



НАУКА
И ПРОГРЕСС

Л.Г.БОНДАРЕВ
МИКРО-
ЭЛЕМЕНТЫ-
БЛАГО И ЗЛО



Издательство "Знание"

НАУКА И
ПРОГРЕСС

Л.П. БОНДАРЕВ

МИКРОЭЛЕМЕНТЫ - БЛАГО И ЗЛО

ИЗДАТЕЛЬСТВО
"ЗНАНИЕ"
Москва, 1984

ББК26.303

Б81

Рецензенты: Глазовская Мария Альфредовна, доктор географических наук, профессор; Перельман Александр Ильич доктор геолого-минералогических наук, профессор.

Автор предисловия — Андрей Петрович КАПИЦА.

Бондарев Л. Г.

**Б81 Микроэлементы — благо и зло.— М.: Знание, 1984.—
144 с.— (Наука и прогресс).**

25 к.

80 000 экз.

Уровень содержания микроэлементов в воздухе, воде и почве не безразличен для живых организмов. Человечество может и должно предотвратить нежелательные последствия геохимического воздействия на биосферу. Пути преодоления этих последствий раскрываются в предлагаемой научно-популярной книге.

Адресована широкому кругу читателей.

1903040000-071
073(02)-84

34—84

ББК26.303
552

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	5
Предисловие	3
Микрокосмическая смесь	5
«Черная нога»	21
Перечеркнутая сковорода	38
Самоотравление человечества!	99
Стратегия борьбы	120

Лев Георгиевич БОНДАРЕВ

МИКРОЭЛЕМЕНТЫ — БЛАГО И ЗЛО

Главный отраслевой редактор *В. П. Демьянов*

Редактор *К. М. Томилина*

Мл. редактор *Н. П. Терехина*

Художник *А. А. Астрецов*

Худож. редактор *Т. С. Егорова*

Техн. редактор *С. А. Птицына*

Корректор *С. П. Ткаченко*

ИБ № 6454

Сдано в набор 12.04.84. Подписано к печати 02.10.84. А 14216. Формат бумаги 84x108¹/₃₂. Бумага тип. 1, Гарнитура литературная. Печать высокая. Усл. печ. л. 7,56. Усл. кр.-отт. 7,98. Уч.-изд. л. 7,91. Тираж 80 000 экз. Заказ 4—1106. Цена 25 коп. Издательство «Знание». 101835, ГСП, Москва, Центр, проезд Серова, д. 4. Индекс заказа 847728.

Головное предприятие республиканского производственного объединения «Полиграфкнига». 252057, Киев, ул. Довженко, 3.

Введение

...В Канаде живет доктор Бейкер — ученый редкой специализации. Он занимается изучением молока диких млекопитающих. Ему не раз приходилось доить полярных волчиц, белых медведиц, лосих, самок тюленей и китов.

Животных, конечно, предварительно временно усыпляли и обездвиживали, выстреливая в них специальными патронами.

Бейкер проводит свои исследования в приполярных районах, где природа, как кажется, в наименьшей степени подвержена техногенным загрязнениям. И тем не менее обнаружилось, что содержание токсичного ДДТ в молоке диких зверей превышает допустимые пределы.

Этот пример показывает, что даже в самых отдаленных и незаселенных уголках земного шара химическая картина окружающей среды изменяется деятельностью человека.

Книга, которую вы держите в руках, посвящена одной из сторон геохимической деятельности человека — рассеиванию в окружающей среде микроэлементов (главным образом металлов) в ходе их добычи и использования. Такое обычно непреднамеренное рассеивание часто приводит к нежелательным последствиям.

Ученые познают свойства микроэлементов, источники их поступления в окружающую среду, пути миграции, воздействие на живые организмы. Накапливаются факты и цифры. Знание дает возможность осознать и трезво оценить потенциальную опасность, дать обоснованный прогноз и найти пути борьбы с загрязнением природы.

Предисловие

Проблема воздействия производственной деятельности человека на природу интересует сейчас всех. Формы этого воздействия разнообразны и приводят как к благоприятным, так и к негативным последствиям. Трудом человека созданы оазисы в пустынях, ухоженные поля на месте болотистых топей, дамбы, сдерживающие неуправляемые в прошлом разливы рек, и удобные автострады на месте прежнего бездорожья.

Вместе с тем необдуманная вырубка лесов на горных склонах приводит к эрозии почв, к появлению бурных грязекаменных потоков — селей. Увеличивающееся количество скота в засушливых районах приводит к разрушению почвенного горизонта и катастрофическим пыльным бурям. Есть сведения даже о техногенных землетрясениях, которые связаны с откачкой нефти и подземных вод и с заполнением водохранилищ.

В длинный перечень последствий техногенного воздействия на природу входит и изменение человеком химического состава окружающего мира — меняется концентрация микроэлементов в воздухе, природных водах, почвенном покрове, организмах, что не проходит бесследно для органического мира, в том числе и для человека.

Этой проблеме посвящена предлагаемая вниманию читателей книга, в которой затрагивается широчайший круг вопросов — лунная пыль, зубная болезнь, ядовитые краски, золочение куполов.

При кажущейся мозаичности изложения все эти разнообразные сюжеты подчинены одной общей, стержневой теме: содержание микроэлементов в окружающей среде («микrokосмическая смесь», о которой писал академик В. И. Вернадский) отнюдь не безразлично для органического мира.

Какова должна быть стратегия человечества в создавшейся ситуации? На этом вопросе автор останавливается в пятой главе, которая так и называется — «Стратегия борьбы». Не рассеивание, а концентрация и изоляция загрязнений, новая малоотходная, а в идеале и безотходная, «щадящая» технология — вот путь, по которому надо идти. Затронут и социальный аспект проблемы: показано, что борьба за мир и социализм объективно сливается с борьбой за сохранение здоровой среды обитания, с борьбой за чистоту нашей планеты.

Рукопись книги «Микроэлементы — благо и зло» была отобрана для публикации жюри Всесоюзного конкурса научно-популярной литературы, который был организован Правлением Всесоюзного общества «Знание». Я считаю, что живо и интересно написанную книгу Л. Г. Бондарева с пользой для себя прочтут все те, кто интересуется вопросами охраны и рационального использования природы.

А. П. Каница, член-корреспондент Академии наук СССР

Микрокосмическая смесь

Мал золотник, да дорог

Состав окружающего нас мира. Логика повествования требует бросить на первые же страницы пригоршню цифр и тем самым напомнить, что весь зримый мир состоит из атомов 107 химических элементов, известных на начало 80-х годов нашего столетия. Из 107 различных «строительных деталей» создано все, что нас окружает, причем эти детали заготовлены природой далеко не в одинаковом количестве.

Неживая материя — земная твердь, изверженные и осадочные горные породы — содержит в среднем 47 весовых процентов кислорода, 29,5 % кремния, 8,05 % алюминия и 4,65 % железа. Еще 9,83 % приходится на 4 элемента — кальций, натрий, калий и магний и всего 0,97 % — на остальные 99 элементов.

Нашу планету населяет не менее 3 млн. видов животных и растений. Жизнь везде — на горных пиках, в океанских глубинах, в пустынях, в вечном мраке глубочайших карстовых пещер. Бесконечно разнообразен внешний облик живых существ. Снегирь на покрытых инеем ветках. Клен в осеннем убранстве. Хлебный колос. Муравей. Олень. Бурая пленка лишайников на голых скалах. «Ожившая чугунная статуя» — тюлень. Раздраженная кобра. Сутуловатая горилла. Причудливые глубоководные рыбы. Земной шар окутан невидимым облаком «живой пыли» — микроорганизмов, обитающих в воздухе, в воде, в почве, внутри других организмов. Они могут существовать в экстремальных условиях — почти в кипятке и в жидком водороде, при двухсотпятидесятиградусном морозе. Чем проще устроен организм, тем более значительные отклонения от нормы он способен выдержать.

И все это богатейшее разнообразие живых существ построено в основном из немногих элементов, подобно тому как из одинаковых кирпичей построены так не похожие друг на друга соборы Новгорода, минареты Бухары, венецианские палаццо и унылые складские помещения.

В самом деле, живое вещество (имеется в виду его



средний состав) содержит 70 % кислорода, 18 % углерода и 10,5 % водорода. Кальций, калий, азот и кремний вместе составляют 1,3 % и лишь 0,2 % приходится на остальные элементы*.

Столь же ограниченный набор элементов составляет основную массу почвы, где также преобладает кислород (49 %). Далее следует кремний (33 %) и алюминий (7,13 %). Еще 4 элемента (железо, углерод, кальций и калий) в сумме составляют 8,53 % и только 2,24 % приходится на оставшиеся элементы. Как будто несколько гигантов окружены толпой карликов.

Микроэлементы. Четыре пятых химических элементов имеют среднюю распространенность, измеряемую сотыми долями процента и меньше. Их называют микроэлементами. К ним относятся, в частности, почти все тяжелые металлы. Но и среди микроэлементов встречаемость весьма различна. Например, среднее содержание меди в земной коре равно $4,7 \cdot 10^{-3} \%$, а золота — $4,3 \cdot 10^{-7} \%$.

Главнейшая особенность микроэлементов — их всеобщность. Будучи необычайно распыленными, рассеянными, они присутствуют буквально повсюду, хотя и подчас в исчезающе малых количествах.

Около 70 элементов определено в минерале цинковая обманка, столько же — в угольной золе. В атмосфере эти же десятки микроэлементов входят в состав тончайших минеральных частиц — пыли.

В море «...в капле воды мы должны найти все химические элементы», — предсказывал В. И. Вернадский в 1909 г. Так оно и оказалось — к настоящему времени в водах Мирового океана обнаружены все известные на Земле химические элементы и их изотопы, причем содержание 74 элементов определено количественно.

Сказанное относится и к космическому материалу, непрерывно поступающему на поверхность нашей планеты.

«...Небесный камень кончил свой путь в мировом пространстве и стал гражданином нашей земли. Минералог, геолог, химик с восторгом встречают этого пришельца из чуждого нам мира и употребляют все выработанные наукой

* Из 107 элементов таблицы Менделеева 18 (технеций, плутоний, менделевий, курчатовий, нильсборий и др.) были получены искусственно. Позднее технеций и плутоний были обнаружены в земной коре, но неизвестно, присутствуют ли в ней все синтезированные элементы.

средства, чтобы разузнать от него что-нибудь об его родине. Его шлифуют, толкут, растворяют, чтобы заставить рассказать историю его происхождения, объяснить, что делается в этих загадочных и полных интереса глубинах небесного пространства, о которых так много чудесного рассказывают нам лучи света, вопрошаемые астрономами», — говорил выдающийся геолог А. П. Павлов в публичной лекции о метеоритах, прочитанной в стенах Политехнического музея в марте 1888 г.

К настоящему времени космические пришельцы рассказали многое, химический состав метеоритов изучен достаточно хорошо. В них количественно определено присутствие 85 элементов, которые также распределены чрезвычайно неравномерно, — 92 % с небольшим по весу приходится на железо, кислород, магний и кремний. В остальном преобладают очень скромные концентрации, причем содержание 26 элементов измеряется десятитысячными, а 17 — сотысячными долями процента.

В одном из романов Жюль Верна рассказана история о падении золотого метеорита, вызвавшего немалый ажиотаж. Писатель и в этом случае оказался провидцем — золото действительно может падать с неба. Драгоценные металлы обнаружены в метеоритах, но увы, не в таком количестве, о котором писал известный фантаст.

