	24	8.00	20.00	8.27	5.50	4.22	8.15	5.28	8.81
Cu	29	3.90	2.00	5.21	3.01	2.81	2.82	3.47	5.69
Fe	26	2230	3800	1960	2011	-	2657	-	2490
Hg	80	0.088	0.001	-	-	-	-	-	-
Mg	12	790	630	670	1010	-	911	-	1006
Mn	25	72.87	85.00	87.05	71.52	54.66	45.75	67.49	112.46
Mo	42	0.24	0.20	0.23	0.22	0.36	0.26	0.37	0.20
Ni	28	3.30	4.00	3.54	2.80	2.37	1.84	2.84	3.98
Pb	82	5.45	1.00	6.62	4.56	4.34	3.95	2.27	5.52
Sb	51	0.10	-	-	-	-	-	-	-
Sn	50	0.68	1.10	1.00	0.64	0.90	0.74	0.62	0.65
Ti	22	475.79	460	497.58	437.82	427.63	448.91	558.32	479.44
Zn	30	15.80	500	20.11	11.58	9.95	9.24	9.77	19.99

\*Таблица составлена по данным источников [1,2,3,4,8,9,10,12]

Мышьяк нашел применение в сплавах цветных металлов, в сельском хозяйстве для борьбы с вредителями, в электронике, но в большей части его используют в качестве военных отравляющих веществ. Кстати, известно, что химических отравляющих зарядов накоплено очень много, происходит их утилизация и, как следствие, загрязнение мышьяком почв и

менее важны в загрязнении почв природные источники. В основном это выходы на дневную поверхность горных пород разного возраста и состава, а так же рудных образований - минералы и полезные ископаемые – разнообразные химические элементы.

Воспользуемся опубликованными данными для характеристики техногенной нагрузки металлов (тяжелых) в регионах и городах (А.И. Перельман, Ю.Е. Саэт, В.А. Алексеенко, И.А. Карлович и др.)

## **6.2. Характеристика современных содержаний тяжелых металлов в почвах городов и населенных пунктов**

### **Мышьяк (As)**

Среднее его содержание в почвах населенных пунктов, составляет 1, 59·10<sup>-3</sup>% [1]. Это содержание значительно превышает кларк в почвах Земли (0,5·10<sup>-3</sup>%) (табл. 6.1).

Повышенным содержанием As в почвах характеризуются промышленные города и поселки, в которых или рядом происходит добыча и обогащение цветных и полиметаллических руд. Так, Ю.Е. Саэт приводит сведения по городам Такели и Усть-Каменогорску (Казахстан), рядом с которыми происходит добыча, переработка и обогащение таких руд. Здесь в почвах определено As до 10·10<sup>-3</sup>% (в окрестности рудника) и около 7,5·10<sup>-3</sup>% в почвах в непосредственной близости от обогатительной фабрики [13].

В.А. Алексеенко(2014) отмечает 4 крупных городов (миллионеры) с населением свыше 1млн.чел., в почвах которых определено высокое содержание As – 3-3,57·10<sup>-3</sup>% (Лондон, Пекин, Шэньчжэнь, Гонконг). К этому рангу (по загрязненности) он относит и пос. Дивногорск (3,4·10<sup>-3</sup>%) на Черноморском побережье России, и делает вывод о антропогенных источниках аномальных содержанием As в почвах крупных городов (миллионерах) и в поселке Дивногорск [1].

экосистем, выступающих фактором геохимических барьеров. Птицы питаются растениями островов, рыбой побережья. Значительная доля этого материала и кременты отлагаются в море, но часть остаётся на берегу. По данным Н. П. Морозова [17] в продуктах питания островных птиц преобладают талассофильные элементы. В продуктах питания (морские корма) регистрируется повышенное содержание N, P, S и других элементов (Cu, Ag, Au, Zn, Cd, Fe, Al, Mu, Co, Ni, и др.). А. Н. Головкин отмечает наличие высокого коэффициента метаболизма у морских рыбоядных птиц, изменяющего от 8.2 до 9.0[5]. По его данным пара чаек за период гнездования поставляет на островную систему до 170 кг продуктов метаболизма, обогащенных химическими элементами не характерными для наземной части. Даже если принять во внимание, то обстоятельство, что большая часть продуктов метаболизма птиц ветром и водой выносятся в море, то всё равно часть её остаётся на островах подтверждая тезис о миграции химических элементов с помощью птиц.

На шельфовой зоне наиболее ярко проявляется биогеохимический круговорот химических элементов, на который указывал в своей монографии В.В. Добровольский [6]. Возвращаясь к публикации А. Н. Иванова и И. А. Авессаламовой [10] следует принять зону переходную от острова к латеральной в качестве основной для формирования геохимического барьера благодаря наличию здесь фитомассы для рыб и птиц. В данном случае миграционный процесс химических элементов не выходит за пределы и биогеохимического барьера и измеряется площадью пищевой цепи для птиц: рыбы-растения островной части-литорали. На островах формируются зоны накопления элементов Ag, Zn, Mg, Cu, V, B, S, а в прибрежной зоне в торфяных горизонтах почв накапливаются так же элементы с низкой биофильностью (Sn, Pb, V, Co, Li, Ti и др.) Такие участки содержания и накопления тяжелых металлов эти авторы относят к диффузионным латеральным биогеохимическим зонам, имеющим широкое распространение в океане[5]. Опираясь на явление круговорота вещества и энергии птиц островной части следует отнести в качестве движущей силы этого круговорота[1,10]. Подтверждением выводов авторов могут стать превышение содержания тяжелых металлов в почвах островов в океане, в частности в Тихом над значениями их в почвах: внутри островов и наземной части. А.Н. Иванов показал, что, величина биогеохимического барьера зависит от количества птиц (к примеру на Новой земле их свыше 2-х миллионов), при этом площади биогеохимических барьеров

составляют свыше 3 км<sup>2</sup>, что может свидетельствовать и о миграционном процессе тяжелых металлов и других элементов с помощью птиц [9, 10].

### **Мышьяк (As)**

Миграция мышьяка в природных водах обусловлена его высокой подвижностью и способностью существовать в растворимых формах As<sup>5+</sup> и As<sup>3+</sup> (Арсенаты), а также метилированного мышьяка. В значительной части исследованных рек мира его концентрация сравнительно небольшая (0,15 = 0,45) [25]. Встречаются случаи высокого содержания As в реках (до 4,3 мкг/л), но это в основном в результате сброса промышленных стоков предприятий. Исследователи показали, что в реках As распространен в виде взвесей, но большая часть его мигрирует в воды морей и океанов в растворенной форме. Реки, протекающие мимо предприятий пользующих As в производстве отличаются высоким количеством мышьяка во взвешенном состоянии (до 67%). Основная часть арсенатов, выносимая в моря и в океаны выпадает в донные образования в эстуариях. Несмотря на то, что в океане в основном распространена растворимая часть арсенатов, там его накапливается значительная часть -  $2,8 \cdot 10^9$  т. [18].

Исследования экологов показали, что повышенные содержания As в почвах, в реках и в воздухе приурочены, как правило, к источникам техногенеза (окрестности металлургических предприятий, рудники, разрабатывающие мышьяк содержащие руды). Основная часть техногенного As мигрирует с речным потоком и, в основном, в растворенной форме. Дж. Мур описывает, что в ряде рудников Великобритании в донных осадках рек и озер накопилось до 5000 мг/kg сухого веса мышьяка [18].

### **Сурьма (Sb)**

Поведение сурьмы по отношению к живому, биоактивному веществу выяснено ещё недостаточно, но предполагают, что оно может оказаться близким к поведению свинца. Она, как и свинец, активно участвует в природном массообмене. Сурьма также как ртуть и мышьяк обладает большой подвижностью, способностью образовывать металлосодержащие

## **Глава 6**

### **Содержание тяжелых металлов в почвах городов и населенных пунктов**

#### **6.1. Предпосылки к определению содержаний тяжелых металлов в городских почвах**

Со времени проведения анализа на фоновое содержание химических элементов в почвах земной коры А.П. Виноградовым(1957) прошло сравнительно немного времени (около 60 лет). За это время геохимиками накоплен значительный материал, позволяющий поднять проблему загрязнения городских почв тяжелыми металлами и выяснения роли техногенеза. В данной работе предлагается сравнить содержания химических элементов в городских почвах (тяжелых металлов и As) с фоновым их содержанием и сделать вывод о возможном техногенном загрязнении почв.

Обобщающей сводкой по выявлению масштабов загрязнения городских почв химическими элементами явилась работа В.А. Алексеенко, а так же региональные данные геохимиков в России и за рубежом. Геохимия городских почв за небольшой отрезок времени стала приоритетным направлением в геохимии, поскольку городов стало много. Так, по данным ООН в начале 21 века соотношение сельских и городских жителей поменялось. В настоящий момент в городах проживает свыше 80% населения мира и процесс переселения жителей из сел в города продолжается. Отсюда высокая плотность городского населения приобрела самостоятельный фактор антропогенной нагрузки на городские почвы, что совместно с техногенезом тяжелых металлов, основных поллютантов, обуславливает загрязнение компонентов природы и в частности городские почвы.

Известно, что источником техногенных металлов обычно выступают промышленные предприятия – металлургического профиля, обрабатывающих и горнодобывающих отраслей, а так же транспорт, на долю которых приходится от 60 до 80% всех загрязнений в регионах. Не

11. El-Hassanin A. S., Labib T. M., Dobal A. T. Potential Pb, Cd, Zn, and B contamination of sandy soils after different irrigation periods with sewage effluent // *Water Air Soil Pollut.* – 1993. – V. 66. – P. 239-249.
12. Higgins A. J. Environmental constrains of land application of sewage sludge // *Am. Soc. Agri. Eng.* – 1984. – V. 27. – P. 407-414.
13. Antoniadis V., Alloway B. J. Evidence of heavy metal movement down the profile of a heavily sludged soil // *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* – 2003. – V. 34. – P. 1225-1231.
14. Vogeler I. et al. Contaminant transport in the root zone // In: *Trace Elements in Soil: Bioavailability, Flux and Transfer* / Ed. By I. K. Iskandar, M. B. Kirkham. – Boca Raton, FL: Lewis Publishers, 2001. – Chap. 9.
15. Inouhe M. et al. Resistance to cadmium ions and formation of a cadmium-binding complex in various wild-type yeasts // *Plant Cell Physiol.* – 1996. – V. 37. – P. 341.
16. Chu L. et al. Regulation of the *Staphylococcus aureus* plasmid p1258 mercury resistance operon // *J. Bacteriol.* – 1992. – V. 174. – P. 7044.
17. Guerinot M. L., Salt D. E. Fortified foods and phytoremediation. Two sides of the same coin // *Plant Physiol.* – 2001. – V. 125. – P. 164.
18. Lee J. et al. Functional expression of a bacterial heavy metal transporter in *Arabidopsis* enhances resistance to and decreases uptake of heavy metals // *Plant Physiol.* – 2003. – V. 133. – P. 589.
19. Kerkeb L., Kramer U. The role of free histidine in xylem loading of nickel in *Alyssum lesbiacum* and *Brassica juncea* // *Plant Physiol.* – 2003. – V. 1312. – P. 716.
20. Haraguchi H. Metallomics as integrated biometal science // *J. Anal. At. Spectrum.* – 2004. – V. 19. – P. 5.

аэрозоли. По оценке американских исследователей значительная часть сурьмы природного и антропогенного генезиса вовлекается в массообмен, выносится реками и ветром с суши в Мировой океан.

Сурьма способна образовывать аэрозольные смеси, а отсюда высокая миграционная способность её с помощью ветра и воды. Различают природные и антропогенные источники сурьмы. Природные источники сурьмы - в основном вулканы и процессы выветривания, а также тектонические разломы. При процессе выветривания в окружающую среду поступает до 50 тыс.т. сурьмы в год, при этом около 75% её находится в растворенном виде [18].