За пять с половиной веков (с 1492 по 1950 г.) во всем мире наблюдались при падении и были подобраны 608 метеоритов общей массой 52 т. (точнее, 51 963 кг). Во всех этих «небесных камнях» содержится около 250 г серебра, приблизительно столько же золота и столько же платины. Относительно возможности извлечения драгоценных металлов из метеоритов известный советский астрофизик и популяризатор науки Б. А. Воронцов-Вельяминов высказался вполне определенно: «Смысл в этом был бы такой же, как добывать средства к жизни продажей булавок, оброненных дачниками среди осенних листьев в лесу».

Интересно, что первые химические анализы осколков метеорита в окрестностях знаменитого Аризонского кратера создали впечатление о высоком содержании платины и иридия. Поскольку, по мнению прежних исследователей, главная масса метеорита (ее оценивали в десятки тысяч тонн) должна была находиться внутри самого кратера, возникла заманчивая идея извлечь драгоценную небесную руду. Организовали акционерную компанию. Приступили к

разведочному бурению. Однако впоследствии обнаружилось, что анализы неправильны. Работы были остановлены. Платиновая лихорадка прекратилась.

Практически все элементы таблицы Менделеева содержатся в почве.

Относительно состава растений и животных крупный ученый-геохимик А. П. Виноградов еще в 1935 г. писал: «По существу, вопрос, какие химические элементы составляют живое вещество, отпадает. Нарождается же другой, в каких количествах находятся они в том или другом виде организмов».

Состав «хлеба насущного» и человека. Илья Ильф и Евгений Петров утверждали, что, кроме числа стульев в СССР, статистика знает все. Мысль, безусловно, правильная. Во всяком случае, тщательно подсчитано среднесуточное потребление с пищей многих химических элементов, включая редкости вроде тантала, осмия или рения.

Английские авторы подсчитали суточное потребление различных элементов вместе с пищей. Оказалось, например, что житель Великобритании ежедневно поглощает 5400 мг хлора и 4600 мг натрия, 23,2 мг железа, 0,32 мг свинца, по 0,3 мг серебра и сурьмы, 0,01 — 0,001 мг золота, по 0,001 — 0,0001 мг платины и урана... Всего был определен суточный рацион для 40 элементов.

Цифры, естественно, осредненные, относящиеся к среднестатистической «душе населения». У 60 млн. англичан не может не быть больших различий в ежедневном «микроэлементном меню». К тому же у каждого из них это меню разное летом и зимой, в будни и праздники. Конечно, и у обитателей других местностей — Явы, Тибета или Судана — суточный рацион микроэлементов будет выглядеть иначе.

А из чего состоит сам человек? Какие химические элементы входят в ткани его тела и в каких количествах?

Эта проблема очень занимала академика В. И. Вернадского. Он обобщил все материалы, имевшиеся в начале 20-х годов, и в 1922 г. в Петрограде вышла в свет его брошюра «Химический состав живого вещества в связи с химией земной коры». Там была помещена таблица, цифры которой отвечали на вопрос: из чего состоит человек?

Три четверти по весу приходится на кислород и водород. Прав был немецкий физиолог Эмиль Дюбуа-Реймон, назвавший человека «одушевленной водой». Если же приплюсовать сюда еще углерод, кальций и азот, то на долю

пяти элементов приходится 97,4 %. Десятки других химических элементов, вместе взятые, составляют 1/40 весовую часть человека, но они присутствуют повсюду, проникают в его плоть, мозг, кровь.

Состав человека близок к среднему составу живого вещества. Это и не удивительно, ведь человек существо всеядное.

Во мне... и длинные нити меха, и плоды,
и зерна, и коренья, годные в пищу,
четвероногими я весь доверху набит,
птицами весь я начинен...†

В старых популярных изданиях встречаются подсчеты вроде таких: содержащейся в теле человека извести хватит на побелку курятника, железа — на гвоздь средних размеров, фосфора — на 2200 спичек и т.п.

Шестьдесят лет назад В. И. Вернадский писал о присутствии 24 элементов в человеческом организме.

Теперь мы знаем, что в человеческом зубе установлено обязательное присутствие 43 элементов, и, кроме того, еще 25 элементов могут находиться в зубной ткани ‡.

В 1964 г. в сыворотке крови было установлено количественное содержание 78 элементов. Заметим, что исследовалась кровь здоровых людей среднего возраста 35 лет; все они были донорами Красного Креста. Легче сказать, чего нет в крови. Нет инертных газов, трансурановых элементов и элементов под номерами 84 — 89 (полоний, астатин, франций, радий, актиний).

Кровь солона. Уже давно обратили внимание на поразительное сходство состава человеческой крови и морской воды.

Если сравнивать ионный состав этих двух жидкостей, то в крови на долю натрия и хлора приходится 76,2 %, а в морской воде — 85,9 %. Для калия цифры будут соответственно 2,3 и 1,1 %, а содержание кальция в том и другом случае одинаково — по 1,2 %. Близкие значения отмечены и для других элементов.

Такое сходство не случайно. Оно постоянно напоминает

* Уитмен Уолт. Песнь о себе,

** В действительности же по закону всеобщего рассеивания в зубах должны присутствовать практически все химические элементы, имеющиеся в земной коре. Часть из них просто еще не определена из-за очень малых концентраций. Сказанное относится и к сведениям о составе мумие, угольной золы и пр., о чем пойдет речь ниже.

нам о тех гипотезах, согласно которым зарождение и развитие жизни произошло в океане.

Наш пращур, что из охлажденных вод
Свой рыбий остов выволок на землю,
В себе унес весь древний океан
С дыханием приливов и отливов,
С первичной теплотой и солью вод —
Живую кровь, струящуюся в жилах[§].

Конечно, всякое определение содержания микроэлементов в человеческом организме, основанное на анализах крови, мышечной или костной ткани и т.п., представляет собой не что иное, как некий «моментальный снимок», «стоп-кадр». Ведь те несколько десятков элементов, наличие которых установлено в теле человека, находятся в непрерывном движении — поступают в организм, пребывают в нем, задерживаются, накапливаются, покидают его... Одни микроэлементы медлительны, другие — торопливы. Вся эта пестрая и изменчивая во времени (в определенных пределах) картина связана с процессами обмена веществ, составом пищи и воды, составом вдыхаемого воздуха, зависит от возраста и индивидуальных особенностей организма.

Итак, без малого вся таблица Менделеева в куске горной породы, в комке гумуса, в ежедневном обеде, в капле крови и в капле морской воды, в метеоритной пылинке! Такое распределение элементов В. И. Вернадский назвал **«микрокосмической смесью»** (в малых дозах везде).

Неповторимость химического состава видов. Да, можно найти общее в составе человека и тростника! Но, с другой стороны, внимательно сравнивая состав двух организмов, всегда можно заметить элементы, различия в концентрациях которых очень велики. В процентном отношении человек содержит в 34,5 раза больше кальция и в 40 раз больше йода, чем тростник, но в 20 раз меньше никеля. Тростник содержит в 80 раз больше йода, чем люцерна.

Итак, при сравнении химического состава разных живых организмов выявляются противоречивые особенности, находящиеся в диалектическом единстве. Содержание преобладающих элементов — кислорода, водорода и углерода — всегда характеризуется близкими цифрами. Но зато различия в концентрации отдельных микроэлементов

* Волошин М. Огонь.

могут быть очень значительными, что придает черты химической неповторимости каждому виду. Еще более двухсот лет назад французский естествоиспытатель И. Руэлль-старший выдвинул оригинальный подход к разделению растительного царства. Он полагал, что чисто биологические методы классификации могут быть заменены химическими анализами.

Эта идея не отвергнута и сейчас. «Нам представляется бесспорным положение, что химический состав организма есть его признак — видовой, родовой и т.д.», — пишет академик А. П. Виноградов. Но в направлении конкретной разработки этой проблемы пока сделано мало.

В чем причина индивидуальности химического состава видов? В центрах их образования миллионы поколений организмов сменяли друг друга и постепенно приобретали специфический состав, отражавший особенности химизма среды. Те микроэлементы, которые характеризовались более широкой распространенностью на родине вида, неизбежно поступали в организмы в большем количестве; вырабатывалась способность организмов накапливать эти микроэлементы в определенных концентрациях и сочетаниях. Приобретенное качество передавалось по наследству.

Чрезвычайно интересно, что это качество сохранялось и в том случае, если при расширении ареала вид оказывался в совершенно иной геохимической обстановке благодаря «памяти» вида, его привычке брать определенные микроэлементы (даже если окружающая среда бедна ими). Видимо, именно наследственностью объясняется склонность даурской лиственницы концентрировать ниобий, кукурузы и хвоща — золото**), свеклы и табака — литий, а ядовитой бледной поганки — селен. В такой концентрации не всегда виден физиологический смысл. «Химический состав организма хранит признаки своего происхождения», —

* Зола болотного хвоща содержит 600 г/т золота — в 6000 раз выше уровня его среднего содержания в почве. «Если учесть, что содержание золота в руде 2—3 г/т уже считается промышленным, можно легко представить себе, что заросли болотного хвоща — это богатые золотые россыпи», — пишет советский почвовед М. А. Глазовская.

** Теоретически, исходя из закона микрокосмического рассеяния, мы должны предположить наличие всех известных на Земле элементов в любом организме. Те элементы, которые аналитически сегодня не обнаруживаются, присутствуют, очевидно, в очень малых концентрациях.

пишет А. П. Виноградов.

«**Есть два огня...**». Среди элементов таблицы Менделеева выделяют 21 биофил, т.е. такие элементы, которые **обязательно** входят в состав **любого** живого организма**.

Это прежде всего, кислород, водород, углерод, азот и сера — великолепная пятерка, из которой формируются белковые молекулы. Далее следуют весьма широко распространенные фосфор, хлор, магний, калий, натрий и железо. Остальные десять принадлежат к микроэлементам: йод, бор, цезий, ванадий, марганец, медь, цинк, молибден, кобальт и селен. Биофилы входят в состав любого живого существа, будь то человек, сосна или рак-отшельник. Без них жизнь невозможна. Другие микроэлементы, хоть и не являются такими универсальными, как упомянутые десять, также существенно влияют на развитие жизни, несмотря на более чем скромные, часто почти неуловимые концентрации.

При этом отнюдь небезразлично их количественное содержание в организме. Один и тот же элемент (даже биофил), в зависимости от концентрации может быть и полезным, и вредным, может заслуживать и похвального слова, и справедливого обвинения. Как тут не вспомнить Максимилиана Волошина:

Есть два огня: ручной огонь жилища,
Огонь камина, кухни и плиты, Огонь
ламп и жертвоприношений, Кузнечных
горнов, топок и печей

И есть огонь поджогов и пожаров...

Начнем с похвалы.

Многие микроэлементы выполняют строго определенные функции, будучи своеобразными катализаторами, возбуждателями, «дирижерами» тех или иных процессов в организме. Так, для спорообразования грибов нужен галлий — экаалюминий, увиденный Д. И. Менделеевым в «телескоп периодического закона» и предсказанный Дмитрием Ивановичем за 6 лет до его открытия Лекоком де Буабодраном. Размножение грибов невозможно без галлия. Он незаменим. Было испытано 77 микроэлементов, и оказалось, что ни один из них не может взять на себя роль «дублера». Содержание галлия в гумусовом горизонте почв Подмосковья составляет 0,0009 %. Воистину, мал золотник, да дорог!

Сколь малой (но необходимой!) может быть потребность

в некоторых соединениях, показывает следующий пример. Для человека суточная норма витамина В₁₂, где содержание кобальта составляет около 4 %, равна 0,001 мг!

Но эта цифра бледнеет перед следующим фактом. Теперь установлено, что в связывании атмосферного азота бактериями (десятки миллионов тонн ежегодно) решающую роль играет фермент нитрогеназа, в котором присутствуют железо, сера и молибден. Благодаря этому веществу в микроорганизмах при обычных условиях осуществляется реакция, которая в заводских установках проходит при температуре не менее 400 °С и при давлении в несколько сотен атмосфер. Фермент нитрогеназа действует в невообразимо малых количествах — на всем земном шаре его наберется всего 2 — 3 кг.

Важную роль (конечно, при определенных концентрациях) выполняют также и те элементы, которые отличаются высокой токсичностью. Например, кадмий регулирует содержание сахара в крови. Острота зрения зависит от степени присутствия селена. Ртуть обнаружена в молекуле ДНК; возможно, она участвует в передаче наследственной информации. Нужен человеку и мышьяк, известный с глубокой древности как сильнейший яд.

Похвальное слово мышьяку? Да, мышьяк его заслуживает. Он принимает участие в нуклеиновом обмене, т. е. имеет прямое отношение к синтезу белка, и необходим для синтеза гемоглобина, хотя и не входит в его состав. Недаром в последние годы мышьяк причислили к «новым элементам жизни».

При лечении анемии и некоторых желудочно-кишечных заболеваний пьют мышьяковистые минеральные воды. У нас в стране к ним относятся авадхара, вардзия, туршсу, вайхир и джермук. Содержание мышьяка в них составляет 0,7 — 1,5 мг/л. Но иногда по предписанию врача может использоваться минеральная вода, в которой содержание мышьяка доходит до 50 мг/л, т. е. в 1000 раз превосходит его предельно допустимую концентрацию в стандартной питьевой воде. Такова сахалинская вода синегорская.

Наилучшее средство против селенового токсикоза (о ядовитых свойствах этого элемента будет рассказано во II-й главе) — соединения мышьяка. Один яд подавляет другой; клин клином выбивают.

Известно и такое явление, как арсенофагия — привычное

употребление соединений мышьяка в довольно больших дозах. В Австрии это старинное народное средство укрепления здоровья у штирийских горцев. Они, постепенно приучая себя к мышьяку, доходили до его потребления «в колоссальных количествах», как сказано в первом издании Большой советской энциклопедии.

Наконец, отметим, что мышьяк вместе с более чем тридцатью другими микроэлементами входит в состав целебного мумиё — природного минерально-органического вещества, которое находят в виде натеков в пещерах и трещинах высоко в горах. В этом легендарном бальзаме, происхождение которого все еще неясно, присутствуют и другие тяжелые металлы, известные своей высокой токсичностью, — ртуть, кадмий, свинец, селен, причем процентное содержание первых двух выше средних значений для литосферы и для живого вещества, что можно рассматривать как признак избирательной концентрации этих элементов. Кроме того, в мумиё отмечена также повышенная концентрация золота, серебра, олова и сурьмы.

И еще один факт. На далеко зашедшей стадии сонной болезни, когда поражена центральная нервная система и в мозгу наступает заторможенность — человека неудержимо клонит в сон, — больного еще можно спасти с помощью лечебного средства арсобаль, в состав которого входит мышьяк. Правда, возможен трагический исход — очень токсичный препарат нередко сам служит причиной смерти.

А теперь перейдем от похвалы к обвинениям.

Многие микроэлементы имеют самое непосредственное отношение к болезни века — раку.

В долине Мозеля виноградари издавна болеют раком легких, вероятно, из-за того, что они вдыхают пары содержащих мышьяк растворов, применяемых при опрыскивании лозы. Свинец вызывает преимущественно рак почек, желудка, кишечника, а никель — полости рта и толстой кишки... Наблюдается как бы «специализация» металлов в возбуждении рака разных органов.

Самые серьезные обвинения выдвинуты против кадмия — в этом случае наблюдается наиболее тесная корреляция между уровнем содержания металла в питьевой воде и смертностью от рака. Притом канцерогенные качества кадмия универсальны — с ним могут быть связаны все формы рака.

Справедливости ради, нужно отметить, что металлы

составляют лишь относительно небольшую группу среди многих других веществ, подозреваемых в канцерогенных свойствах. Наиболее опасными считаются продукты неполного сгорания топлива: сажа, копоть. «Прометей подарил человечеству не только огонь, но и рак», — пишет в связи с этим Н. В. Лазарев в книге «Введение в геогигиену». Онкологи приписывают канцерогенные свойства и таким, казалось бы, безобидным веществам, как скипидарное, касторовое, апельсиновое, эвкалиптовое масло, и даже прозаическим древесным опилкам, которые, как полагают, являются причиной рака носовой полости у английских столяров и краснодеревщиков.

Имеются работы, в которых заболеваемость раком, наоборот, ставится в причинную связь с **недостатком** некоторых металлов в окружающем ландшафте. Считают, что в Африке болезни способствует обеднение почвы молибденом, медью, марганцем, магнием. В северной части Уэльса смертность от рака желудка в 5 раз выше, чем в Нидерландах. Столь большое различие объясняют очень малым содержанием хрома в почвах Уэльса.

Цинк — двуликий Янус. В госпитале десять раненых принимали трижды в день по 220 мг $ZnSO_4 \cdot X H_2O$. Результаты оказались удивительными: выздоровление наступило в среднем на 34 дня скорее, чем у контрольной группы — у тех, кто не получал щепотки белого порошка.

Своеобразна изменчивость содержания цинка в волосах пациентов с тяжелыми ожогами. В течение немногих дней после несчастного случая происходит быстрое падение концентрации цинка — она уменьшается в 2 — 7,5 раза. Затем — в среднем через месяц — его содержание начинает восстанавливаться, но приближается к норме только месяца через четыре после ожога, а иногда и позднее.

Что же происходит?

Организм проводит мобилизацию имеющихся ресурсов цинка и направляет его в пострадавшие места. Цинк исцеляет, потому что он **стимулирует деление клеток**. Это его свойство выступает, однако, как универсальное, оно проявляется во всех случаях, идет ли речь о ткани развивающегося зародыша, зарубцовывающихся ранах или о злокачественной опухоли... Цинк может быть и благом, и злом.

Академик АН Грузинской ССР Э. Андроникашвили делает вполне определенный вывод: цинк способствует делению раковых клеток. Рак без цинка развиваться не

может! Экспериментально показано, что животное с привитой ему саркомой на бесцинковой диете проживет по меньшей мере в 1,5 раза дольше, чем при обычном рационе, включающем несколько миллиграммов цинка в сутки, — факт чрезвычайно интересен для онкологов.

Но и без цинка нельзя. В оптимальном количестве этот элемент необходим, ибо он входит в состав 80 ферментов, содержащихся в человеческом организме.

Плохой аппетит у детей часто склонны объяснять их капризностью и упрямством. Но он зависит, по-видимому, также и от уровня содержания в организме некоторых микроэлементов. Исследования, выполненные в Национальном институте сердца и легких (США), показали, что волосы ребят с плохим аппетитом содержат заметно меньше цинка, чем у здоровых детей. Дело значительно улучшилось после того, как в пищу детей с плохим аппетитом были включены почки и печень — органы тела, концентрирующие цинк. Точно так же сказывается на аппетите недостаток меди и никеля.

Нехватка цинка (вместе с другими факторами) способствует развитию болезни бери-бери, издавна известной в странах Дальнего Востока. Больного можно узнать по походке: в начале заболевания он старается ставить ногу на пальцы или на наружный край стопы, щадя пятку, а потом ему приходится пользоваться костылями...

С недостатком цинка связан также карликовый рост у животных и растений.

Литий и шизофрения. Американские исследователи пришли к выводу, что недостаток лития способствует маниакально-депрессивным психозам, шизофрении и другим психическим болезням. Между ними и содержанием лития в питьевой воде существует обратная связь. С атмосферными осадками корреляция, напротив, прямая (осадки разбавляют поверхностные и грунтовые воды и концентрация лития уменьшается).

Из почвы литий извлекается свеклой и табаком.

Микроэлементы помогают ставить диагноз. Итак, избыточное или недостаточное поступление микроэлементов в организм может быть причиной очень серьезных заболеваний. Если это так, то отличающийся от нормы уровень содержания тех или иных элементов может сигнализировать о грозящем заболевании еще тогда, когда никаких явных признаков недуга не наблюдается. Таким образом,

микроэлементы помогают поставить диагноз или предсказать близкую болезнь.

Если в крови содержание меди превышает обычное — это признак анемии, вызванной нехваткой железа. Содержание цинка возрастает при перегрузках организма, при переутомлении, длительном напряжении — при стрессе, как принято теперь говорить. А незадолго перед инфарктом в крови быстро нарастает концентрация никеля и марганца.

Видимо, диагностическое значение может иметь также анализ микроэлементов в ногтях, волосах и слюне.

Геохимическая экология. В последние годы на стыке геохимии, физической и медицинской географии, биологии и физиологии сформировалось новое направление — геохимическая экология. Новая отрасль знания занимается исследованием того, как геохимические факторы среды влияют на организмы, как формирование и развитие живого вещества планеты зависит от химизма окружающей среды, от характера миграции химических элементов в ландшафте, от биохимических процессов фиксации разных элементов организмами и включения их в новые формы соединения в живых организмах. Особое внимание уделяется тем отклонениям, которые обусловлены избытком или нехваткой тех или иных химических элементов в среде обитания.

Неблагоприятное влияние недостатка какого-либо элемента можно устранить искусственным изменением концентрации недостающих соединений. Но при дальнейшем увеличении содержания этого элемента — необходимого и полезного! — вновь возникают сбои в функционировании организма, появляются отклонения от нормы, аномалии развития и обмена веществ, нарушается правильная деятельность тех или иных органов, возникают эндемические заболевания, уродства... (рис. 1).

Поэтому важной задачей геохимической экологии является установление тех критических (или пороговых) концентраций микроэлементов, выше и ниже которых в деятельности организмов появляются заметные нарушения. Излишне говорить о том, сколь велико практическое значение таких исследований.

Приведем несколько примеров, заимствованных из работы В. В. Ковальского; значения пороговых концентраций химических элементов даны в миллиграммах на 1 кг почвы.

Кобальт. Малая концентрация (менее 2 — 7) приводит к

анемии, эндемическому зобу, недостаточному синтезу или отсутствию витамина B_{12} . При концентрации более

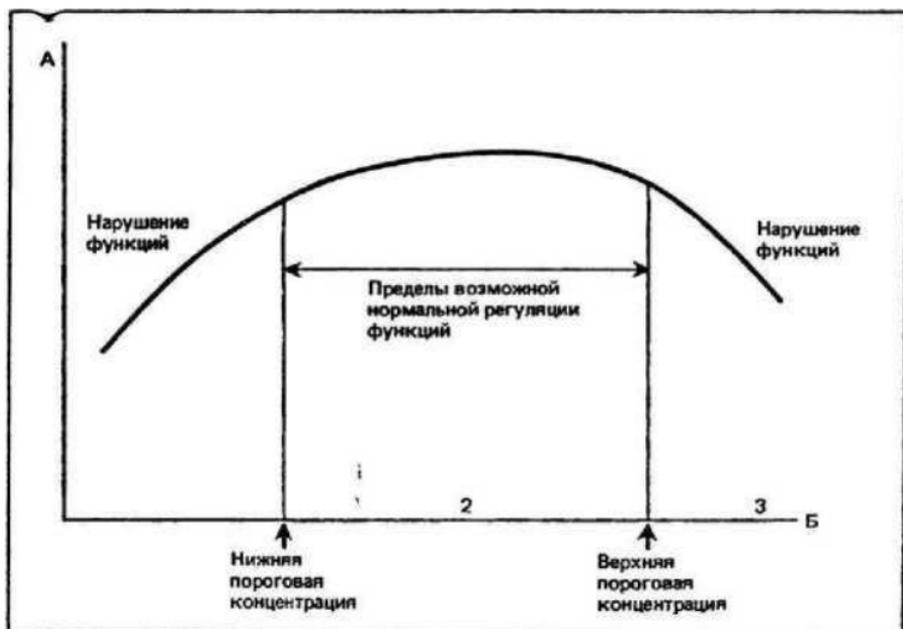


Рис. 1. Зависимость регуляторных процессов в организме (А) от содержания микроэлементов в пище (Б) (по В. В. Ковальскому, 1972)

30 также угнетается выработка витамина B_{12} в организме.