### **Кобальт (Co)**

В окружающую среду ежегодно поступает техногенный кобальт. Он может мигрировать разными путями: воздушным и водным. Обладая небольшой концентрационной способностью, он может переноситься от своего источника на значительные расстояния. Природные источники кобальта связаны с процессом выщелачивания медноколчеданных руд. Некоторое количество кобальта поступает в речную систему из почв с водным плоскостным смытием. В почвах источником кобальта выступает процесс разложения растительных и животных организмов. В природных водах больше распространен кобальт в двухвалентной форме и реже в трехвалентной. Здесь он присутствует обычно в растворенном состоянии. Кобальт чаще определяется в комплексном состоянии и это также позволяет ему мигрировать на большие расстояния [24].

### **Кадмий (Cd)**

Известно, что Cd имеет способность мигрировать вместе с речной водой на значительные расстояния. Источником речного Cd выступают полиметаллические и цветные руды, находящиеся на пути следования речных вод. Вода выщелачивает почвы, породы, содержащие этот элемент. Поверхностные воды (сточные воды) выносят соединения Cd со свинцово-цинковых заводов, обогатительных фабрик, химических предприятий, гальванического производства, а так же с шахтными водами, при

разработке месторождений руд, содержащих кадмий. В процессе сорбции организмами Cd может локализоваться в виде скоплений в донных отложениях. Известно также, что значительная часть Cd способна мигрировать в составе клеток гидробионтов. В чистой речной воде содержание Cd редко превышает первые единицы субмикрограммовых величин, а в сильно загрязнённых водах превышает десятки микрограммов в 1 дм<sup>3</sup>. Отсюда, вполне обоснованный ПДК Cd=0,01 мг/дм<sup>3</sup> [4].

Миграция Cd обусловлена наличием высоких значений концентрации хлоридов и PH, но так как он практически не образует концентраций, то обычно переносится в виде комплексных соединений совместных с органическими веществами и транспортируется в этом состоянии. Избыток в речной воде Cl или снижение PH приводит к процессу перехода Cd из взвешенного состояния в раствор и, как следствие, осуществляется миграция его с водным потоком [11, 18, 24].

### Медь (Cu)

Техногенная медь, поступая в компоненты природы загрязняет их. Она здесь существует в трех формах: взвешенной, коллоидной и растворимой. По данным [18] с твердыми частицами в речных водах меди содержится от 12 до 97%, а в океан её поставляется реками до 6,3 млн.т. в год, из 1% - в растворенной форме, 85% с твердыми минеральными частицами, около 6% в форме, связанной с органическими веществами и 3,5% в виде скоплений, адсорбированных взвешенными частицами. Повышенное содержание меди отмечалось в водных растениях и морских рыбах и беспозвоночных [24].

Атомы меди (природной и техногенной) ведут активный образ в окружающей среде. Так, по характеру химического взаимодействия с донорными атомами медь классифицируется как промежуточный компонент между жесткими и мягкими кислотами. Известно, что жесткие кислоты (акцепторы) с атомом кислорода образуют стабильные электровалентные связи. Мягкие кислоты, носители атомов меди, предпочитают выступать в реакции с серой, селеном образуя также ковалентные связи. Отсюда атомы меди склонны к комплексообразованию в зоне гипергенеза, а также выступают в качестве таксогенов для многих водных растений, беспозвоночных и рыб. Для меди характерен круговорот

5. Как металлургический комплекс загрязняет атмосферный воздух?
6. Загрязнение воздуха и почв свинцом. Откуда в воздухе и в почвах появляется свинец?
7. Поясните роль транспорта в загрязнении воздуха и почв свинцом и цинком?
8. Источники загрязнения рыб ртутью?
9. Причислите источник загрязнения компонентов природы Co, Sb и Al.
10. Источники загрязнения природы медью и хромом?

### Контрольные задания:

1. Составьте сравнительную характеристику источников металлов загрязнений углеводородами (нефть, газ, уголь) и рудами (черные и цветные руды).
2. Дайте характеристику источников загрязнений тяжелыми металлами по выбору (медь, цинк, свинец, кобальт, ртуть и др.).

### Литература:

1. Голодовская Л. Ф. Химия окружающей среды. – М.: Мир, 2007. – 295с.
2. Добровольский В. В. Основы биогеохимии. Уч. пос. – М.: Высш. Шк., 1998. – 413с.
3. Карлович И. А. Основы техногенеза. Кн. 2. Факторы загрязнения окружающей среды. – Владимир: ВГПУ, 2003. – 544с.
4. Микроэлементы в окружающей среде: биогеохимия, биотехнология и биоремедиация / Под ред. М. Н. В. Прасада, К. С. Саджвана, Р. Найду; Перевод с англ. Д. И. Башманова, А. С. Лукаткина. – М.: Физматлит, 2009. – 816с.
- 5,а. Нукунов Д. Н., Пунанова С. А., Агафонова З. Г. Металлы в нефтях, их концентрация и методы извлечения. – М.: ГЕОС, 2001. – 77с.
- 5,б. Недрa России/ Под ред. И.В. Межеловского. – М.: Недрa, 2000.- 468.
6. Попов В. В. Минеральные ресурсы и экономика России на рубеже XX-XXI столетий: Проблемы и пути их решения. – М.: ОИФЗ РАН, 2000. – 47с.
7. Солнцева Н. П. Добыча нефти и геохимия природных ландшафтов. – М.: МГУ, 1998.- 376с.
- 7,б. Смыслов А.А. Особенности размещения уникальных месторождений на территории России// Уникальные месторождения полезных ископаемых. Сб. статей СПб. СПГБИ, 1996. – 156с.
8. Nriagu J. O. Global inventory of natural and anthropogenic emissions of trace metals to the atmosphere, Nature 279: 409-411.
9. Pagenkopf G. K., Connolly J. M. Retention of boron by coal ash // Environ. Sci. Technol. – 1982. – 1982. – V. 16. – P. 609.
10. Livens F. R. Chemical reactions of metals with humic material // Environ. Pollut. – 1991. – V. 70. – P. 183-208.

выбросу компонентов (разработаны нормы были французскими исследователями): количество выбрасываемого в атмосферу фтора не должно превышать 800 кг/сут., а бензапирена должно быть меньше, чем фтора, в 5000 раз. Лучшие показатели мировой практики – удельные выбросы (в пересчете на фтор) считаются 0,6-1кг/т – Al, что соответствует 20 тыс. т от антропогенных источников.

### **Ванадий (V)**

Химические позиции ванадия связаны с известными изотопами  $^{50}\text{V}$  и  $^{51}\text{V}$ . Кларк ванадия -0,02%, коэффициент концентрации низкий -30. Мировое производство ванадия колеблется от 60 до 73 тыс. т. в год. Планируется, что в 2020 его будет произведено около 80 тыс. т. Запасы ванадия составляют 57,5 млн. т.[3,6].

Известно до 90 минералов, содержащих ванадий, но основными считаются следующие: роскоэлит (до 29%), патронит (до 29%), карнотит (до 20%), ванадимит (до 15%), деклуазит (до 23%) и кулсонит (до 5%). Промышленные концентрации ванадия связаны с комплексными рудами, в которых он является попутным компонентом: магматические, контактово-метасоматические, гидротермальные, осадочные и россыпные месторождения, и даже в железомарганцевых конкрециях Мирового океана [5, 6, 8].

Комплексность руд позволяет использовать разные технологии добычи ванадия – путём попутного извлечения с железом, титаном, хромом, скандием, а также редкими землями, галием и др. Главными поставщиками ванадиевого сырья является группа месторождений Качканарского района на Урале (титаномагнетитовые руды). Техногенный ванадий концентрируется в шлаках и концентратах.

#### **Контрольные вопросы:**

1. Что такое природные и антропогенные источники загрязнений окружающей среды. В чем их различие?
2. В чем заключается ресурсный фактор техногенеза?
3. Как уголь и углеводороды загрязняют окружающую среду?
4. Каким образом горно-добывающие комбинаты загрязняют компоненты природы?

во всех компонентах природы, а также процесс биологического круговорота Си в лесных сообществах и циклах массообмена [6].

Техногенная медь природного и антропогенного генезиса поступает в атмосферу, в природные воды и в почвы. Так, в природных водах она присутствует в трех основных формах: взвешенной, коллоидной и растворимой. Известно, что медь образует комплексы с жесткими основаниями такими, как карбонаты, нитраты, сульфаты, хлориды, аммиак и гидроксид. Ф.Р. Мантоура и другие американские исследователи установили, что медь в пресных водах на 90% связана с гуминовыми веществами этих вод, тогда как в морской воде ее только 10%. Согласно ряду Ирвинга – Вильямса устойчивость гуминовых комплексов меди и других металлов, следующая:  $\text{Mg} < \text{Ca} < \text{C} \approx \text{Mn} < \text{Co} < \text{Zn} \approx \text{Ni} < \text{Cu} < \text{Hg}$ . Данный ряд позволяет рассматривать металлы гуминовых комплексов во взаимодействии с неорганическими, органическими соединениями и с твердыми частицами. Например, с твердыми частицами в речных водах связанной меди содержится от 12 до 97%, а в океан с речным стоком ее поставляется до  $6,3 \cdot 10^6$  т ежегодно, из которых: 1% - в растворенной форме, 85% - с твердыми минеральными частичками, около 6% - в форме, связанной с органическим веществом, и 3,5% в виде взвешенных частиц. Повышенное содержание меди отмечалось в водных растениях, в мягких тканях беспозвоночных и в морских рыбах на участках, находящихся в зоне влияния рудников и медеплавильных заводов [24].

Геохимики определили, что Си встречается во всех компонентах природы: в воздухе, в воде и в почвах. Для нее свойственны техногенная и биогенная формы миграции. В водной среде установлено ее присутствие в трех состояниях: во взвешенном, коллоидном и растворенном. Следовательно, и миграция ее осуществляется в этих состояниях, но по длительности миграции эти формы сильно отличаются. В первую очередь, в осадок выпадает Си во взвешенном состоянии, затем происходит миграцией в коллоидном и растворенном виде. Дж. Мур обобщил сведения о миграции Си европейских и американских геохимиков и показал, что взвешенная медь выпадает в осадок в непосредственной близости от места добычи и облагораживания элемента. Основная часть техногенной меди 65 - 81 % выносятся поверхностными водами в виде растворенных форм. Эстуарии морей он относит к зонам интенсивной аккумуляции металла. Медь, обнаруженная в водах Атлантического и Тихого океана относятся как результат смешивания речных вод и океанических течений, которые

размывают донные отложения эстуарий и обогащают океанические воды медью и другими элементами.

Повышенные содержания меди (до 1000 мкг/кг) в донных (речных и эстуарий) отложениях объясняются влиянием рудников и обогатительных комбинатов. В морях (например, в Средиземном и Балтийском) содержание Cu сохраняется высоким (до 20 - 25 мкг/л), что объясняется влиянием техногенной миграции меди, а в океанических водах содержание Cu уменьшается до 2 мкг/л, за счет разбавления вод [18].

### Никель (Ni)

Перенос Ni водным потоком во многом определяется энергией и массой водного потока. К примеру, бурная и полноводная р. Амазонка выносит взвешенные части Ni до 98%, в то время как, спокойный и менее водный Рейн в Германии выносит всего до 30% Ni [18]. Дж. Мур показал, что р. Амазонка выносит Ni на 90% с частицами мельчайших размеров - всего 0,2 - 20 мкг. Причем, он утверждает, что практически все реки Америки (Амазонка, Миссисипи и др.) транспортируют Ni во взвешенном состоянии, и в растворенной форме, откладывают в виде скоплений в донных отложениях прибрежных частях рек и обычно в эстуариях. В абсолютном отношении источником техногенного Ni являются промышленные предприятия, городские и бытовые стоки, шахтные отходы [18, 24].

В морской воде Ni мигрирует в виде коллоидных частиц и из воды выводится лишь малая его часть (до 15%) при условии взаимодействия с кальцием [25]. О техногенном характере Ni, выделенного в донных отложениях бухты Лос-Анджелес свидетельствует высокое его валовое содержание (до 47 мг/кг) [24].