Медь. При малых концентрациях (6 — 15) возможна анемия и заболевания костной системы, а избыток — более 60 — поражает печень, вызывает желтуху.

Цинк. Недостаток этого элемента (до 30) — причина карликового роста животных и растений, переход через верхнюю пороговую концентрацию (70) угнетает окислительные процессы в организме и является причиной анемии.

Йод. Давно известно, что его нехватка (содержание менее 2 — 5 мг/кг почвы) вызывает зобную болезнь. При избытке (более 40) наблюдается ослабление синтеза йодистых соединений щитовидной железы.

Приводились средние значения пороговых концентраций, ведь они различны не только для разных видов, но и для индивидуальных организмов в пределах одного вида. Значения критических концентраций могут иметь также сезонную изменчивость (токсичность ядов увеличивается при повышении температуры).

Далее, проблема усложняется тем, что значения поро-

говых концентраций для определенного элемента зависят еще и от степени концентрации других веществ. Например, установлено, что в условиях Украины предельно допустимая концентрация марганца в черноземах равна 1000 мг/кг, а ванадия — 100 мг/кг. Но при совместном присутствии этих двух элементов значения их ПДК уменьшаются вдвое.

У разных элементов нижняя и верхняя пороговые концентрации разделены интервалами различной протяженности; в ряде случаев эти интервалы могут быть очень узкими (молибден, кадмий).

Итак, пример пороговых концентраций подтверждает старую истину о золотой середине. Наше самочувствие, настроение, здоровье могут зависеть от немногих миллиграммов металлов-микроэлементов, избыточных или недостающих.

Высказано мнение, что сердечно-сосудистые заболевания — этот бич современного человечества — в некоторых случаях могут развиваться, помимо других причин, также и из-за нарушения равновесия микроэлементов в организме. Действительно, есть наблюдения, заставляющие думать, что цинк, магний, хром, ванадий снижают уровень холестерина в крови, кадмий повышает кровяное давление, а недостаток меди сказывается на эластичности кровеносных сосудов.

«Между живыми существами и мертвой материей есть чудесная связь».*

* Гюго В. Отверженные.

«Черная нога»

Особый интерес и практическое значение имеет выяснение закономерностей поведения и распределения микроэлементов в среде обитания человека.

В. В. Добровольский. География микроэлементов. Глобальное рассеяние.

Геохимические аномалии. Есть территории, где содержание тех или иных микроэлементов в разных компонентах ландшафта — в горных породах, природных водах, в почве, воздухе, а следовательно, и в организмах — намного отличается в ту или другую сторону от обычного, среднего содержания. В таких случаях говорят о геохимических аномалиях.

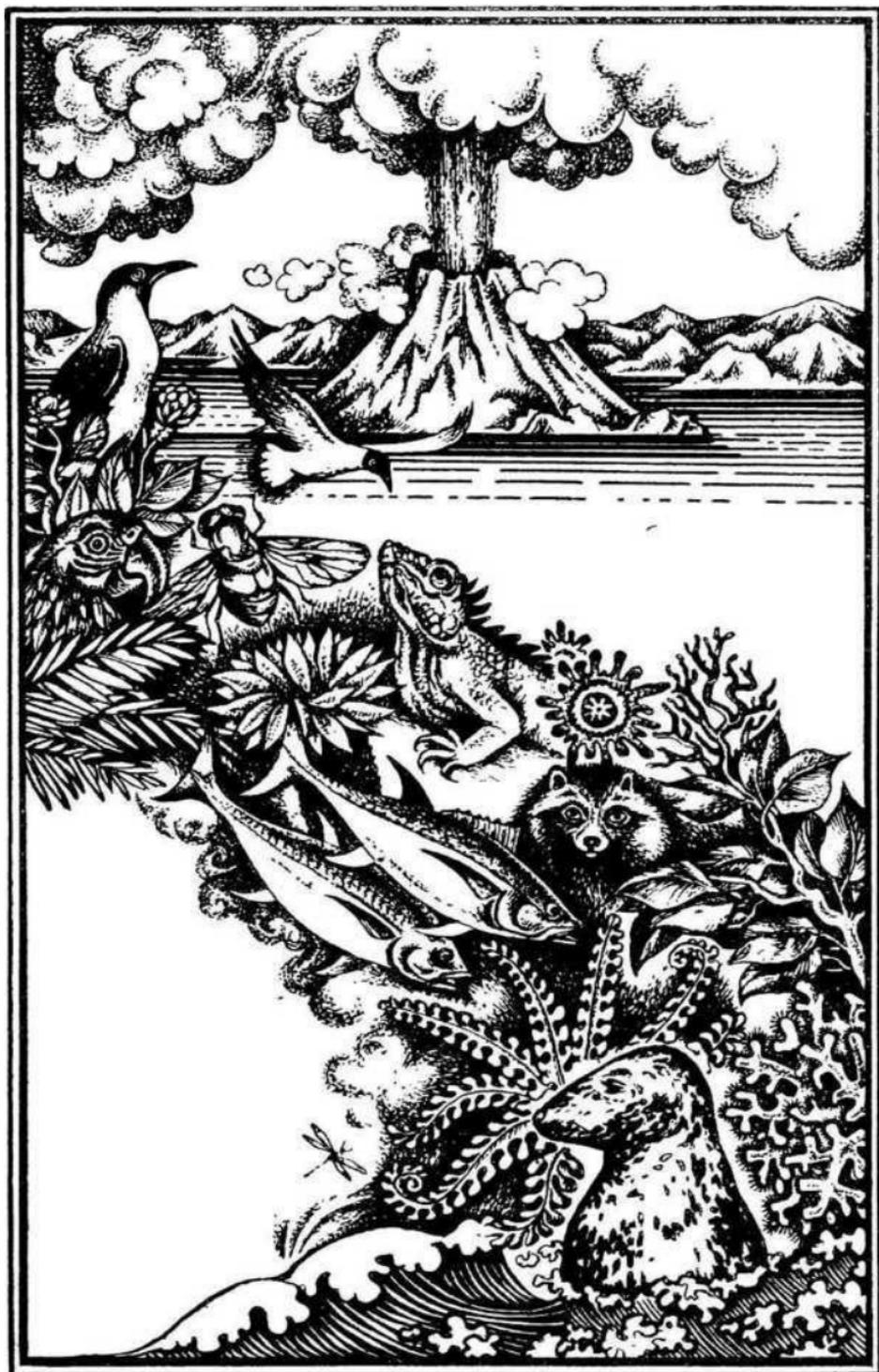
Выявление таких аномалий, их исследование, установление причин возникновения, поиски путей, ограничивающих отрицательное влияние на человека, — одна из важнейших задач геохимии, геохимической экологии, медицинской географии.

Рай, в который вторгаются силы ада. Вулканические извержения сопровождаются значительным выбросом многих микроэлементов, быстрым изменением «химического лица» ландшафта. Последствия могут быть и хорошими и плохими для органического мира.

Во многих случаях вулканический пепел представляет собой великолепное удобрение; содержащее все необходимые растениям элементы, кроме азота. Издавна славилась плодородием почвы в окрестностях Везувия. «...Если только позволяет климат, край, где много вулканов, легко может стать раем для земледельческого населения. Но в этот рай время от времени вторгаются силы ада», — пишет известный вулканолог Гарун Тазиев.

Интересное сравнение приводится в книге В. И. Влодавца «Вулканы Земли». На Яве плотность населения превышает 700 человек на 1 кв. км, в то время как расположенный рядом Калимантан имеет очень редкое население — около 1 человека на 1 кв. км. Заметных различий в климатических условиях нет. Все объясняется тем, что 35 действующих вулканов на Яве регулярно удобряют почву.

А вот свидетельство другого автора: «Деревни и рисо-



вне террасы крестьян подходят к кратеру вулкана на расстояние нескольких километров, поэтому периодические грязевые потоки, тучи пепла и обвалы, а также извержения могут вызвать большие человеческие жертвы и материальные разрушения. Но плодородие вулканических почв так велико, что крестьяне снова возвращаются на опустошенные склоны горы, несмотря на сопряженный с этим риск. За вулканом установлено постоянное наблюдение, и при приближении опасности население предупреждается при помощи сирен» (Добби Э. Юго-Восточная Азия). Речь идет о вулкане Гунонг-Мерапи на Яве.

К этой выдержке остается добавить еще, что люди предпочитают селиться главным образом на юго-восточных склонах вулкана (рис.2). Почему? В окрестностях Гунонг-Мерапи господствуют ветры, дующие с северо-запада. Они относят плодородный пепел на юго-восток от кратера.

При катастрофических извержениях взрывного типа тончайший пепел выбрасывается на большие высоты и атмосферная циркуляция разносит его на громадные расстояния. Возможно даже глобальное рассеивание частиц, о чем говорят следующие факты. Полгода спустя после знаменитого извержения 1883 г., когда взорвался остров Кракатау и в атмосферу поступило 18 куб. км. пепла^{††}, во всем мире были отмечены светлые ночи и необычайно живописные зори — ими любовались жители европейских столиц, о них упоминает в своих дневниках Н. М. Пржевальский, находившийся тогда в пустыне Гоби. Причину этих оптических явлений объясняли присутствием значительного количества взвешенного материала в верхней тропосфере. Облако окутало весь земной шар.

На Камчатке давно заметили, что после тех вулканических извержений, которые сопровождаются умеренными выбросами пепла (а такие случаи здесь нередки), наблюдается существенное увеличение биомассы фитопланктона — микроскопических водорослей. Следствие этого — вспышка размножения циклопов и дафний, которыми, в свою очередь, питается красная рыба. В итоге лососевое хозяйство

^{††} Известны и гораздо более грандиозные извержения. Вулкан Тамбора на острове Сумбава (Индонезия) в 1815 г. выбросил, по разным подсчетам, от 30 до 300 куб. км. рыхлого материала. Наиболее вероятной считается величина 50 — 80 куб. км.

получает несомненную пользу. Но при больших

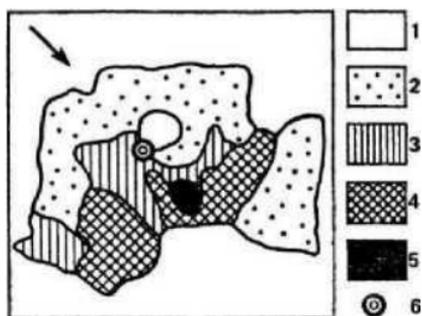


Рис.2. Размещение населения на склонах вулкана Гуонг-Мерапи на Яве. Плотность населения: 1 — менее 100—300 чел./ кв. км; 2 — 300—500 чел./кв. км; 3—500—700 чел./кв. км; 4 — 700—900 чел./кв. км; 5 — более 900 чел./кв. км; 6 — кратер вулкана. Стрелка показывает направление господствующих ветров. (Из книги Э. Добби «ЮгоВосточная Азия», М., 1952)

в реках и озерах Камчатки гибнет много рыбы.

Мы перешли к отрицательным геохимическим последствиям вулканической деятельности.

Под небеса плывет заразный этот смрад —
 Зловонный красный дым из дьявольского чана
 Сквозь жуткую трубу Везувия-вулкана.
 А Этна? Стромболи? А Геклы с их огнем? ‡‡

Гекла находится в Исландии. Животный мир и растительность острова не раз жестоко страдали от извержений. Часто отмечались случаи отравления животных. Особенно памятна трагедия 1783 г. Тогда на юге острова, недалеко от ледникового покрова Ватна-Йокуль, образовалась в земле трещина длиной 25 км. Вулканические выбросы сливались в сплошную стену, черную днем и багровую ночью. Извержение то затихало, то усиливалось и продолжалось пять месяцев. Тонкий вулканический пепел разносило ветром по всей Исландии, и он оседал на пастбищах. Половина скота погибла от отравления, начался голод и эпидемии. Население страны сократилось на десятую часть.

Иногда вредные последствия извержения могут сказываться много столетий спустя. Например, в Новой Зеландии есть районы, где овцы, поедая траву, страдают от болезней, связанных с избытком кобальта, который усваивается растениями из доисторического пеплового горизонта.

Ртутные геохимические аномалии. Некоторые районы современного вулканизма характеризуются весьма высо-

‡‡ Гюго В. Торквемада.

ким содержанием ртути в окружающей среде. В июне-июле 1972 г. в разных частях Исландии были взяты пробы воздуха. Оказалось, что в столице страны — Рейкьявике — содержание ртути равно $0,62 \text{ мкг/м}^3$ §§, на вулканическом острове Сурстей, образовавшемся 14 ноября 1963 г., — 5,6, в окрестностях Геклы — 6,1, а в районе знаменитого фонтанирующего источника Большой Гейзер, название которого стало нарицательным, — $37,0 \text{ мкг/м}^3$.

Последняя цифра в несколько тысяч раз превосходит обычное содержание ртути в воздухе невулканических районов ($0,0011 \text{ мкг/м}^3$). Концентрация $0,3 \text{ мкг/м}^3$ считается в СССР предельно допустимой.

Глубоководные морские осадки вокруг Исландии также отличаются повышенным количеством ртути, особенно значительным у южных, юго-западных и западных берегов в соответствии с направлением господствующих ветров.

На Гавайях отмечены случаи, когда концентрация ртути в атмосфере превосходила 20 мкг/м^3 . В морских рыбах, обитающих у берегов архипелага, также временами обнаруживают аномальное содержание ртути. Высоким содержанием этого микроэлемента отличаются некоторые горячие источники Японии.

Ртуть вредно действует на почки, органы пищеварения, центральную нервную систему, сердце. Резко падает кровяное давление. При остром отравлении наблюдаются вспышки психического возбуждения с возможными галлюцинациями, которые сменяются упадком сил. В рассказе И. А. Ефремова «Озеро горных духов» все эти ощущения переданы очень точно. Повествование идет от имени художника Чоросова:

«Я очень устал, руки дрожали, в голове временами мутилось и подступала тошнота. Тут я и увидел духов озера. Над прозрачной гладью воды проплыла тень низкого облака. Солнечные лучи, наискось пересекавшие озеро, стали как будто ярче после минутного затмения. На удалявшейся границе света и тени я вдруг заметил несколько столбов призрачного сине-зеленого цвета, похожих на громадные человеческие фигуры в мантиях. Они то стояли на месте, то быстро передвигались, то таяли в воздухе. Я смотрел на небывалое зрелище с чувством гнетущего страха.

§§ Мкг — микрограмм — миллионная часть грамма.

...Я вдруг почувствовал прилив сил, зрение обострилось, далекие скалы будто надвинулись на меня, я различил все подробности на крутых склонах. Схватив кисть, с дикой энергией я подбирал краски, стараясь торопливыми мазками запечатлеть необыкновенную картину.

Легкий ветерок пронесся над озером, и мгновенно исчезли и облако, и сине-зеленые призраки. Только красные огни в скалах по-прежнему мрачно поблескивали, дробясь на воде в отбрасываемых скалами тенях. Возбуждение, охватившее меня, ослабело, недомогание резко усилилось, словно жизненная сила утекала с концов пальцев, державших палитру и кисть. Предчувствие чего-то недоброго заставило меня торопиться. Я закрыл этюдник и собрал свои пожитки, чувствуя, как страшная тяжесть наваливается мне на грудь и голову...»

Герой ефремовского рассказа едва не погиб. Он долго болел; путешествие на Озеро горных духов давало о себе знать многие годы спустя.

Все признаки острого ртутного отравления описаны с большой точностью.

Конечно, такая геохимическая аномалия, когда несколько часов пребывания на ее территории могут стоить человеку жизни, возможна только на страницах фантастического рассказа. Обычно же реальные геохимические аномалии действуют на человека медленно, исподволь.

Впрочем, и в реальной жизни может быть всякое. Вот информация к размышлению. Вершина Аконкагуа в Андах Южной Америки считается среди альпинистов трудной. Но главная опасность — не обвалы и лавины, хотя здесь их хватает, а специфическая утомляемость, сердечные приступы и галлюцинации, из-за которых поведение человека часто становится неконтролируемым. Геохимическая аномалия?..

Уровская болезнь. В первой половине прошлого столетия были основаны поселения забайкальских казаков на реке Уров (левый приток Аргуни, берущий начало в отрогах Нерчинского хребта) и в соседних долинах. Вскоре среди поселенцев появилась странная болезнь — искривление костей, их ломкость, боли в суставах. Местное население называло больных «коряжными», а болезнь — «коряжной болезнью». Больные нередко едва были в состоянии передвигать ноги и становились полными инвалидами. Уродства поражали не только человека, но и домашних

животных.

Первое описание болезни относится к 1849 г и принадлежит перу Ивана Корейского, который опубликовал сообщение «Об уродливости жителей берегов реки Урова в Восточной Сибири». Там он, помимо прочего, писал: «Девыцы, выданные с Урова замуж в другие деревни, этой уродливости не подвергались, если ранее не имели ее. Девыцы, привезенные сюда из других мест, будучи совершенно здоровыми, по прожитии здесь нескольких лет подвергались уродливости, но только в меньшей степени, нежели уроженцы Урова...»

Напрашивался такой вывод: болезнь связана с какими-то особенностями местного ландшафта. Совершенно интуитивно Юренский назвал виновника заболеваний — воду, которая в той заболоченной долине «весьма неприятна даже на взгляд».

Между тем среди казаков Первого пешего казачьего батальона, сформированного в 1851 г. и расселенного по Урову, уже на следующий год обнаружались признаки «коряжной болезни». Врач Н. И. Кашин освидетельствовал более 800 человек и у половины обследованных нашел явные симптомы непонятого заболевания. В некоторых селах болело до 85 % жителей. Недуг стал отражаться на успешности рекрутских наборов, и пришло распоряжение покинуть берега Урова. Однако вскоре долину заселили опять — привлекали хорошие пахотные земли.

Проходили десятилетия, а тайна уровской болезни так и не была раскрыта. Относительно ее причин высказывались разные взгляды: интоксикация свинцом и кадмием, авитаминоз, грибковое заболевание, воздействие коллоидного золота и фтора, недостаток кальция и т. д. Но все эти гипотезы не подтвердились.

При Советской власти была организована Уровская научно-исследовательская станция Академии медицинских наук СССР. В 30-х годах работало несколько биогеохимических экспедиций, написаны десятки статей. Теперь считается установленным, что таинственное заболевание вызвано повышенной концентрацией в природных водах стронция. Эта точка зрения получила строгое экспериментальное доказательство — уровская болезнь была вызвана у подопытных животных, пищевой рацион которых отличался от рациона контрольной группы лишь избытком стронция при дефиците кальция.

Свойства этих двух элементов во многом схожи, это элементы-близнецы. Стронций всегда встречается совместно с более широко распространенным кальцием. В кристаллической решетке минералов кальция всегда присутствуют атомы стронция. То же самое и в организме — оба элемента принимают участие в построении скелета. Однако, будучи более подвижным, стронций не задерживается долго в костной ткани. Следствие этого — рыхлость костей и их деформация.

Зобная болезнь. Там, где ландшафты бедны йодом, люди часто страдают из-за чрезмерного разрастания щитовидной железы. Обычно отрицательные йодные аномалии приурочены к горным районам, но они известны и на равнине, например в некоторых местностях в бассейне верхней Волги. Зобная болезнь была издавна известна в Альпах.

«...В Швейцарии, где встречаются мужчины-красавцы, — и именно в сердце гор, например, в Гасли и в Верхнем Валлисе, — есть, однако, и многое множество кретинотичных, особенно зобатых полукретинотичных, придурковатых и уродов. Немало и таких, которые не больны, а с виду как будто поражены сей болезнью. Эти опухоли, эти раздутые шеи можно приписать наличию в воде и тем более в воздухе грубых частиц, которые, скопляясь, забивают дыхательные пути и словно сближают питание человека с питанием растений. Возможно, земля здесь слишком хороша для остальных животных, но еще слишком первобытна для человека?»

Быть может... скалы, пропасти и воды, всегда бегущие во тьме ущелий, выделяют грубые и, так сказать, чересчур жесткие частицы, вредные для наших тонких органов чувств? ...Так природа, которой свойственно все перемешивать, окружила неведомыми опасностями романтическую красоту непокоренных человеком земель»***.

В этих строках, написанных в самом начале XIX в., интуитивно высказана совершенно правильная мысль: причина нездоровья людей — особенности ландшафта, в частности, качество воды. В главном Э. де Сенанкур прав, а к деталям будем снисходительны!

В наши дни зобную болезнь предупреждают простым и

*** Сенанкур Э. де Оберман.

надежным способом — добавлением к поваренной соли небольшого количества йодистого калия (25 г на 1т).

Жесткая и мягкая вода. Такие названия в обиходе установились давно. Чем больше растворено в воде солей кальция и магния, тем выше ее жесткость и тем менее ценится она в хозяйстве — на стенках котлов быстро осаждаются накипь, при стирке расходуется лишнее мыло.

Но для нормального ритма деятельности сердца необходимо достаточное поступление кальция и магния — они обеспечивают правильный электролитический обмен в его тканях. Поэтому, надо полагать, что в районах с жесткой водой уровень заболеваний сердца должен быть ниже, чем в районах со слишком мягкой водой.

Статистика подтверждает такой вывод: в Европе наиболее высокие показатели смертности от указанной причины отмечаются в Швеции, Финляндии, Шотландии, т. е. в пределах распространения древних кристаллических пород, в зоне с относительно мягкой питьевой водой.

Эндемический нефрит на Балканах. В некоторых небольших по площади районах Болгарии, Румынии и Югославии издавна отмечался высокий уровень почечных заболеваний. Болезнь обычно проявляется к 30 — 35 годам. По долинам Савы и Дравы есть села, где у половины жителей наблюдаются явные признаки болезни. Причина — медленное и непрерывное отравление кадмием, свинцом и никелем, которые поступают в организм с питьевой водой.

В другой части Европы — на Оркнейских и Шетландских островах — присутствие свинца в материнской породе (красноцветных песчаниках) является, по мнению некоторых авторов, причиной высокой заболеваемости рассеянным склерозом.

Лысые овцы. В «Путешествиях Гулливера» Дж. Свифта упоминается ученый, который мечтал облагодетельствовать человечество, выведя породу бесшерстных овец †††. Эта проблема не изнуряла бы мозг гения Лапутянской академии, когда бы последний был знаком со свойствами селена.