О глобальной миграции Ni может свидетельствовать присутствие его практически во всех донных отложениях континентальных водоемов, а также наличие растворенного Ni в водоемах и в реках. Причем, высокие содержания Ni в компонентах природы (водохранилища, озера, реки, в донных - речных отложениях и в отложениях эстуарий) исследователи объясняют влиянием металлургических предприятий, выплавляющих Ni из никелевых руд. Например, завод Садбери в Канаде, производящий Ni. Здесь в его окрестностях в почвах содержание Ni достигает значений более

бокситоносный район. Основная часть мировых запасов (90%) сосредоточена в Австралии, Южной Америке, Африке, Индии, Китае и Карибском бассейне. Самые крупные месторождения бокситов разведаны в Австралии (4500 млн. т), Бразилии (6000 млн. т) и на Ямайке (2000 млн. т). По данным В.В. Беляева (1999), на долю России приходится около 2% мировых разведанных запасов, что составляет 1 млрд. т.

Производство алюминия идет самыми быстрыми темпами. Так, если в 1913 г. в мире было получено около 70 тыс. т, то уже в 1969 г. потребление алюминия достигло 7,5 млн. т, а в 2000 г. - свыше 20,5 млн. т. **Общая эмиссия алюминия в атмосферу от антропогенных источников за 20 век составила, по разным оценкам,  $0,2 - 0,42 \cdot 10^7$  т.** Пик потребления алюминия в народном хозяйстве ожидается в 2030г. При достигнутых высоких темпах производства первичного алюминия (в год около 20 млн. тонн) мировые запасы бокситов будут вовлечены в биосферу за счет антропогенеза (использование в народном хозяйстве) за сотню лет.

Производство глинозема и алюминия относится к сильным загрязнителям окружающей среды. Причем, техногенному загрязнению подвергаются все компоненты окружающей среды: литосфера, почвы, воздух и вода. Например, для получения глинозема по способу Байера или спекания строят большие по объему хранилища красного шлама, который является источником техногенеза алюминия. Так, для переработки 3-4 тонн бокситов, необходимо хранилище площадью в 1 км<sup>2</sup> (Клубов, Исакин, Сорокин, 1994). Учитывая, что по состоянию на 1999 г. в мире действовало 86 глиноземных заводов, которые в среднем производят около 28 млн. т красного шлама ежегодно, то становятся очевидными большие размеры отведенных площадей под хранилища красного шлама и объемы техногенеза. В окружающую среду поступает от 3 до 4% красного шлама в виде паров фтора, ПАУ по реакции паров (от 0,08 до 1,1 млн. т/год). **Техногенными загрязнителями окружающей среды являются компоненты красного шлама (в %): FeO 7-50; AlO 6-20; SiO 2-24; NaO 1-10; TiO 3-12; CuO 3-47.**

*Источником техногенных веществ выступает технология производства алюминия, которая осуществляется с помощью электролизного способа. Это самый распространенный и самый «грязный» способ. Наиболее опасными веществами производства являются полициклические ароматические углеводороды (ПАУ), соединения микроэлементов, фториды и др. Существуют нормы по максимальному*

Благодаря своей легкости и другим физическим свойствам А1 нашел применение почти во всех отраслях промышленности (табл. 5.5).

Таблица 5.5

**Потребление алюминия в СНГ и в мире (по данным [3])**

Применение алюминия	в СНГ, %	в мире, %
Контейнеры и упаковка	5	35
Транспорт	13	20
Строительство	4	17
Электротехника	20	9
Потребительские товары	13	8
Машиностроение	14	-
Прочие (в ядерных реакторах)	31	11

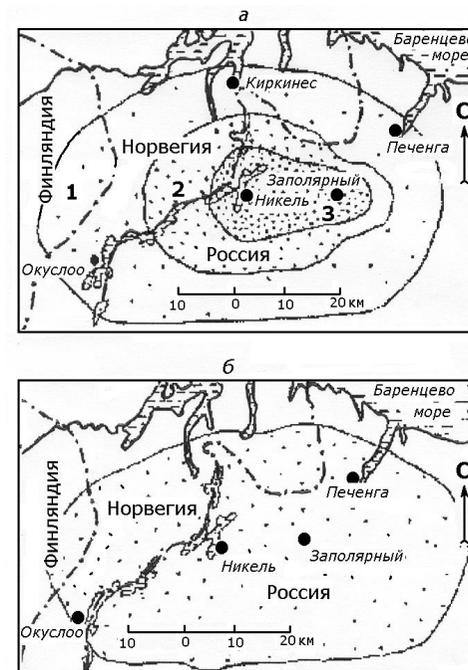
Алюминий установлен в поверхностных водах Атлантического океана до  $9,7 \cdot 10^{-8}\%$  (Дж. Эмсли). Наибольшее скопление алюминия наблюдается в корях выветривания по кислым, щелочным, средним, основным магматическим и некоторым осадочным породам.

Россия является единственной страной в мире, успешно использующей для получения глинозема и алюминия небокситовое сырье – нефелиновые сиениты Кольского полуострова и Бурятии. Запасы сиенитов (сынныриты) в России практически не ограничены (при современном способе производства их хватит на 400 и более лет [61]). Эти породы содержат в среднем 25% глинозема и свыше 10% оксида калия. По прогнозам, потребность в алюминии на внутреннем рынке должна увеличиться в 3-4 раза, что является фактором развития техногенеза алюминия. Ведущим фактором развития техногенеза алюминия является химический состав бокситов месторождений который выглядит следующим образом:  $Al_2O_3$  (от 42 до 55%),  $SiO_2$  (от 3,85 до 17,5%) и  $Fe_2O_3$  (от 6,17 до 27,5%).

Техногенез бокситов российских месторождений напрямую связан со способом добычи сырья: открытым и подземным. В настоящее время преобладают открытые разработки, но в перспективе будут и более глубокие горизонты > свыше 200 м (400-700 м) – Белгородский

100 мг/кг. Даже в воздухе над заводом присутствует Ni - свыше 2000 мкг/л (Данные Щепкина).

В качестве примера техногенного воздействия на окружающие ландшафты источника техногенных веществ обратимся к комбинату "Печенганикель" и пос. Никель, свидетельствующих о масштабности распространения выбросов (рис. 4.2.). Этот пример подтверждает миграцию Ni в воздухе в радиусе свыше 60 км.



**Рис. 4.2. Трансграничное воздействие на ландшафты Северной Финляндии и Северо-Восточной Норвегии, вызванное промышленными выбросами горно-обогатительного комбината "Печенганикель", расположенного в г. Заполярном, и пос. Никель на Кольском полуострове: а) зоны повреждения древостоев сосны обыкновенной разной степени тяжести: 1 – зона слабого повреждения, 2 – умеренного, 3 – сильного; б) зона превышения концентрации никеля в биомассе ягод черники сверх санитарно-гигиенической предельно-допустимой концентрации (По данным Ал. Григорьева и К. Кондратьева, 2001).**

## Ртуть (Hg)

Миграция ртути в компонентах природы определяется ее производством в виде  $Hg^0$ ,  $Hg^{2+}$  и  $Hg^{2+}$ , которые в процессе транспортировки взаимозаменяются. Для ртути характерны биогенная и техногенная форма миграции [6]. Ртуть обладает высокой способностью мигрировать в виде паров в воздушных потоках, а также во взвешенном состоянии в реках. Наиболее распространена в окружающей среде ртуть антропогенная и менее природная. Известно, что основным источником природной ртути выступают тектонические разломы в земной коре, по которым она дегазируется и мигрирует в атмосферу (над океаном до  $4,6 \cdot 10^{-6}\%$  в год и до  $40 \cdot 10^{-6}\%$  в районах шельфа). В водоемах (в реках, озерах и водохранилищах) Hg мигрирует во взвешенном состоянии с механическими частицами. Последние обычно провоцируют седиментационный процесс и аккумуляцию Hg в донных отложениях. Накопление техногенной ртути в донных отложениях достигает больших значений (до 9000 мг/кг в пр. Кумано и Дзинцу в Японии). Также большие значения техногенных загрязнений ртутью превышают значения загрязнений от природных источников Hg (менее 1 мг/кг) [18].

Для Hg характерен природный круговорот. Так, в окружающей среде Hg взаимозаменяется  $Hg^0$ ,  $Hg^{+1}$ ,  $Hg^{+2}$ . Это довольно подвижный элемент. В ее круговороте активное участие принимают бактерии, грибы, растения, беспозвоночные. В процессе круговорота ртуть (металлическая) может металлизироваться в две стадии  $Hg \rightarrow CH_3Hg^+ \rightarrow (CH_3)_2Hg$ . Как ионы метилртути, так и диметилртути сорбируются организмами. По анализу, выполненному Дж. Муром и С. Ромаурти следует, что средний уровень ртути в морских фильтрах составляет  $5,26 \cdot 10^5$  г. Количество Hg, выпавшей с дождями в океан достигает  $30 \cdot 10^8$  г/год (Yonanson, Boule, 1972). Они определили, что в пресных (не загрязненных) водах содержание Hg колеблется от 0,02 до 0,1 мгк/л., а в морских водах от 0,01 до 0,03 мгк/л. [6]. В круговороте ртути активное участие принимают бактерии, грибы, растения, беспозвоночные. Ртуть в процессе круговорота подвергается процессам синтеза неорганических соединений на катионном и анионном уровнях простых компонентов оксидов и сульфидов. Элементарная ртуть в виде пара, жидкости или в растворенном состоянии транспортируется

поступили примеси – Pb, V, F, TR и др. Для оловянной минерализации исследователи отмечают калиевый характер гранитоидов, обогащённых Pb и тяжёлым TR с минералами V или F. Привнос редких металлов в ОС будет расти, что связано с благоприятными прогнозами увеличения добычи их к 2020 году. Разведанные запасы Li и Ga позволят увеличить их потребление в 3-4 раза; Nb, TR, Jn, Re в 2-2,5 раза; Ta, Zr, Ge в 1,5-2,5 раза и т. д. Техногенез редких металлов Ta, Zr, Nb, Hf и др. связан не только с горными работами, но и транспортировкой сырья на ГОК, обогащением и технологией извлечения их из комплексных руд. По самым общим оценкам сумма потерь металлов достигает 20 % от первичного объёма.

## Титан (Ti)

Распространённость титана в земной коре определяется его высоким кларком – 0,45. Более всего титаном обогащены граниты, пегматиты и щелочные породы. Главными минералами титана выступают рутил  $TiO_2$ , ильменит  $FeTiO_3$ , перовскит и лопарит (Fe, Ca) (Ti, Nb)  $O_3$ . К техногенному фактору титана относится высокое содержание в нём в качестве изоморфных примесей V, Sc, Ta, Nb, Th, TR, Zr, а также его география – металлогенез, обусловленный проявлениями экзогенных и эндогенных процессов рудообразования [7,6].

В мире спрос на титан постоянно растёт. По прогнозу, на основании динамики мирового производства титана за последнюю четверть 20-го века, в 2020 г ожидается рост его производства до уровня 4100 тыс. т. Это может явиться фактором развития техногенеза, связанного с добычей и промышленным производством титановых концентратов и сплавов.

## Алюминий (Al)

Это довольно известный элемент. Он не относится к тяжелым металлам, но считается поллютантом. Он занимает третье место по распространенности в земной коре после кислорода и кремния, а среди металлов первое. Его кларк по разным оценкам от 7,45 – 8,23%. Техногенез Al связан с добычей руд, состоящих из минералов бемита и диаспора – 85% металла, но в основном из бокситов (глиноземы).

Потери металла в ОС происходят на этапе флотационного обогащения руд, затем в процессе металлургического передела: обжиг → осадительная плавка → восстановительная плавка → металл низших марок, либо в процессе гидрометаллургического передела: выщелачивание → электролиз → огневое рафинирование в отражательных печах → металл высших марок. В обеих технологиях происходит поступление сурьмы в атмосферу, в сточные воды → гидросферу и в хвосты → техногенные грунты. Общие потери металла от всех антропогенных источников оцениваются до 35 % первичного сырья. Крупными поступлениями техногенной сурьмы характеризовались 1975 г. и 1996 г., соответственно, 24 и 33 тыс. т [5,6,6,8]. Мировые запасы Sb составляют 6млн.т. [6].