††† В течение 250 лет выдуманный Свифтом селекционер был воплощением нелепости. Но в наши дни специалисты в области генетической инженерии стали заниматься похожей проблемой — они работают в направлении выведения бесперых цыплят. С появлением таковых будут экономиться время и деньги, затрачиваемые на ощипывание птицы. Но главное, другое: на оперение расходуется около 25 % белков, потребляемых цыплятами. Привлекает перспектива существенного уменьшения расходования кормов.

Избыток этого элемента в растениях (содержание порядка $5 \cdot 10^{-6}$ %) вызывает облысение овец и болезни копыт, выпадение перьев у птиц.

В СССР такие геохимические аномалии описаны на территории Тувы. Там животные получают с кормом около 2 мг селена в сутки. Этого вполне достаточно, чтобы вызвать признаки хронической интоксикации.

Любопытно, что упоминание о болезни лошадей в Восточном Туркестане и Западном Китае, очень похожей на «селеновую болезнь», принадлежит знаменитому Марко Поло, который пересек Центральную Азию 700 лет назад. Но до сих пор эта версия не подтвердилась.

Селен — единственный элемент, который при высоком содержании в растениях может вызвать внезапную смерть животных и человека. Известен случай гибели в течение одной ночи большого стада овец, которые паслись на пастбище в пределах селеновой геохимической аномалии. У животных нарушалась координация движений, они стояли, пошатываясь, с опущенной головой и помутневшими глазами, прежде чем пасть на землю.

В некоторых местностях Венесуэлы были отмечены заболевания людей, употреблявших в пищу обезьяний орех (коко де моно — *Lecythis ollaria*). Первые описания отравления относятся еще к 1560 г. Сразу после приема плодов начинается тошнота, рвота и понос. Спустя одну-две недели у заболевших происходит полное выпадение волос, которые, впрочем, к зависти тех, кто лысеет постепенно, впоследствии могут восстановиться. Эта болезнь вызывается присутствием соединений селена в обезьяньем орехе.

Растения в селеновых аномалиях (содержание селена в почве в 1000 раз выше среднего) становятся ядовитыми из-за того, что селен замещает серу в белках, аминокислотах и, по-видимому, в эфирных маслах.

Кобра подмосковных лесов. Смертельно ядовитые селеносодержащие растения есть и в средней полосе России. «По-настоящему ядовит и беспощаден в наших лесах только один гриб. Называется он бледной поганкой. Если сравнивать со змеями, то остальные ядовитые — вроде гадюки, после укуса которой человек чаще всего выживает. Бледную поганку можно сравнивать только с гюрзой или коброй, пожалуй, даже она страшнее, потому что бывали все же случаи, когда после укуса и этих змей человека вылечивали при помощи специальных сывороток... Такие

случаи, вероятно, редки, но они были. Зато не удалось еще спасти ни одного человека, съевшего бледную поганку.

Все лекарства мира бессильны против нее. Это зависит не от того, что ее яд сильнее яда гюрзы... но и от того, что этот гриб коварнее змеи, хотя змея в человеческом представлении олицетворяет коварство. Коварство бледной поганки состоит в том, что много часов после рокового ужина или обеда съевший поганку не замечает никаких признаков отравления. Никакого беспокойства, никаких тревог. А между тем яд делает свое дело. Потом появляются признаки, но тогда уже поздно...

Вот какое злодейство может произрасти из доброй земли, из доброго воздуха, из доброй воды, из доброго солнца»^{†††}.

По преданию бледной поганкой был отравлен в 54 г. н. э. римский император Клавдий. Яд подмешала в пищу его племянница (она же четвертая жена) Агриппина.

В настоящее время каждый год на всем земном шаре погибает от отравления грибами, плодами и ягодами около 50 тыс. человек, столько же — от ядов животных.

В ядовитых грибах селен концентрируется независимо от того, растут ли они на территории геохимической аномалии или нет. Подмосковный красный мухомор имеет концентрацию селена в 100 раз более высокую, чем в почве. Входящий в состав мухомора мускарин похож по своим свойствам (парализующее действие) на кураре — яд, применяемый кочевыми аборигенами амазонских дебрей...

Интересно, что в высшей степени токсичный селен принадлежит к числу биофилов, т.е. тех элементов, которые обязательно присутствуют в **любом** организме. Это отчасти объясняется, может быть, следующим. Селен — двойник истинного биофила серы, обязательно входящей в состав белков и других органических соединений. Но, с другой стороны, доказано, что у животных, не получающих селена, разрушаются красные кровяные тельца. Значительная концентрация этого элемента в сетчатке глаза говорит о том, что он необходим для восприятия света.

Для животных селен остроотоксичен при концентрации в пище более 5 мг/кг., но необходим при концентрации менее 0,1 — 0,5 мг/кг

Наконец, этот элемент может выступать и в роли

† † † Солоухин В. Третья охота.

целобного снадобья. Его введение снижает токсический эффект соединений ртути: снимает симптомы умеренного отравления и предотвращает смертельный исход при тяжелых отравлениях. При этом селен не ускоряет выведение ртути из организма, а изменяет ее распределение по тканям и органам.

«Черная нога». Так местное население называет болезнь, до недавнего времени очень распространенную в пределах небольшого района в западной части Тайваня. Ее очаг ограничен всего 15 милями вдоль берега и 10 милями внутри острова.

Впервые эта болезнь — разновидность сухой гангрены — была отмечена немногим более 70 лет назад. Ранее в этой местности ее не знали. Причины недуга раскрыты, хотя это потребовало немалых усилий.

Дело заключается в следующем. В начале нашего века растущее население стало испытывать недостаток в пресной воде, и между 1900 и 1910 г. было вырыто много колодцев. Стали пользоваться глубокими грунтовыми водами, а они содержат мышьяк в количестве 1,2 — 2,0 мг/л, что в 24 — 40 раз превосходит его предельно допустимую концентрацию в питьевой воде. Мышьяк и оказался виновником болезни.

Мышьяковые аномалии описаны также в Швейцарии, Новой Зеландии (долина Вайотапу) и в некоторых других местах. В этих районах содержание мышьяка в почве в 2000 раз превосходит среднее значение. Там угнетена растительность, погибает скот.

Серебряная вода Ранги. В Индии ежегодно десятки миллионов паломников приходят к берегам Ганги. Самый многолюдный из всех религиозных праздников — кумбхамала — отмечается раз в шесть лет в городе Илахабаде, расположенном при впадении в Гангу р. Джамна. Он начинается 9 января и длится в течение месяца. Согласно поверью, пилигрим, окунувшийся во время кумбхамалы в воды священной реки, очищается от всех грехов.

В 1982 г. более 3000 автобусов и 350 дополнительных поездов привозили паломников в Илахабад со всех уголков Индии. В кульминационный день праздника на трехкилометровом отрезке берега Ганги скопилось до 10 млн. человек. Временный городок для приезжих занимал 10 кв. км. Много людей прибывает также и в Бенарес, где, согласно легенде, Будда прочитал свою первую проповедь.

А теперь выдержка из описания священной реки,

имеющая отношение к проблеме микроэлементов:

«Стоя по колени в воде, люди совершали традиционное омовение. Приседали женщины в лиловых и оранжевых сари, погружаясь по грудь. Из особых сосудов промывали носоглотку йоги. Чуть дальше беззаботно плескалась в реке молодежь... Для одних — священное омовение, для других — просто купание в жару. На соседней набережной стирали белье, купали ребятишек, бережно окунали в священную влагу больных и немощных, приехавших сюда на исцеление. Может быть, кто-то и вылечивался, но большей частью все-таки умирали. Не удивительно, что именно здесь, на Ганге, ежегодно вспыхивают самые разнообразные эпидемии, прежде всего холеры. Поражает лишь сравнительно низкий показатель смертности. При такой санитарии он мог бы быть раз в сто больше. Тут уже вступает в действие тайна священной реки, чья вода не портится даже в открытых сосудах при сорокаградусной жаре. Ученые, которые заинтересовались этой загадкой, сразу же подумали о «серебряной воде»... И действительно, в водах Ганги нашли высокий процент серебра. Очевидно, при долгом своем пути с вершин Гималаев река проходит где-то через породы, содержащие бактерицидный металл. Если вспомнить историю Лурда или всевозможные коллизии со «святой водой», которые имели место в России еще в этом столетии, то понятной становится и фанатическая вера индийцев в чудотворную силу матери Ганги.

Все приемлет великая река: болезни и надежды, пепел погребальных костров и просто мертвые тела тех, кому каста, а кому карма уготовила вечный приют в водной стихии. Уста и ноги самой Индии омывает вечная труженица Ганга, кормилица и скорбная утешительница»§§§.

Микроэлементы и близорукость. Иногда геохимические аномалии обнаруживаются в давно обжитых районах. Так, например, при детальном исследовании распространения близорукости на Украине было установлено, что более высокий процент близорукости (среди школьников сельских районов) наблюдается в тех местностях, где в почве понижено содержание меди, цинка, кобальта, йода и некоторых других элементов. Таковы в

§§§ Парнов Еремей. Боги лотоса. Критические заметки о мифах, верованиях и мистике Востока. М., Политиздат, 1980.

первую очередь горные лесные ландшафты. Наименьший процент близоруких отмечен в степных районах.

Растения помогают искать руду. При разработке проблемы геохимических аномалии выявилась возможность поиска ископаемых по аномалиям растений. Возникло новое направление поисков — индикационная геоботаника.

Еще в 1763 г. М. В. Ломоносов писал о том, что растения над рудными жилами отличаются от окружающих: «На горах, в которых руды или другие минералы роятся, растущие деревья бывают обыкновенно не здоровы, то есть листья их бледны, а сами низки, кривлеваты, сувороваты, суковаты, гнилы и прежде совершенной старости своей... Трава, над жилами растущая, бывает обыкновенно мельче и бледней» (Ломоносов М. В. О рудных местах и жилах и прииске их).

Теперь известно, какие отклонения или уродства вызывает у растений избыток того или иного микроэлемента. Так, никель обесцвечивает цветы, марганец придает им красноватую, а медь — голубоватую окраску (имеется в виду один и тот же вид растения). Округлые лепестки мака становятся изрезанными и уменьшенными в размере при повышенном содержании свинца и цинка. Желтые листья с зелеными прожилками — признак избытка хрома, а при избытке кобальта или никеля на листьях появляются белые пятна. При высоком содержании в почве молибдена и меди лепестки мака становятся крупнее и на них необычно разрастаются черные полосы. Они выходят к краям лепестков, чего никогда не бывает при фоновых концентрациях (рис.3). Карликовые формы указывают на возможное присутствие цинка и урана.

Известны растения-индикаторы. Галмейная фиалка встречается, как правило, на почвах с повышенным содержанием цинка (это ее свойство было известно рудокопам еще в средние века), а некоторые виды мхов совершенно определенно указывают на избыток меди в почве — в Швеции они помогли открыть три месторождения.

Советский геохимик Д. П. Малюга при описании одного из районов Центральной Тувинской котловины обращает внимание на то, что там древние выработки медных месторождений «всегда окружены красноватой каймой, создаваемой окраской приуроченной растительности — лишайников, качима (*Gypsophila patrinii*) и др.». «Приуроченность качима к древним медным выработкам, — пишет он далее, —

объясняется толерантностью
**** по отношению

Рис. 3. Изменчивость окраски лепестков мака спутанного: А — нормальный цветок; Б — цветок растения, выросшего на почве с высоким содержанием меди и молибдена. (Из книги Д. П. Малюги «Биогеохимический метод поисков рудных месторождений». М., 1963)

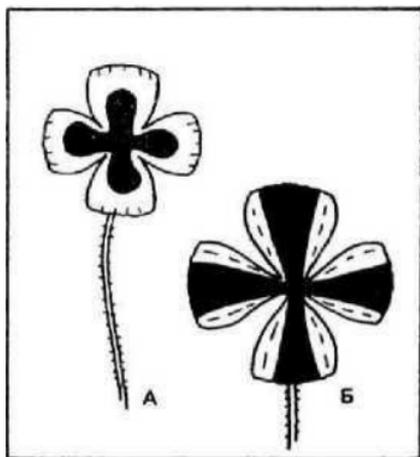
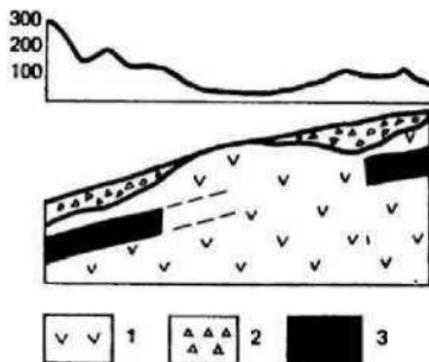


Рис. 4. Содержание молибдена в золе растений (10^{-4} %) в связи с геологическим профилем на примере одного из месторождений в Армении: / — коренные породы; 2 — рыхлые отложения; 3 — рудная зона (Из книги Д. П. Малюги «Биогеохимический метод поисков рудных месторождений». М., 1963, с упрощениями)



к повышенным содержаниям меди в почвах, достигающим 1 %. Об этом свидетельствует и значительное содержание меди в золе качима, растущего над рудой (до 0,1 %)».

В Австралии, в Квинсленде, золотоискатели при поисках месторождений прослеживали кусты жимолости. Этот кустарник предпочитает расти на почвах, характеризующихся повышенным содержанием золота и серебра. Белые цветы жимолости видны издалека, поэтому весна — наиболее благоприятное время для разведки.

Другой метод поиска — биогеохимический — основан на исследовании химизма растений. Возможна такая ситуация:

**** Толерантность — устойчивость, сопротивляемость; tolerancia по-латыни — значит терпение.

внешне растения ничем не отличаются от обычных, но их зола имеет ненормально высокое содержание того или иного металла. Это может быть связано с залеганием рудных тел близко к поверхности (рис.4). Особенно перспективно опробование золы растений в отношении пайсков никеля, меди, цинка, свинца, урана. Содержание цинка и никеля в золе растений-индикаторов может достигать до 10 %.

Эффективность биогеохимического метода поиска металлов возрастает при движении с севера на юг, при переходе от тундры к пустыням, потому что в этом направлении значительно увеличивается глубина проникновения корней. В зоне вечной мерзлоты они редко достигают до 1 — 1,5 м. В умеренном поясе наибольшая глубина отмечена для дуба — до 5 — 6 м в полувековом возрасте. В пустыне же корни скромной верблюжьей колючки проникают на 15 м. При строительстве Суэцкого канала были найдены корни тамариска длиной 30 м; на такую же глубину и даже глубже проникают корни черного саксаула. Благодаря циркуляции подземных вод, растения могут «чувствовать» руду на более значительных глубинах — до 60 м и больше.

Гидрохимические аномалии глубоководных впадин. Геохимические (вернее, гидрохимические) аномалии известны и в Мировом океане. Они приурочены, как правило, к участкам тектонически спокойным, активным в сейсмическом и вулканическом отношении. Таковы рифты — гигантские разломы земной коры, по которым может происходить «выдавливание» вещества из мантии.

Чрезвычайно интересный пример такого рода аномалий — глубоководные впадины, обнаруженные на дне Красного моря (их известно более полутора десятков). Это своего рода котлы с горячей и очень соленой водой. Температура, замеренная во впадине Атлантис-1, равна +56,5 °С. Пока это рекорд. На Земле не известно других пунктов, где бы придонные морские воды были постоянно нагреты до такой степени.

Их общая соленость более чем в 7 раз превосходит обычную. Концентрация кальция и меди увеличена в десятки, свинца — в сотни, а железа, марганца и цинка — в тысячи раз. Не исключено, что в недалеком будущем здесь будет налажена добыча некоторых металлов.

Во время работ советской океанологической экспедиции в Красном море в начале 1980 г. ученые на борту спускаемого аппарата «Пайсис» сделали 30 погружений,

изучая гидрохимические аномалии. Рекордное погружение достигло глубины 2030 м.

Во впадине Вальдивия экипаж «Пайсиса» наблюдал фантастическую картину — необычайно четкую грань раздела между придонным рассолом и обычной морской водой. Граница раздела была беспокойна, по ней пробегала рябь внутренних волн.

Акванавты проникли и в толщу рассола. Вода мутнела, двигатели аппарата надрывались, с трудом преодолевая сопротивление тяжелой жидкости, в кабине стало жарко, С помощью «механической руки» были взяты образцы рассола, металлоносных илов и коренных пород дна.

Мы ознакомились с геохимическими аномалиями и видим, что микроэлементы рассеяны в пространстве не просто в малых дозах, а в малых и очень непостоянных дозах, которые могут различаться в тысячи раз. Для живых организмов это не проходит бесследно.

Перечеркнутая сковорода

Не говори мне: шар земной.

Скажи точнее — Шар Железный.

К. Бальмонт. Железный Шар

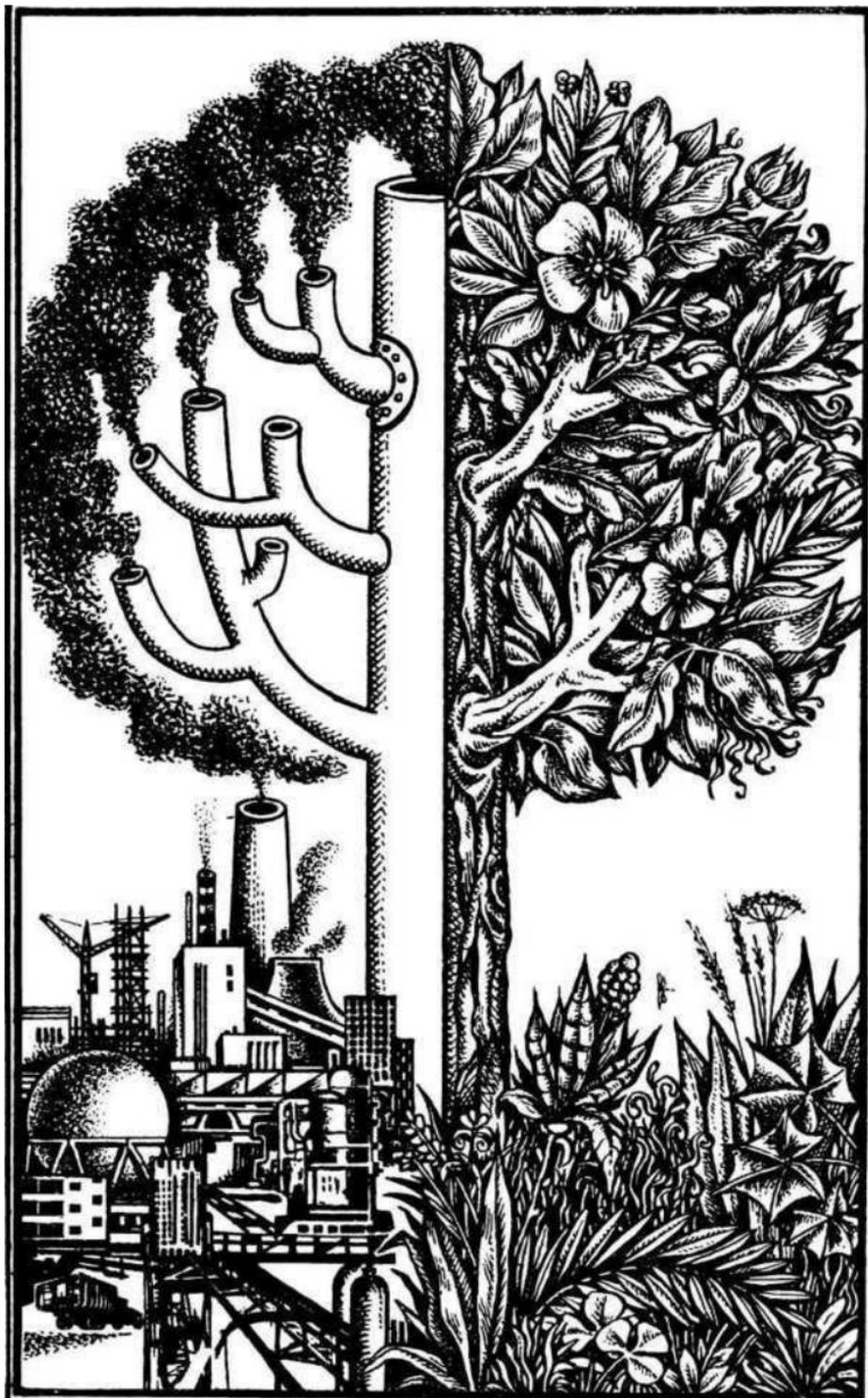
Итак, пространственные различия в содержании микроэлементов в горных породах, почвах, природных водах, атмосфере, в живых организмах огромны. С появлением человека и по мере роста масштабов его деятельности эта пестрая мозаика обогащается новыми красками и все более и более усложняется.

Производство металлов человеком. Противоречивость процесса концентрации — распыление. В ходе своей хозяйственной деятельности человек нарушает естественное распределение химических элементов в природе. Наиболее наглядно это видно на примере металлов, которые почти все относятся к микроэлементам ††††.

В VII — VI тысячелетии до н.э. в Анатолии и Двуречье выплавляют первый металл. В развитии цивилизации это был шаг гигантского значения. Все дальнейшее развитие человечества немыслимо без производства металлов. Без металлов немыслимы век пара, век электричества, нейлоновый век, атомный век, космическая эра... Если уж пользоваться подобной терминологией, то, по существу, мы и теперь продолжаем жить в железном, вернее, в стальном веке.

Современная добыча руды открытым способом поражает воображение. Многие карьеры превосходят размерами знаменитый метеоритный кратер в Аризоне, справедливо считающийся одним из геологических чудес света (поперечник — 1300 м, глубина — 175 м). Например, открытые разработки медной руды в Бингем-Каньоне (штат Юта, США) имеют диаметр 3000 м и 1000-метровую глубину; из котлована ежедневно извлекают 180 тыс. т пустой породы и 90 тыс. т руды. Кстати, эта вырытая человеком

†††† Если говорить о распространенности в земной коре, то из 70 металлов лишь 13 (алюминий, железо, кальций, натрий, калий, магний, титан, марганец, хром, стронций, ванадий, цирконий, барий) не принадлежат к микроэлементам, т. е. имеют распространенность больше 0,01 %.



сверхъяма находится не очень далеко от Аризонского кратера (штаты Юта и Аризона граничат). Что касается карьеров глубиной 100 — 500 м, то они теперь не редкость.

Содержание металла в железных рудах достигает 60 — 70 %. Но железо — исключение. Другие руды обладают гораздо более скромными концентрациями. Свинцовые и кобальтовые руды разрабатываются с содержанием металла 1 — 2 %, никелевые — с содержанием 1,2 — 1,5, медные — с содержанием 0,4 %. Урановые руды, добываемые в Южной Африке, содержат 0,02 % урана. На крупнейших рудниках ЮАР среднее содержание золота составляет от 7 до 28 г/т, т. е. 0,0007 — 0,0028 %. Таким образом, добывая металл, человек **концентрирует** его.