Мировое производство сурьмы в 2000 г. составило 120,00 тыс. т. По мнению аналитиков, спрос на сурьму будет расти. Максимальный прирост её ожидается в 2020 г. [3]. **По прогнозам, от всех антропогенных источников в 2020 г. в ОС поступит до 50 тыс. т техногенной сурьмы.**

### Олово (Sn)

Основным потребителем олова является мясомолочная промышленность. До 80% всего добываемого металла уходит на изготовление консервных банок, меньшая часть потребляется в качестве сплавов и в военном деле для дымовых шашек. Почти в каждом промышленном городе присутствует техногенный металл Sn, образуемый при утилизации мусора и промышленных отходов.

О количественном поступлении элементов в техносферу можно судить по Sn и Cd. Например, в Великобритании есть известный рудный район Корнуолл на юго-западе страны, где оловянные рудники действуют с бронзового века и до конца 20 столетия, на котором было добыто 2 млн. т олова (рудник Уил-Джейн). Рядом с месторождением образовались отвалы (до 25 млн. т) с содержанием Sn более 1 %. В отвалах наряду с Sn определены Li, Hf, редкие земли и др. металлы. Эти отвалы стали предметом вторичной обработки на Sn и др. металлы. По приблизительным подсчётам, эмиссия Sn в атмосферу и в пластовые воды за весь период существования рудника составила 8-8,5 тыс. т. [8].

Максимум добычи олова пришелся на начало 40-х годов 20-го века (240 тыс. т). Вместе с техногенным оловом в окружающую среду

через природные буферные разделы. Металлическая ртуть может металлизироваться в две стадии:  $Hg + CH_3Hg + (CH_3)_2 Hg$ . На возможность образовывать ковалентные связи ртути обратил внимание Дж. Мур. Так, отличительные свойства  $Hg^{2+}$  и  $RHg^{1+}$  (R-алкил или акрил группа) проявляются в способности активно связываться с таковыми группами в более широкие формирования ковалентной связи.

### Хром (Cr)

Миграция Cr в компонентах природы заслуживает внимания, т.к. в окружающую среду его поступление носит возрастающий характер. Только от сжигания угля и углеводородов ежедневно образуется свыше 1450 т. техногенного хрома. В водоемах поступает  $Cr^{6+}$  и  $Cr^{3+}$  со стоками от гальванического производства, полировки и хромирования металлических изделий. В водоемах и в реках хром мигрирует в формах:  $Cr^{6+}$  и  $Cr^{3+}$ . Геохимики определили, что в природе эти формы тесно связаны и  $Cr^{6+}$  может переходить в форму  $Cr^{3+}$  и обратно. Дж. Мур обобщил данные о миграционной способности хрома с бытовыми и коммунальными стоками и показал, что  $Cr^{6+}$  и  $Cr^{3+}$  способны мигрировать во взвешенном состоянии, отлагаться в донных отложениях эстуарий и при смешивании с океанической водой разбавляться до естественного значения определенного бассейна [18]. Хром сравнительно хорошо переносится с воздухом, но выпадает с дождями, загрязняя почвы, расположенные поблизости от промышленных предприятий, работающих с хромом. Например, г. Ковров, г. Кольчугино, в почвах которых было установлено присутствие  $Cr^{3+}$  около 85 мг/кг [12].

### Свинец (Pb)

Известно, что Pb может мигрировать во всех компонентах природы. Для него характерна техногенная и биогенная форма миграции. Свинец участвует в глобальном круговороте - с моря на сушу и с суши на море [6]. За исторический период в окружающую среду поступило около 20 млн. т. антропогенного металла и только 24 тыс. т. от природных источников [24]. Вся эта большая масса металла участвует в естественном природном

массообмене причем, антропогенная составляющая Pb значительно превышает природную. ПДК свинца в России принят 0,03 мг. [4].

Приоритет формы миграции Pb в окружающей среде принадлежит воздушным массам [13]. Определенная часть техногенного и природного Pb мигрирует в реках во взвешенном состоянии [24]. Значительная часть его присутствует в ионообменной форме причем, основная часть взвешенной формы металла осаждается в донных отложениях эстуарий (до 6000 мг/кг сухого веса), при впадении рек в моря.

Содержание Pb в атмосферных осадках определяется близостью расположения источника техногенного Pb. Высокое содержание Pb в воздухе, в почвах обычно контролируется объектом металлургии (цветных металлов\_ или обогатительной фабрикой). В рудничных водах содержание Pb достигает 500 мкг/л, а с удалением от них снижается до 0,05 мкг/л [24, 26].

Свинец весьма активный элемент и участвует в миграционном процессе: океан – атмосфера – суша – биосфера – техносфера. В. В. Добровольский [6] показал, что Pb выпадает с осадками в течении всего года над западной частью Индийского океана с дождями (6 – 18 кг/км<sup>2</sup>) и с сухими аэрозолями (0,4 – 0,7 кг/км<sup>2</sup>). Свинец не только выпадает, но и переносится воздушными потоками. Например, в 1991 г. перенос Pb из Европы в Россию составил 5432 т., а вынос Pb из России в Европу был меньше (2172 т.) [таб. 4.1]. Отсюда следует, что баланс Pb для России в 1991 г. был положительным (+3260 т). Основные потоки Pb (по В. В. Добровольскому, 1998) в Мт/год составили в биологическом круговороте: на суше – 0,21, в океанах – 0,04; при эоловом выносе с континентов – 0,04, на континенты – 0,44; при речном стоке в растворе – 0,044, в составе взвесей – 2,87. Напрашивается и вывод о том, что свинец при миграции оседает в донных осадках. Например, концентрация, мг/кг его в донных отложениях бассейнов р. Клязьмы и Москвы в 2002 г. составила соответственно: 7,7 – 199,7 и 19,0 – 362,0 [13]. Свинец накапливается в почвах и в снежном покрове. Так, к примеру, в снежном покрове в окрестностях г. Кольчугино Pb накапливался ежегодно с 1995 по 1999гг. от 0,0007 до 0,035 мг/л [13, с.169].

С момента первичного рудообразования свинец вовлекается в глобальный геохимический круговорот. Например, при выветривании горных пород происходит освобождение ионов Pb<sup>2+</sup> из кристаллических структур породообразующих минералов и с поверхности дефектов

Поведение сурьмы по отношению к живому, биоактивному веществу выяснено ещё недостаточно, но предполагают, что оно может оказаться близким к поведению свинца. Она, как и свинец, активно участвует в природном массообмене. Сурьма также как ртуть и мышьяк обладают большой подвижностью, способностью образовывать металлосодержащие аэрозоли. По оценке американских исследователей значительная часть сурьмы природного и антропогенного генезиса вовлекается в массообмен, выносится реками и ветром с суши в Мировой океан. В самом Океане содержание сурьмы значительное (по определениям Дж. Эмсли в глубинных слоях Атлантического океана её содержится около 0,3·10<sup>-7</sup>%). Среди источников, поставляющих сурьму в ОС, различают природные и антропогенные. Природные источники сурьмы – это, в основном, процессы выветривания и вулканизма, а также тектонические движения. Выветривание сурьмы даёт в год около 50 тыс. т Sb, из них до 75% в растворённом виде. Количественной оценки Sb, поступающей при извержении вулканов, нет, но можно лишь допустить, что они сравнимы с выбросами As, Hg и значительно уступают сурьме, поступившей от процесса выветривания горных пород. Предполагают, что Sb от вулканов приблизительно поступало до 4-5 тыс. т/год [93, 94].

Остаётся открытым вопрос о количестве поступлений Sb через тектонические трещины. К природным источникам относятся минералы и горные породы, содержащие сурьму. Её добывают в основном из полиметаллических пород, в которых она находится в изоморфных примесях. Характерным повышенным содержанием сурьмы отличаются галенит, сфалерит, висмут, кобальтин, реальгар и аурипигмент. Известно до 70 минералов, содержащих сурьму. Такое широкое развитие минералов, содержащих Sb, ставит их в разряд источников техногенной сурьмы при попутном её извлечении. Её много (до 20%) получают из вторичного сырья: концентраты, хвосты обогащения.

*Основное количество техногенной сурьмы поступает в ОС от антропогенных источников: рудники, ГОКи, транспорт, промышленные предприятия.* Это примерно в 3,5 раза больше, чем от процессов выветривания. Максимум техногенной сурьмы пришелся на 20 век в связи с интенсивным сжиганием угля, нефти, развитием автомобильного транспорта, типографской отрасли, боеприпасов и др. Например, для изготовления только аккумуляторов ушло 30% Sb, произведённой в 20 веке.

Сюда можно добавить Zn, поступающий от природных источников до 43,5 тыс. т/год [8] плюс от антропогенных источников (мировое производство за последние 50 лет) – от 237 до 380 тыс. т/год. Ожидается, что в 2020 г. в мире будет добыто 7500 тыс. т цинка и несколько меньше свинца (3800 тыс. т). Zn и Pb определяется приуроченностью их к сульфидным рудам с примесями попутных компонентов, к разным типам месторождений и сырьевым ресурсам [3, с.399]. Значительное количество Zn концентрируется в водах океанов, а туда он попадает от разных источников и, прежде всего, от подводных гидротерм и за счет выщелачивания из базальтового слоя, а также из атмосферных выпадений и деятельности фотосинтезирующих организмов [2].

### Сурьма (Sb)

Сурьма относится к малораспространённым элементам земной коры. Кларк сурьмы  $5 \cdot 10^{-5}\%$  (по данным Дж.Эмсли, кларк сурьмы равен  $0,2 \cdot 10^{-4}\%$ ), а коэффициент концентрации её очень высокий – 100000. Для сурьмы установлены два устойчивых изотопа:  $^{121}\text{Sb}$  (57,25%) и  $^{123}\text{Sb}$  (42,75%). Как и основные халькофилы (медь, цинк, свинец), сурьма расположена в группе циклических элементов таблицы В.И. Вернадского. Сурьма известна с глубокой древности, иногда её использовали в качестве краски. В настоящее время сурьма нашла широкое применение в разных отраслях промышленности. По данным [3], в мире до 72% производимой сурьмы идёт на изготовление огнестойких материалов и аккумуляторных батарей (10%), до 10% её используют в качестве химикатов и по 4% в керамической, стекольной промышленности и прочее (припои, пигменты, боеприпасы и др.). На сурьму всегда был повышенный спрос, который в ближайшей перспективе будет расти. В таком случае спрос выступает в качестве социального фактора, способствующего поступлению техногенной сурьмы в ОС от антропогенных (промышленных) источников. Отходы производства, связанные с получением сурьмы, всегда считались токсичными загрязнителями ОС. Технология получения сурьмы является одним из ведущих источников техногенного металла: он образуется попутно из первичных руд, концентратов, хвостов обогащения и продуктов металлургии цветных металлов.

реальных кристаллов (Лазаренко, 1964). Освободившийся при разрушении (горных пород) свинец в форме ионов захватывается тонкодисперсными глинистыми частицами и гидрооксидами железа, а часть его поступает в поверхностные и грунтовые воды. В транспортировке и перераспределении свинца, цинка и других тяжелых металлов в географической среде принимают участие разные источники и процессы: воздушные потоки, осадки, растительность суши, органическое вещество педосферы, фотосинтезирующие организмы в океане, растворенные ионы, взвеси, а также источником свинца выступает земная кора. Так, поверхностный речной сток обеспечивает вынос водорастворимого свинца в ионной форме около  $41 \cdot 10^3$  т/год, а совместно с органическим детритусом до –  $51 \cdot 10^3$  т свинца в год [18, 25, 24].

Свинец, мигрировавший с суши, перераспределяется по акватории океана и достигает океанических глубин с потоками подводных течений. Общая масса свинца в океане составляет  $41 \cdot 10^6$  т. В качестве природных источников свинца и др. тяжелых металлов исследователи рассматривают океанические гидротермы и «черные курильщики».

### Цинк (Zn)

Известно, что техногенный Zn переносится с воздушными массами на значительные расстояния, загрязняя собой компоненты природы. В водной среде Zn тоже мигрирует, как было отмечено выше, но не столь активно. Причиной этому, по мнению А.И.Перельмана, является слабая подвижность Zn в окислительной и глеевой обстановках в поверхностной зоне Земли. Цинк хорошо адсорбируется элементами Fe, Mn, Al, Mg и мигрирует вместе с ними.

Поступление Zn в окружающую среду от антропогенных источников превышает природное. Так, производство и потребление металла дает 43% общего антропогенного выброса Zn в атмосферу, что на 70% больше природного поступления. Известно, что значительная часть техногенного Zn переносится реками во взвешенном состоянии (70 - 75%). Основная часть Zn оседает в донных отложениях эстуарий [24]. Результаты исследований Певтона с соавторами свидетельствуют о значительной доли техногенного цинка в атмосферных осадках, выпадавших в виде дождей. Например, в Антарктиде в выпавшем снегу содержалось 0,06 мкг/л, в то

время как в дождевых осадках Норвегии до 205 мкг/л [18], во Флоренции (Италия) до 305 мкг/л, а в осадках над Средним Уралом до 3000 мкг/л.

В.В. Добровольский отдает цинку предпочтение, после свинца, в миграционном процессе с помощью воздушных масс [6].

### Контрольные вопросы:

1. Какие виды миграции химических элементов характерны для почв?
2. Известна миграция элементов латеральная и вертикальная. В чем их отличия?
3. Что такое воздушная миграция?
4. В чем заключается механизм подвела частицы с поверхности земли в воздух?
5. Откуда загрязнения поступают в Центральную Россию с помощью ветра?
6. Сколько механических частиц выпадает на землю из космоса?
7. В чем заключается биогенный вид миграции химических элементов?
8. Что такое тяжелые металлы?
9. Назовите распространенные тяжелые металлы.
10. Почему тяжелые металлы называют поллютантами?

### Контрольные задания:

1. Составьте перечень видов миграции химических элементов.
2. Разработайте предположения по учету разных видов миграции химических элементов для Вашего региона.

### Литература:

1. Авессаламова И.А., Иванов А.Н. Тяжелые металлы на геохимических барьерах в орнитогенных геосистемах северной // Тяжелые металлы и радионуклиды в окружающей среде. Материалы IV международной научной практической конференции Т.1 Семипалатинск. 2010. С.86-89.
2. Аллисон А., Пальмир Д. 1984. Геология. М.: Мир. – 586 с.
3. Гендуков В.М., Глазунов Г.П. 2007. Ветровая эрозия почвы и запыление воздуха. - Физматлит. - 240 с.

Кларк свинца значительный –  $1,6 \cdot 10^{-3}\%$ . Основные минералы свинца: галенит  $PbS$  (86,6% Pb), обычно содержащий примеси Sb, Bi и Ag; джемсонит  $Pb_4Fe Pb_6S_{14}$  (40,2% Pb); буланжерит  $Pb_5Sb_4S_{11}$  (55,4% Pb); бурнонит  $CuPbSbS_3$  (42,6% Pb); церуссит  $PbCO_3$  (77,6% Pb); англезит  $PbSO_4$  (68,33% Pb).

За своё существование человечество добыло около 600 млн. т свинца, из которого до 48 млн. т техногенного металла поступило в ОС. Приблизительно 24,5 тыс. т/год приходится на свинец от природных источников, а 449 тыс. т/год – на антропогенные источники [93].

На рубеже 21 века добыча свинца составляла свыше 2.5 млн. т. в год, что является существенным фактором поступления техногенного свинца в окружающую среду. Предпосылкой появления техногенного свинца служит его широкое использование в промышленности: в электронике в качестве сплавов и припоев, в электропромышленности, в военном деле и при изготовлении стекла. Особенно много техногенного свинца осаждалось вдоль автострад, связывающих между собой крупные промышленные города.

### Цинк (Zn)

Значительное количество Zn поступает в окружающую среду от сжигания угля и нефти, при выплавке металла и при производстве автомобильных шин. Кстати, доказано, что большое количество Zn образуется при трении шин во время торможения или резкого начала движения.

Цинк нашел широкое применение при оцинковании металлов от коррозии. Его используют в различных сплавах с другими металлами, в качестве полупроводников, а также при изготовлении красок и в аккумуляторах, и в других отраслях промышленности, и даже в медицине. Такое широкое потребление цинка в хозяйстве и в отраслях промышленности вызвало поступление техногенного металла в окружающую среду.

Известно, что Zn при высоких концентрациях весьма токсичен и поступление его в окружающую среду продолжает увеличиваться. Достаточно сказать, что рост поступлений Zn в окружающую среду напрямую зависит от растущего количества автомобильного транспорта.

9,6 тыс. т/г. При добыче Ni в процессе горных и обогатительных работ его ежегодно поставляется в атмосферу и воды в виде пыли от 4 до 8 тыс. т.

Техногенез Ni определяется его спросом. Наиболее распространенными минералами никеля являются петландит  $(\text{Se}, \text{Ni})_9\text{S}_8$  (22-42% Ni), пирротин  $(\text{Fe}, \text{Ni})_7\text{S}_8$  (0,4-1,0%), миллерит NiS (65%), никелин NiAs (44%), хлоантит  $\text{NiAs}_{3-2}$  (28%), гарниерит  $(\text{Ni}, \text{Mg}) \text{O} \cdot \text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$  (41-47% NiO), ревинскит  $3(\text{Ni}, \text{Mg})\text{O} \cdot 2\text{SiO} \cdot \text{H}_2\text{O}$  (21-46%, NiO), аннабергит  $\text{Ni}_3(\text{AsO}_4)_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$  (29% NiO).

К техногенному фактору следует отнести комплексность медно-никелевых сплошных и вкрапленных руд, из которых кроме никеля извлекают медь, платину и платиноиды (Pb, Os, Ru, Rh), а также кобальт, золото, серебро, селен, теллур и серу, всего насчитывается до 50 минералов, содержащих Ni. Установлено, что до 6% от добычи первичного комплексного сырья сразу поступает в ОС в виде пыли в результате обогащения и металлургического передела.

### Свинец (Pb)

Свинец известный элемент, используется людьми давно и весьма токсичен. Источники поступления Pb в окружающую среду разные. Ведущее место занимает техногенный Pb за счет его добычи из недр. Кларк его в земной коре –  $1,6 \cdot 10^{-3}\%$ .

Производство свинца в мире характеризуется сравнительно устойчивым показателем в конце 19 и начале двадцатого века где-то в интервале 3150 – 3100 тыс. т/г. Лишь в 1993-1994 г. его производство упало до 2600 тыс. т/г. В 2020 г. ожидается его получение до 3100 тыс. т [3]. Следует отметить, что начиная с 1950 по 2000 г. В соответствии с экономическим ростом и приростом населения в мире должны бы вырасти выбросы Pb в окружающую среду. Ведущим источником техногенного Pb стал автомобильный транспорт. Возник парадокс – количество авто увеличилось в ряде регионов, а выбросы Pb уменьшились. Очевидно, уменьшению выбросов Pb от автомобилей связано с замещением этилированного бензина. В этом отношении показателен пример г. Белгорода, в котором представители ГАИ контролируют качество бензина по выхлопам и вручают символическую премию за уменьшение вредных выбросов.

4. Гидрохимические показатели состояния окружающей среды // Под ред. Т.В. Гусевой. – М.: Форум Инфра.-М., 2010.-192. с.
5. Головкин А.Н. Роль птиц в морских экосистемах // Итоги науки и техники. Зоология позвоночных. М.:ВИНИТИ, 1982 с.97-157.
6. Добровольский В.В. Основы биогеохимии. М. Высшая школа. 1998. с. 450.
7. Добровольский Г.В. 2000. Фундаментально-экологические аспекты почвоведения, географии и картографии почв//Известия РАН. Сер. геогр. № 5
8. Жуковский Н.Е. 1923. О снежных заносах и заливании рек//М.: Нк. 3. Опыттно-мелиоративная часть. Вып. 30 с 13-29
9. Иванов А.Н. Проблемы островного ландшафтоведения//вопросы географии. Сб 138: Горизонты ландшафтоведения . М.изд. дом «Кодекс»,2014. С. 138-158.
10. Иванов А.Н. Авессаламова И.А. Орнитогенные экосистемы – геохимические феномены биосферы// Биосфера. 2012. Т.4, №4. С. 435-446.
11. Исидоров В.В. 2001. Экологическая химия. – М.: Химиздат. – 302 с.
12. Карлович И.А. 2005. Геология. – Академический проект. М.: 500 с.
13. Карлович И.А. 2007. Миграция техногенных радионуклидов в биосфере. – Владимир. – 196 с.
14. Лайцянский Л.Г. 1973.Механика жидкости и газа. М.:Наука – 843с.
15. Лещилов Н.А., Кашпаров В.А., Юдин Е.Б. и др. Ингаляционное поступление радионуклидов при сельскохозяйственных работах на территориях, загрязненных в результате Чернобыльской аварии//Проблемы сельскохозяйственной радиологии. – Киев, 1991. с. 197-205.
16. Микроэлементы в окружающей среде: биогеохимия, биотехнология и биорегуляция/ Под ред. М.Н.В. Прасада, К.С. Саджвана, Р.Найду; Пер. с англ. Д.И. Башматова и А.С. Лунайкина. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2009.- 816с.
17. Морозов Н.П. Химические элементы в гидробионитах и пищевых цепях // Биогеохимия океана. М.: наука, 1983 с.127-165.
18. Д.ж. Мур, С. Ремамурги. Тяжелые металлы в природных водах. Контроль и оценка влияния: Пер. с англ. – М.: Мир, 1987. – 288с.
19. Сельскохозяйственная радиоэкология (Алексахин Р.М., Васильев А.В., Дипарев В.Г. и др. – М.: Экология. 1992. – 400 с.
20. Селезнев В.П. Метеорологическое обеспечение полетов. – Издание 2. – М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2010. – 192 с.
21. Andersen R.S., Hallet B. 1986. Sediment transport by wind: Toword a general model//Geologi cal Society of Amerika Bulletin. V.97 p. 523-535
22. Chepil W.S. Dynamics of wind erosion. II Initiation of soil movement // Soil Science. 1945. V. 60, No. 5. 397-411.
23. Clendening J.W. Aeolian transport and vegetative capture of particulates // Atmos. Sci. Pap. Dep. Atmos. Sci. Colo. State Univ. 1979. No. 310. 136 p.
24. Nriagy J.O. 1970 Global inventory of natural and anthropogenic emissions of frace metals to the atmosphere. Nature 279: 409-411.
25. Ramamoorthy S., and B.R. Rust. 1978. Heavy metal exchange processes in sediment mater systems. Environmental Geology 2: 165-167.

26. Sholkovitz E.R., and Copland. 1981. The coagulation solubility and adsorption properties of Fe, Mn, Cu, Ni, Cd, Co, and humic acids in a river water.
27. Sloan J.J. Dowdy R.H., Dolan M.S. Recovery of biosolids – applied heavy metals sixteen years after application// J. Environ. – 1998. – v. 27/- p.1312-1317
28. Smith K Environmental Hazards assessing Risk and Reducing Disaster.L.: N.Y., 1992, 324 p.
29. Vogeler I. et al. Contaminant transport in the root zone // In: Trace Elements in Soil: Bioavailability, Flux and Transfer / Ed. By I. K. Iskandar, M. B. Kirkham. – Boca Raton, FL: Lewis Publishers, 2001. – Chap. 9.

год поступает в окружающую среду до 40 тыс. т. техногенного никеля (Nriagy, 1979). От природных источников (вулканы, лесные пожары, и др.) также происходит значительное поступление Ni (до 26 тыс. т.). Основными природными источниками Ni в ОС выступают: деятельность ветра – 20 тыс. т/г, вулканические выбросы пепла – 3,8 тыс. т/г, растительность – 1,6 тыс. т/г, лесные пожары – 0,6тыс. т/г и соли, выносимые с поверхности океана на сушу, – 0,04 тыс. т/г. Крупным источником техногенного Ni стал выступать транспорт (за счет использования дизельного топлива). Например, в 2000 г. от транспорта (дизельного) в атмосферу выделилось свыше 60 тыс. т. Ni [4].

**В перспективе Ni (техногенный) в окружающую среду будет поступать ежегодно свыше 85 тыс. т.** Основанием к этому является его производство и мировые запасы. По данным ВНИИ Зарубежгеологии запасы никеля (без СНГ) составляют 129148 тыс. т. (по состоянию на 1998 г.). Россия производит Ni около 230 тыс. т/год или 30% от мирового объема [5,6].

Соединения никеля известны человеку с древних времен (3500 г. до н.э.). Бактрийские монеты (Сев. Афганистан) 327 г. до н.э. содержали в своем составе сплав с никелем. Он придает сплавам с медью и другими цветными металлами, а также сталям высокую прочность, вязкость, пластичность и жаропрочность.

Океан также считается важным источником Ni – в водах Мирового океана содержится Ni в 10 тысяч раз больше, чем в водах суши, что составляет  $8,4 \cdot 10^8$  и  $3,4 \cdot 10^4$  т. [4,8]. Эмиссия Ni в ОС в 2000 г. по сравнению с 1975 г. значительно возросла по следующим причинам. Так, если в 1975 г. на долю антропогенных источников, использующих дизельное топливо выходило 58% от общей массы Ni, поставленного в ОС, то в 2000 г. количество потребленного дизельного топлива увеличилось в 4 раза, а общая эмиссия Ni от антропогенных источников составила 74 тыс. т/г, из которых 80% приходится на транспорт, в т.ч. и дизельный. Аналогичное увеличение эмиссии Ni в ОС происходит и от природных источников. Количество лесных пожаров по сравнению с 1975 г. увеличилось вдвое. Только по России ежегодно от пожаров страдает 1,5 млн. га леса [3], при этом поступление Ni в ОС достигает 1,2 тыс. т/г. В результате производственной деятельности – металлургическое производство, изготовления изделий в ОС поступает антропогенного Ni до

марганцевые руды регионов и особенно в Северном, Уральском, Западно-Сибирском районах и ввод в эксплуатацию подготовленного разведкой Усинского месторождения (В.В. Попов, 1999) [6].

### Молибден (Mo)

Поступление техногенного молибдена в окружающую среду связано с его потребительскими свойствами и технологией получения. Известно, что большая часть его (80%) используется в чёрной металлургии для получения нержавеющей легированных сталей, остальные 20% применяются в химической промышленности и для производства металлургического молибдена. *В процессе обогащения происходят потери до 8% первичного сырья, около 10% поступает в атмосферу при металлургическом процессе и до 5% остаётся в шлаках.* Получают молибден из молибденита – MoS<sub>2</sub>. Все молибденовые руды обогащаются путем флотации с высоким коэффициентом извлечения из собственно молибденовых и медно-молибденовых руд. Содержание Мо в концентрате достигает 58%.

Наряду с антропогенными источниками техногенеза Мо, связанными с центрами добычи, ведущими источниками поступления техногенного Мо в окружающую среду выступают горно-обогатительные комбинаты: Сорский, Жирекенский и Тырнаузский, производящие 98 % Мо, а также Шахтаминское рудоуправление (до 2 %) [5,6].

### Никель (Ni)

Кларк никеля составляет в земной коре 5,8·10<sup>-3</sup> (58 г/т) и концентрируется он в основном в магматических породах: ультраосновных и основных (2,2·10<sup>-1</sup>%). Дж. Эмсли приводит данные о более высоком содержании Ni в земной коре (до 80 г/т), а в глубинных слоях вод Тихого океана – 5,7·10<sup>-8</sup>%.

Никель нашел широкое применение в промышленности. Из него изготавливают монеты, сплавы и никелируют металлические изделия. В год мировое производство Ni составляет около 800 тыс. т. Происходит очень интенсивное загрязнение компонентов природы никелем. Так, в среднем за

## Глава 5 Факторы развития техногенеза

### 5.1. Ресурсный фактор развития техногенеза

По данным ВНИИ Зарубежгеологии добыча руд черных и цветных металлов в мире в 1998 г. и в прогнозе на 2020 г. в большинстве своем выросла (табл. 5.1), что является основанием для развития техногенеза, с учетом металлургического процесса, производства изделий и их эксплуатации обществом, вплоть до поступления в отвалы.

Таблица 5.1

Динамика добычи руд черных и цветных металлов [2,6]

Руда (элемент)	Запасы, млн. т. (разведанные)	Производство, млн. т., 1998 г.	Прогноз на 2020 г.
Железо	171460	936,5	938
Марганец	3490	21	24
Хром	3681,3	11	10,5
Титан	946,2	4,39	4,8
Молибден	8,2	0,14	0,28
Ванадий	17,969	0,7	0,8
Ртуть	0,136	0,006	0,006
Медь	529,4	11,8	15
Алюминий	29,307	19	20
Никель	129,148	0,83	0,85
Свинец	220	3,1	3,15
Цинк	469,5	7,4	7,5
Кобальт	8,8	0,11	0,035

Анализ данных таблицы 5.1 позволяет сделать вывод о значительной роли (пожалуй, основной) руд черных и цветных металлов в получении широкого спектра тяжелых металлов и масштабы загрязнения компонентов природы. В год при добыче твердых полезных ископаемых (рудных) образуется свыше 100 млрд. т. руды (вместе с вскрышными породами), которые плюсоются к созданной обществом за период НТР

техносферы объемом свыше 220 Гт [3]. К данным объемам техногенного материала следует прибавить 20 млрд. т. биоресурсов, добываемых обществом ежегодно (углеводороды и растительные ресурсы). Например, мировая динамика добычи газа носит возрастающий характер от 1700 млрд. куб. м. в 1980 до 3221 млрд. куб. м. (2020 г.). Аналогичный рост добычи характерен и для нефти. Так, если в 1980 г. добывалось в мире около 3000 млн. т. нефти, то в 2020 г. планируется ее добыть около 4410 млн. т. (данные ВНИИ Зарубежгеологии). Не отстают показатели по добыче угля. Например, в 1985 г. в мире добывалось 4320 млн. т. угля, в 1998 – 4640 млн. т., то в 2020 г. ожидается незначительный спад добычи (3700 млн. т.). Эти внушительные цифры по добыче углеводородов и угля нами приводятся для показа роли их в загрязнении поллютантами окружающей среды (табл. 5.2).

Таблица 5.2

**Выбросы некоторых тяжелых металлов при сжигании угля и нефти,**  
т/год \*

Тяжелый металл	Выбросы при сжигании угля	Выбросы при сжигании нефти	Тяжелый металл	Выбросы при сжигании угля	Выбросы при сжигании нефти
Кобальт	700	30	Кадмий	140	2
Хром	1400	50	Селен	420	300
Медь	2100	23	Мышьяк	5000	10
Никель	2100	1600	Цинк	7000	40
Ванадий	3500	8200	Свинец	8500	500
Ртуть	400	1600			

\*Таблица заимствована из книги М. Н. В. Прасада, К. С. Саджавана и Р. Найду, 2009, с. 347 по данным авторов [4].

Работами геохимиков (В. М. Гольдшмидт, А. П. Виноградов, Н. В. Шабаров) показано высокое содержание микроэлементов (в т. ч. тяжёлых металлов) в углях и сланцах Hg, As, Sb, Fe, Be, Ja и др. Wo, Mo, Sn, Cu, Pb, Zn, Co, Ni, Se, В. Выявлено, что каждое месторождение угля, сланцев, нефти и газа содержит специфический набор микроэлементов [1,5,7].

потребителями ртути в мире выступают: химическая промышленность – до 38%, электронная и электротехническая промышленность – до 30%, отрасли, производящие инструменты, – около 21% и прочие производства – 21%. Основным потребителем ртути является Китай (800 – 900 т/год), США (до 550 т/год), Россия и страны Западной Европы [5,6].

Количество техногенной ртути за последнее столетие оценивается авторами неоднозначно (от 52 до 57 тыс. т). Но почти все исследователи единодушны в том, что количество техногенной ртути за 20 век больше, чем природной на 30-50% и более. По прогнозам американских специалистов, к 2025 г. поступление ртути в ОС среду должно удвоиться. Количество вторичной ртути составляет до 20% от первичной. По данным американских исследователей, основным поставщиком вторичной ртути являются развивающиеся страны. Технология производства вторичной ртути ориентирована на улавливание её из промстоков и газов предприятий, использующих ртуть в производстве. Считается, что из-за отсутствия технологии производства вторичной ртути в России до 200 т её ежегодно поступает в окружающую среду вместе с отходами.

**Марганец (Mn)**

Марганец в природе представлен одним изотопом <sup>53</sup>Mn, его кларк – 0,1 %. Мировые запасы Mn составляют около 8870 млн. т., что является основным фактором поступления техногенного Mn в окружающую среду (около 10 % в процессе обогащения и металлургического передела). Главными источниками марганца являются минералы осадочного, вулканогенно-осадочного, метаморфического генезиса: пиролюзит MnO<sub>2</sub>, браунит Mn<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, гаусманит MnMn<sub>2</sub>O<sub>4</sub>, манганит MnO(OH), вернадит MnO<sub>2</sub>·nH<sub>2</sub>O, псиломелан MnOMnO<sub>2</sub>·nH<sub>2</sub>O, родохрозит MnCO<sub>3</sub> и др. Потребление марганца промышленностью в 2000 г. составило 1100 тыс. т. Структура потребления, %: ферросплавы – 90, электротехника – 8, химия и медицина – 2 [53 с. 161]. По данным Л.П. Тигунова (1994), прогнозные запасы марганца России составляют значительную величину (150 млн. т). К фактору развития техногенеза марганца в окружающей среде, связанного с его добычей и потреблением, следует отнести заметный рост прогнозных запасов окисленных руд, широкий охват поисковыми работами на

самородная ртуть и швацит  $Cu_{10}Hg_2(As_1Sb)_4S_{13}$  (15-17%). Известно около 20 минералов, содержащих ртуть.

Главным потребителем ртути в мире выступает химическая промышленность (38%), затем следует электронная и электротехническая промышленность (30%), инструментальное производство (21%), остальные 11% приходится на медицину и прочие виды деятельности.

Помимо техногенной ртути в окружающую среду поступает громадное количество природной Hg: в качестве паров от поверхности морей и океанов, по тектоническим разломам и вулканам (эндогенная ртуть), а также из атмосферы (вымывается в виде дождя и снега). Можно утверждать, что ртуть присутствует практически во всех компонентах природы и характеризуется как природным источником ее поступления, так и антропогенным. Различные авторы утверждают о 57 тыс. т. техногенной ртути, поступившей в окружающую среду за последнее столетие. Американские исследователи приводят сведения о преобладании (на 30 – 50%) техногенной ртути над природной.

**Главным источником поступления техногенной ртути является процесс сжигания нефти, угля и сланцев, а также промышленные свалки, на которых сжигают отходы производства.**

**Важным фактором развития техногенеза Hg выступают мировые запасы ртути (136 тыс. т.), а также динамика мирового производства.** Так, самое большое количество Hg было произведено в 1973 г. (9,25 тыс. т.). В остальные годы, начиная с 1974 по 2013 гг. ее производство колебалось от 8,88 тыс. т. до 1,92 тыс. т. (min). В 2020 г. будет произведено 6,3 тыс. т. ртути. *Следовательно, антропогенным фактором поступления техногенной Hg в окружающую среду следует считать увеличивающееся ее производство и потребление.*

Ртуть была известна в глубокой древности (2000 лет до н. э.). Самые стойкие красные краски получали в Древнем Риме из киновари – минерала, содержащего ртуть. В трактате о минералах Бируни указывается, что в Средней Азии её добывали в 8-10 вв. для продажи. Ртуть интенсивно расширяется при нагревании и образует пары. Она способна растворять цветные металлы и создавать амальгамы с Ag, Au, Zn, Pb, Al. А.С. Акылбеков приводит данные о тысяче областей применения ртути. С одной стороны, это хорошо, с другой – плохо, т.к. происходит бесконтрольное поступление ртути в окружающую среду (например, разбитые градусники и др. измерительные приборы). Главными

Наиболее токсичными считаются As, Be, Hg, B, Cu, Co, Ni, Se, Pb, Vi, а также радиоактивные элементы: и продукты его распада Rd и Rn и др. Сказанное подтверждается содержанием кларков элементов в углях бассейнов России и ближнего зарубежья (таб. 3.3). Следовательно, геохимическая специализация нефти, углей, и горючих сланцев является самостоятельным фактором загрязнения почв.

Изучение микрокомпонентного состава нефти позволило получить информацию о загрязнении окружающей среды углеводородами, отходами производства, вследствие переработки и сжигания ее транспортом. Металлы содержащиеся нефти используются для получения металлов. Нукунов и др. [5] выделили три группы нефти, содержащих микроэлементы: высокое содержание (свыше 10 г/т – Fe, V, Ni, Cu, Zn, Ti, Mn); среднее содержание (от 1 до 10 г/т – Cu, Pb, Co, As, Se) и низкое содержание (менее 1 г/т – Hg, Ye, Sn, Sb, Mo, Ja). Авторы показали, что при переработке, например, ванадиевая нефть по схеме: нефть – мазут – гудрон – кокс – зола содержание ванадия в коксе возрастает до 10 раз, а в золе – в 300 раз. Известно, что такие металлы как V, Ni, Ti и др. стали добываться промышленностью из ванадий, никелевых и титан содержащих нефтей и, как следствие, происходит техногенное загрязнение компонентов природы этими металлами [3]. Отсюда правомочен вывод: **определяющим фактором развития техногенеза углеводородов является их геохимия.** Это положение характерно не только для нефти России, но и для зарубежных тяжелых нефтей и битумов (Венесуэла, Канада, США и др.). Следовательно, фактор техногенеза, связанный с геохимией углеводородов носит глобальный характер. Причем, загрязнение компонентов природы происходит не только нефтью, но и газом, и газоконденсатом. Так, по данным Газпрома (2000 г.) при превращении газа в газоконденсат наблюдается потеря компонентов до 2% от исходного количества газа. Значительное количество мельчайшей пыли содержится в золе, выбрасываемой в атмосферу от электростанций, работающих на газе [3]. Так, Пейдж приводит данные о выбросах золы в атмосферу от 4 до 120 т/сут. В этой золе по данным [9] преобладает B, а также Cd.

Приведенный вывод о загрязнении окружающей среды углеводородами в связи с их геохимией формализует следующий вывод о масштабном (глобальном) загрязнении углеводородами ландшафтов земной поверхности. Н. П. Солнцева [7] показала, *что загрязнения углеводородами земной поверхности соизмеримы с размерами*

нефтегазоносных областей и провинций, в которых осуществляется разведка и добыча углеводородов, а с учетом мировой газотранспортной системы – глобальный по масштабу источник загрязнения.

Обратимся к промышленной значимости угля. Так, в настоящее время из угля получают 38% всего потребляемого в мире электричества (табл. 5.3).

Таблица 5.3

**Производство электроэнергии из угля в некоторых странах мира**

США – 58	Индия – 66	Польша – 90	Греция – 73
Китай – 80	Европа – 85	Дания, Германия – 50	

Построено по данным [4].

При сжигании угля образуется зольный остаток. Так, в США в среднем получают 65 млн. т. золы в год, а в Греции 1 млн. т. [4]. Зола считается техногенным веществом. В ней содержится в разных количествах почти все элементы. Наиболее распространённые это Si, Al и Fe, затем следуют Ca, K, Na и Ti. В тоже время золу относят к сырью. Так, к примеру, из 58 млн. т. золы, произведенной в США в 2000г более половина ее (68%) было складировано в отвалах, а остальные (39%) было использовано в качестве составной части цемента и для покрытия снега, льда в зимний период [4]. Кстати, в Германии налажено получение из золы элементов: Zn, Hf, Co и др. Широкое применение зола нашла в качестве удобрений, подкормки почв. В золе содержатся более всего элементы: As, Cd, Pb, Mo, Ni, S, Se и Zn [4]. Более всего В и Cd оказалось в пылеулавливателях электростанций, работающих на угле (71%). Причем, эти микроэлементы сравнительно быстро выщелачиваются водой из зольных отвалов. Так, содержание В в зольном отвале за 25 лет уменьшилось с 216 мг/кг до 4,3 мг/кг [4]. Обратим внимание на тяжелые металлы Pb и Zn, получаемые при сжигании угля и нефти. Выбросы Pb – 3500 т/год при сжигании угля, выбросы Pb от сжигания нефти – 500 т/год; выбросы Zn – 7000 т/год при сжигании угля и – 40 т/год при сжигании нефти (по состоянию на 1979 г) [4].

*В современных условиях основными загрязнителями компонентов окружающей среды выступают горно-добывающая промышленность, металлургия, перерабатывающие отрасли, а также топливно-энергетические комплексы и менее транспорт.* Транспорт в последнее

добыче и обогащении железа: магнетит ( $Fe_3O_4$ ), гематит ( $Fe_2CO_3$ ), лимонит ( $FeOxOH$ ), сидерит ( $FeCO_3$ ), ильменит ( $FeTiO_2$ ) и др.

Мировое производство товарной железной руды почти всегда характеризовалось значительными величинами и стабильностью. Кризис, охвативший страны СССР, сказался спадом производства железа с 1989 по 1992 г., а в 1993 г. по настоящее время наметился спрос, и соответственно выросли объемы товарной железной руды. Так в России в 1985г было произведено 85 млн.т, в 1998г – 72.3 млн.т., а в 2020г подготовить 90 млн.т. товарной руды [8].

К действующим металлургическим комбинатам относятся следующие: Череповецкий, Липецкий, Нижнетагильский, Алапаевский, Белорецкий, Челябинский, Магнитогорский, Орский, Кемеровский, Новокузнецкий и др. Из добытой руды (206 млн. т в год) в результате металлургического передела получается около 76 млн. т товарной руды. Выплавляются до 37 млн. т чугуна и 49,3 млн. т стали, проката – 38,9 млн. т. Потери металла при обогащении и металлургических процессах измеряются значительными величинами 0,5-10 млн. т. Более половины готового металла в металлических конструкциях разрушается в процессе коррозии или поступает на переплавку в качестве металлолома. Срок действия изделий из железа без покраски антикоррозийным покрытием 15-20 лет.

### Ртуть (Hg)

Ртуть – это полезный и вредный для людей элемент. Ртуть интенсивно расширяется при нагревании и образует пары. Она способна растворять цветные металлы и создавать амальгамы с Ag, Au, Zn, Pb, Al. А. С. Акылбеков сообщает о тысяче областей применения ртути [3]. С одной стороны, это хорошо, но с другой – плохо, т.к. происходит бесконтрольное поступление ртути в окружающую среду (в виде сотен разбитых градусников и многих измерительных приборов).

Ртуть характеризуется невысоким кларком –  $8.3 \cdot 10^{-6}\%$  (по Дж. Эмсли,  $8 \cdot 10^{-5}\%$ ), но она обладает способностью образовывать концентрации, в 100 тыс. раз превышающие кларк. Основными природными источниками ртути является киноварь  $HgS$  (86,2%),

меденосным поясам и провинциям. Из зарубежных поясов и провинций известны Андский и Кордильерский пояса, Канадский щит: Канада Север и Запад США; Мексика; в Африке: Замбия, Катанга, Намибия; Австралия; Филиппины; Европа (Силезия, Мансфельд, Уэлова, Швеция, Норвегия, Финляндия). В Европе это страны СНГ: Северный Кавказ, Средний Урал, Южная Сибирь, Норильск – Талнах, Джекказган, Коунрад и др.

Присутствие геохимической аномалии меди свидетельствует о ее большой подвижности. Такие геохимические аномалии Cu, Pb и Zn установлены практически на всех уникальных и крупных месторождениях меди и полиметаллических. Например, по СНГ геохимические аномалии выявлены над Норильским – Талнахским районом, над Удоканским месторождением, Миргалисайским, Джекказганским, Коунрадским и др. [4, 21]. Существование геохимических аномалий над сульфидными месторождениями является природным источником поступления металлов в окружающую среду. Последнее подтверждается результатом геоботанических съемок над крупными месторождениями сульфидов и полиметаллов, а также процессом биологического круговорота элементов в лесных сообществах и циклов массообмена тяжелых металлов [26].

Техногенез меди (сульфидов) начинается в процессе разведки и продолжается в течение всего срока эксплуатации месторождения. Наиболее наглядно это происходит при производстве черновой меди. Так, известно, что на 1 т черновой меди приходится 2,09 т пыли, которая содержит до 15% меди, до 60% окиси железа и по 4% мышьяка, ртути, цинка и свинца. Литературные источники свидетельствуют (Карл Бакс, 1986), что на производство 1 тонны черновой руды на Минфельдском комбинате необходимо было отобрать 40 т породы (при содержании металла в руде до 25%). Он же указывает (стр. 124), что на руднике Кунферберг (Германия) с начала разработки (1220 г.) до наших дней было добыто свыше 500 тыс. т меди, 15 т серебра и 1,5 т золота. Следовательно, в отвалах за это время было накоплено более 20 млн. т техногенных грунтов.

### Железо (Fe)

Общие (мировые) запасы железа составляют около 318 599 млн. т. [табл. 5.1]. Основными техногенными элементами, поступающими при

время стал поставлять в атмосферу меньше загрязнений, поскольку общество перешло на использование очищенного бензина. Довольно продолжительное время (60-70 лет) шло интенсивное загрязнение почв свинцом от автомобилей от 3 мкг/г для сельских и до 10 мкг/г для городских ландшафтов в условиях Англии [4].

Общее количество химических элементов, поступивших в окружающую среду от разных источников в течение года показано в таблице 5.4. В таблице так же приведена сравнительная характеристика промышленного производства, поступления от природных источников и от антропогенных источников т.е. техногенных выбросов.

Таблица 5.4

### Среднегодовое поступление химических элементов в окружающую среду \*

Наименование химического элемента	Промышленное производство	От природных источников	От антропогенных источников
Fe	1 млрд. т.	-	9 тыс. т.
Mn	24 млрд. т.	-	-
Cr	11 млн. т.	-	9 тыс. т.
Ti	4.4 млн. т.	-	-
Mo	0.14 млн. т.	-	-
V	0.7 тыс. т.	-	-
Hq	6.5 тыс. т.	-	-
Cu	12 млн. т.	1.6 млн. т.	1.5 млн. т.
Ae	20 млн. т.	-	20 тыс. т.
Ni	850 тыс. т.	26 тыс. т.	74 тыс. т.
Pb	3.1 млн. т.	24.7 тыс. т.	444 тыс. т.
Zn	7.4 млн. т.	43.5 тыс. т.	11 тыс. т.
Co	6.38 тыс. т.	-	9 тыс. т.
Cd	16 тыс. т.	84.3 т.	10.6 тыс. т.
Se	120 тыс. т.	55 тыс. т.	33 тыс. т.

Наряду с изложенными данными по природным и техногенным источникам загрязнений следует подчеркнуть лидирующую роль в поставке техногенных веществ транспортом. **Поскольку транспорт в современных условиях имеет повсеместное распространение, то его следует рассматривать в качестве глобального фактора развития техногенеза, который совместно с горнодобывающими отраслями, а также с городами и агломерациями, являющимися важными источниками поступления загрязнений в окружающую среду.**

## 5.2. Геохимический фактор развития техногенеза Техногенез тяжелых металлов

### Кобальт (Co)

В природе Co встречается в горных породах, почве, воде и растениях и часто вместе с Ni. Концентрации Co в почве меняются от 1 до 40 мкг/кг, в атмосфере обычно ниже 1 нг/м<sup>3</sup>, а в промышленных центрах повышается до 10 нг/м<sup>3</sup>. (Nilson, Jensen, Garlsen, 1985).

Кларк Co довольно высокий-  $1,8 \cdot 10^{-3}\%$ , коэффициент концентрации выше 100.

Кобальт нашел широкое применение в самолетостроении и в приборостроении. По оценке специалистов в 20 веке было произведено Co от 2,3 до 2,8 млн.т. С 1985 по 1998 год ежегодное производство его менялось от 23 до 38 тыс.т., в 2020 году прогнозируется получить Co до 35 тыс. т. Мировые запасы Co составляют около 8,8 млн.т. [табл. 5.1].

В речных чистых и слабозагрязненных водах содержание кобальта изменяется от десятых до тысячных долей миллиграмма, в морских водах его содержание – 0,5 мкг/дм<sup>3</sup>, а ПДК = 0,1 мг/дм<sup>3</sup>.

Техногенез кобальта определяется его широким использованием в металлургии для изготовления жаростойких сталей и сплавов с молибденом, ниобием, никелем и вольфрамом, которые выдерживают высокие механические нагрузки и температуры (до 833<sup>o</sup>C), а также в процессе сплавов с железом, никелем, алюминием и медью. Его соединения нашли применение в качестве пигментов в керамической,

кислоты (акцепторы) с атомом кислорода образуют стабильные электровалентные связи. Мягкие кислоты, носители атомов меди, предпочитают выступать в реакции с серой, селеном образуя также ковалентные связи. Отсюда атомы меди склонны к комплексообразованию в зоне гипергенеза, а также выступают в качестве таксогенов для многих водных растений, беспозвоночных и рыб.

Следует подчеркнуть, что для меди характерны месторождения разные по площади распространения и объемам сырья от локальных до глобальных. Следовательно, техногенное воздействие её на окружающую среду носит от локального до глобального характера [7]. Для меди характерен круговорот во всех компонентах природы, а также процесс биологического круговорота Cu в лесных сообществах и циклов массообмена [2].

Анализ номенклатуры промышленных предприятий крупных промышленных городов свидетельствует о преимущественном функционировании в них отраслей: автомобильная, оборонная, машиностроительная, металлургическая электронная, выступающими основными источниками техногенной меди [7].

Мировые ресурсы меди оцениваются в 2,5-3 млрд. тонн, из которых 1/3 приходится на континенты Южной и Северной Америки. **В настоящее время в мире ежегодно производится свыше 12 млн. т. рафинированной меди.** Значительное количество произведенной меди (84%) пришлось на XX век, из которой до 30% – на последнюю четверть века. Всего за исторический период в окружающую среду поступило от  $5,17 \cdot 10^6$  до  $6 \cdot 10^6$ т техногенной меди природного и антропогенного генезиса. Кларк меди  $4,7 \cdot 10^{-3}\%$  (по Дж. Эмсли –  $5 \cdot 10^{-3}\%$ ). В морской воде (Тихий океан) содержание меди установлено в  $28 \cdot 10^{-3}\%$  (Дж. Эмсли). Основное количество металла меди получают из минералов – сульфидов: халькопирит  $\text{CuFeS}_2$  (34,5%), халькозин  $\text{Cu}_2\text{S}$  (79,9%), борнит  $\text{Cu}_5\text{FeS}_4$  (63,3%), кубанит  $\text{CuFe}_2\text{S}_3$  (22 – 24%), энаргит  $\text{Cu}_3\text{AsS}_4$  (48,3%), самородная медь Cu (до 100%), куприт  $\text{Cu}_2\text{O}$  (88,8%), малахит  $\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu(OH)}_2$  (57,4%), азурит  $2\text{CuCO}_2 \cdot \text{Cu(OH)}_2$  (55,3%). За исторический период по настоящее время произведено около  $5,04 \cdot 10^8$ т меди (по разным литературным источникам).

На значительную дисперсию запасов мировых меденосных провинций указывают многие иностранные исследователи, и почти все они пришли к выводу, что главные сырьевые ресурсы меди приурочены к ведущим

является важным критерием для развития техногенеза в перспективе. Но сдерживающим фактором развития техногенеза будет экономический, т.е. потребности металлургической промышленности в хrome. **Из практики горных работ на хром известно, что десятая часть добытого сырья поступает в окружающую среду – в среднем 8-9 тыс. тонн в год техногенного кобальта.** На одну тонну руды приходится до 3 тонн вскрышных пород.

### Медь (Cu)

Это цветной металл и является наиболее распространенным после железа и алюминия. Медь добывалась 4 тыс. лет до н.э. Мировые запасы Cu оцениваются около 3 млрд. т. Ежегодно меди производится свыше 12 млн.т. Всего в окружающую среду поступило  $6 \cdot 10^6$  т. Глобальное поступление меди от природных источников достигают 1621 млн.т.: морские соли, переносимые ветром от океана в сторону суши –100млн.т.; растительность- 75млн.т; лесные пожары – 36 и вулканический материал – 10 млн.т. Представляют интерес также данные о техногенной меди, поступающей в окружающую среду: процесс добычи первичной меди – 12-16 млн.т. в год; обогащение – 008 млн.т. в год(техногенная медь). По расчетам экологов в 2020 году масса техногенной меди достигнет 1,5 млн.т.

Техногенная медь, выпадая на компоненты природы загрязняет их. Она здесь существует в трех формах: взвешенной, коллоидной и растворимой. По данным (Дж. Мура и С. Ромамурти, 1997г) с твердыми частицами в речных водах меди содержится от 12 до 97%, а в океан её поставляется реками до 6,3 млн.т. в год, из 1% - в растворенной форме, 85% с твердыми минеральными частицами, около 6% в форме, связанной с органическими веществами и 3,5% в виде скоплений, адсорбированных взвешенными частицами. Повышенное содержание меди отмечалось в водных растениях и морских рыбах и беспозвоночных. (Trollope, Evans, 1996).

Атомы меди (природной и техногенной) ведут активный образ в окружающей среде. Так, по характеру химического взаимодействия с донорными атомами медь классифицируется как промежуточный компонент между жесткими и мягкими кислотами. Известно, что жесткие

стекольной промышленности, а также в качестве катализаторов в химической. В процессе металлургического производства и изготовления изделий из кобальта образуются разные отходы: шлаки, дымы, сточные воды, которые являются поставщиком техногенного кобальта и сопутствующих металлов в окружающую среду. Потеря металла начинается с месторождения и происходит по цепочке: дробление руды, флотация, агломерация, плавка, рафинирование. **Общая потеря металла от добычи до изделия составляет от 8 до 12 % первичной руды [5,6].**

Основными поставщиками металлического кобальта являются страны-производители: Заир, Замбия (70-80% мирового производства), Канада, Финляндия и Россия (16% мирового производства). В год от всех **антропогенных источников образуется до 11 тыс. т. техногенного кобальта.** Только от выплавки комплексных кобальтово-никелевых руд по миру в атмосферу поступает 1,8 тыс. т. техногенного кобальта. В самих минералах кобальта содержатся вредные примеси сурьмы, серы, железа, загрязняющие окружающую среду на стадии обогащения и металлургического передела: кобальтин  $CoAsS$  (содержание кобальта 35-41%), линнеит  $Co_3S_4$  (57,96%), глаукоdot ( $Co,Fe$ )  $AsS$  (23,85%), шмальтинсафлорит ( $Co, Fe$ )  $As_2$  (28,23%). В ряде других минералов кобальт представлен изоморфными примесями от 2,6%, реже – до 29% (петландит, пирротин, пирит, арсенопирит и др.) и лишь в кобальт-петландите высокое содержание (до 67%) кобальта. Значительная часть минералов содержит (от 33 до 98%) вредных примесей Fe, As, S и др. элементов.

**Ведущими поставщиками техногенного кобальта в ОС являются предприятия металлургического комплекса: первичное производство цветных металлов, никель, медь, кобальт; вторичное производство цветных металлов, производство стали, сплавов, промышленное производство от 1 до 3 тыс. т/г. Сжигание угля даёт до 0,33 тыс. т/г техногенного кобальта, а сжигание нефти и бензина – до 2000 тыс. т/г, сжигание промышленных отходов – до 0,60 тыс. т/г [1].**

Прогноз добычи и производство рудничного кобальта на 2020 год основывается на среднегодовых данных за последние 15 лет 20 века. Так, за эти 15 лет в мире было добыто и произведено первичного кобальта около 454 тыс. т. В среднем за год производилось 30,3 тыс. т кобальта. При устоявшемся рыночном показателе (с учётом прогнозируемого спроса и предложения) в 2020 году будет произведено около 35 тыс. т первичного

кобальта [3]. При производстве рафинированного кобальта (на основе используемой технологии) до 10% первичного кобальта (3,5 тыс. т) составит техногенный кобальт, который пополнит ОС.

### Кадмий (Cd)

Техногенез редких металлов рассмотрим на примере кадмия. Его начали получать для промышленности с начала 20-го века. С тех пор как кадмий стал активно применяться в промышленности (1911 год) объемы его производства резко выросли, так с 1911 по 2000 год Cd произвели более 600 тыс.т. В среднем за год промышленность мира получает 16 тыс.т. чистого кадмия. Основным фактором развития техногенеза Cd являются его мировые запасы (более 970 тыс.т.), а также природные процессы поступления кадмия. Так, баланс Cd в природе обеспечивают источники: дождь - 40,2%, ветровая пыль - 20,8%, эрозия - 9,4%, растворенный кадмий - 12,3%, взвешенный кадмий - 17% (всего около 10,6 т. в год) (Muhbaiel, Tissue, 1981). При поверхностном способе добычи Cd в атмосферу поступает в 4 раза больше распыленного кадмия, а при подземном - значительная часть их выносятся шахтными водами.

Кадмий поступал и раньше в ОС, так как он присутствует вместе с цинком в карбонатных и сульфидных рудах. Человечество добывало медь, свинец и цинк и непроизвольно загрязняло кадмием окружающую среду. Кадмий - второй элемент в триаде (Zn, Cd, Hg) периодической системе элементов. Он образует устойчивое состояние в природной среде - Cd<sup>2+</sup>. Галогениды кадмия и цинка имеют преимущественно ионную природу и неустойчивую в воздухе и воде (в отличие от ртути). Предполагают, что кадмий не способен к биологическому металлизации из-за крайней неустойчивости их моноалкильных производных.

Глобальное годовое поступление кадмия в водоёмы из природных источников составляет примерно  $8,43 \cdot 10^2$  т (работа ветра, вулканическая деятельность, лесные пожары и жизнедеятельность растений) [8]. Годовое поступление кадмия от антропогенных источников достигает  $7,19 \cdot 10^3$  т (цветная металлургия - 76 %, сжигание угля - 20 %, случайные выбросы - 4%). Исследования С. Рамамурти показали, что кадмий оказался очень подвижным элементом. Он был установлен в почвах, в донных осадках, пресноводных и морских отложениях, в воздухе и воде. Незагрязнённые

морские осадки содержат кадмия всего 0,01 мг на кг, в то время как в промышленных районах содержание его превосходит 50 мг на кг. Кадмий участвует в биологическом природном круговороте: растения, беспозвоночные, рыбы, животные являются переносчиками кадмия с суши в морские водоёмы [8,14]. Общее поступление кадмия в ОС от антропогенных и природных источников составило - 8 тыс. т/г. Можно предположить поступление кадмия в ОС за исторический период (на основе добычи и использования цветных металлов, содержащих кадмий) от антропогенных источников до 8-10 тыс. т.

### Хром (Cr)

Хром довольно распространенный элемент в земной коре. Кларк Cr - 0,083%, коэффициент концентрации - 4000. Мировое производство хрома колеблется от 8 до 12 млн. т. в год. Предполагается, что в 2020 году его будет добыто около 10 млн. т. В процессе добычи, обогащения и металлургического передела десятая часть Cr поступает в окружающую среду в виде техногенного металла. В среднем это 8-9 тыс. т. в год [7]. Фактором образования техногенного Cr выступают минералы, сплавы с хромом, промышленные изделия и металлическая пыль.

Главными минералами хрома являются хромиты - хромшпинелиды - (Mn, Fe) [(Cr, Al, Fe)<sub>2</sub>O<sub>4</sub>], а также оксиды Li, Mg, V, Ni, Co, Zn и др. Из них наиболее важным считается магнохромит, содержащий закись Cr, Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> до 60 %. По генезису месторождения хрома магматические - ультраосновного состава, а также экзогенные - коры выветривания железо-хромоникеливых и бокситовых образований. Запасы хрома на российских месторождениях сравнительно небольшие (10,9 млн. т по данным Л.П. Тигунова, 1994). Добыча хрома на Сарановском месторождении составляет всего 96,7 тыс. т (1996), а потребности в хrome металлургической промышленности достигают 700 тыс. т. Импорт руды и концентрата в 1998 году составил 466,6 тыс. т. Основное количество произведённого хрома идёт на легирование - 80, производство огнеупоров - 10, химия и медицина - 10 [56 с. 166]. Главные прогнозные ресурсы хрома связаны с Северным, Западно-Сибирским и менее - Уральским, Восточно-Сибирским и Дальневосточным экономическими районами. Прогнозные ресурсы (P1, P2) составляют по стране более 300 млн. т (1998), что