Но уже в процессе выплавки металлов начинается их неизбежное распыление, рассеивание, которое в индустриальных районах можно видеть воочию: «Впереди до половины небосвода возвышалась как бы низкая гора, состоящая из разноцветных — угольно-черных, яркобелых, рыже-коричневых, лимонных, аметистовых — дымов, медленно вылетающих, как бараны, из двухсот труб металлургического комбината, который длинно лежал в сумраке у подножия этой дымовой горы скоплением покрытых инеем доменных печей, мартенов, висящих в воздухе газопроводов, извивающихся, как огромные удавы, эстакад, высоковольтных передач‡‡‡‡.

Доменные газы, уходящие в воздух при получении чугуна, содержат колосниковую пыль, в состав которой входят железо, кальций, магний, марганец, свинец, ртуть, медь, мышьяк... Весьма сложны по составу отходы медеплавильной промышленности. На 1 т черновой меди приходится 2,09 т пыли, в которой содержится до 15 % меди, до 60 % окиси железа и по 4 % мышьяка, ртути, цинка и свинца. Из плавильных печей выбрасываются в атмосферу также никель, кобальт, молибден и другие металлы. Индустриальные районы окружены «техногенной атмосферой», не похожей на «доисторическую».

Это мы,

Превращая древесную кашу в газеты,

Шкуру — в шубы и кожу телят — в переплеты для книг,—

Это мы надышали воздушный покров нашей пыльной и душной планеты...§§§§

‡‡‡‡ Катаев В. Трава забвения.

* Железо не принадлежит к числу микроэлементов — его среднее содержание в

Как ни вспомнить еще ироничного Карела Чапека, который писал в «Побасенках будущего»: «...Тогда считали, что земная атмосфера состоит из кислорода, водорода, азота и редких элементов в газообразном состоянии. Ужас! Какое невежество!»

Выплавленный металл воплощается в изделия, которые в процессе использования изнашиваются, истираются, подвергаются коррозии. К сегодняшнему дню во всем мире выплавлено не менее 24 млрд, т. железа*, а весь мировой металлофонд (все наличное железо в сооружениях, машинах, механизмах) составляет около 9 млрд, т. — не менее 15 млрд, т. «съедены» ржавлением, рассеяны в биосфере... Знаменитая Эйфелева башня (7,3 тыс. т. металлических конструкций) давно была бы уничтожена коррозией, если бы не краска — каждые 7 лет 50 т. серо-коричневой краски возвращают ей свежесть. Кстати, на окраску уже затрачены средства, превышающие стоимость самого сооружения.

О масштабах рассеивания техногенного железа на территории СССР можно судить по таким цифрам. В 1958 г. в металлофонд страны поступило 39,4 млн. т «нового металла», а расход составил 3 млн. т. Из них 1,5 млн. т. уничтожены коррозией и еще 1,5 млн. т. распылены за счет истирания трущихся частей работающих механизмов, ковшов экскаваторов и драг, лемехов плугов, железнодорожных рельсов и колес вагонов. Через 22 года президент Академии наук СССР А. П. Александров во вступительном слове на сессии Общего собрания академии отметил, что в СССР прямые потери от коррозии составляют около 15 млн. т. стали в год... Истинная величина техногенного рассеивания железа на территории СССР будет еще больше, если принять во внимание его потери при транспортировке руды, при ее плавке (переход в атмосферу с доменными газами) и т. п.

Нигде у нас в стране коррозия не идет с такой быстротой, как в Батуми, где годовая сумма осадков превосходит 2500 мм. Это сказывается на самом облике города. К. Г. Паустовский писал, что с высоты птичьего полета, с достаточно большого удаления этот город каждый раз

земной коре равно 4,65 % по весу. Но на примере этого металла особенно ярко проявляется масштабность геохимической деятельности человечества.

казался ему «нагромождением ржавого дымящегося железа, брошенного к подножию сумрачных гор».

Недаром именно там расположена испытательная площадка лаборатории защиты от коррозии. Сочетание трех факторов приводит к быстрому изнашиванию металла: высокая температура, постоянная высокая влажность и присутствие в воздухе морских солей.

Батуми дает некоторое отдаленное представление об условиях морского тропического климата, где в иные годы слой осадков достигает 23 м (Чёррапунджа в Индии). Половина всех дождей на земном шаре проливается между 20° северной и 20° южной широты, и в этой полосе ржа ест железо особенно жадно.

Ныне на всем земном шаре ежегодно выплавляется более 0,7 млрд, т. стали, а уничтожается коррозией, по разным оценкам, от 10 до 25 % этой величины ***** . Для восполнения потерь добывают новую руду, изделия из которой рано или поздно ждет та же судьба.

Средняя продолжительность жизни стальных изделий, находящихся в употреблении, составляет около 15 лет. Таков же средний возраст изделий из многих цветных и черных металлов. Никакие предохранительные покрытия, смазки, лаки, краски, использование сплавов не могут предотвратить болезни металлов — окисление, ржавление, распыление в окружающей среде.

Коррозия — рыжая крыса — Грызет металлический лом†††††.

Какая польза народному хозяйству от изучения лунной пыли? Коррозия, подобно ненасытному дракону, сожрала миллиарды тонн железа. Она каждый год уничтожает плоды труда десятков миллионов людей и приносит громадный ущерб во всех странах. Но теперь стало известно противоядие против этого зла. Как ни удивительно, его открыли при выполнении программы космических исследований!

***** Последняя цифра — 5% — представляется явно преувеличенной. Дело в том, что некоторые авторы отождествляют вес металлических изделий, выведенных из строя коррозией, с безвозвратными потерями от нее. Но негодные корродированные изделия могут быть отправлены на переплавку, и полученный металл опять включится в металлофонд.

††††† Шефнер Вадим. Пустырь.

Дело было так.

При анализе доставленных на Землю образцов лунного грунта в них было обнаружено чистое железо. В самом этом факте нет ничего странного — ведь на Луне нет атмосферы, там отсутствует кислород и поэтому нет процессов окисления. Удивительно другое — время шло, проходили недели, месяцы, а лунное железо в земных условиях нисколько не менялось, на нем не возникала пленка окиси, оно совершенно не подвергалось ржавлению. В этом отношении железо с Луны нисколько не отличалось от благородных драгоценных металлов — платины, золота, серебра.

Советские исследователи, которым принадлежит честь открытия этого феномена, объясняют его так. Раз на Луне нет атмосферы и она лишена магнитного поля, ее поверхность подвергается непрерывному воздействию солнечного ветра. Так называют идущий от Солнца поток очень разреженного и нагретого ионизированного газа. Его частицы представлены главным образом электронами и ионами водорода и гелия. В нашей части Солнечной системы солнечный ветер «дует» со скоростью в среднем около 320 км/с; временами возможны порывы до 700 км/с. Железо, обработанное солнечным ветром, становится устойчивым против коррозии. Почему приобретаются такие свойства, пока неясно. Что касается поверхности земного шара, то она защищена от солнечного ветра магнитным полем и толщей воздушной оболочки — атмосферы.

Итак, появляются многообещающие перспективы. Если в земных условиях будут созданы камеры с искусственным солнечным ветром, то любые стальные изделия, прошедшие в них процедуру «обдувания», получат надежную предохранительную «прививку» против «коррозионной болезни».

Какая польза народному хозяйству от изучения лунной пыли? Теперь на этот вопрос есть красноречивый ответ.

Нет и не может быть бесполезного знания, хотя иногда оно и не сразу находит практическое применение. Когда немецкий физик Г. Герц установил, что искусственно возбужденные электромагнитные колебания могут быть восприняты прибором в другом месте, он сказал: «Это занятная игрушка, не более». Прошло не так уж много времени, и А. С. Попов отправил первую в мире телеграфную депешу без проводов. Ее текст состоял из двух слов: «Генрих

Герц».

«**Монеты вес утратили и звон**». Рано или поздно «растворяются» в окружающей среде также изделия из стойких благородных металлов. В древних кладах очень часто встречаются монеты, потерявшие первоначальную форму диска, — они истерлись, переходя бесчисленное число раз из рук в руки.

Об истирании денег говорится у английского экономиста Додда, которого цитирует К. Маркс: «Пекарь, который сегодня получил прямо из банка совершенно новенький соверен ††††† и завтра отдает его мельнику, отдает не точно тот же самый соверен; он стал легче, чем был в тот момент, когда пекарь его получил»§§§§§.

Виктор Гюго писал, что из всех денег, находящихся в обращении на земном шаре, ежегодно «...миллион золотом расплывается, улетучивается, носится в воздухе мельчайшим прахом, попадает в человеческие легкие, проникает в нашу совесть...» (Гюго В. Человек, который смеется).

Эмоциональный романист отнюдь не преувеличивал. Действительно, «...из 380 миллионов фунтов стерлингов, имевшихся в 1809 г. в Европе, к 1829 г., т. е. за 20 лет, совершенно исчезли вследствие стирания 19 миллионов фунтов стерлингов»*****.

В Германии в прошлом веке за счет истирания монет ежегодно терялось 800, а в Англии — 690 кг золота. Всего же за время использования золотых монет в денежном обращении утрачено таким путем 2 тыс. т желтого металла. Истираются браслеты, медальоны.

Также кольцо, что в течение долгих годов преходящих
Носишь на пальце ты, мало-помалу становится тоньше. †††††

Общие потери за счет истирания золотых монет и украшений оцениваются в 5—6 тыс. т. Цифра для сравнения: современные золотые запасы капиталистических стран составляют около 35 тыс. т.

††††† Соверен — английская золотая монета достоинством в 1 фунт стерлингов. Чеканилась с конца XV в. Во времена К. Маркса «совершенно новенький» соверен весил 7,98 г; чистого золота в нем содержалось 7,32 г. Выпуск соверенов для внутреннего обращения был прекращен в 1917 г.

§§§§§ Маркс К, Энгельс Ф. Соч., т. 13, с. 91, примечание.

***** Маркс К, Энгельс Ф. Там же, с. 92.

††††† Кар Лукреций. О природе вещей.

Только слитки золота и платины в сейфах банков

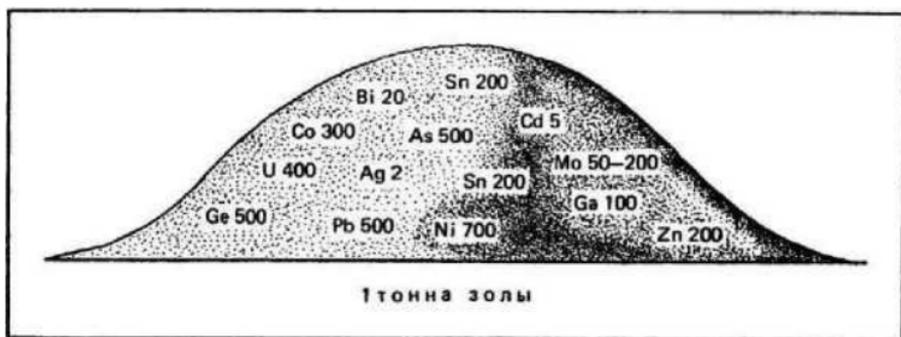


Рис. 5. Среднее содержание некоторых микроэлементов в каменноугольной золе, г/т, по К. И. Лукашову (1957) и Б. Мейсону (1971)

представляют собой (до поры до времени) исключение.

Другой источник техногенного рассеивания металлов — сжигание минерального топлива. В золе угля и нефти обнаружены практически все металлы. В каменноугольной золе установлено наличие 70 элементов. В 1 т в среднем содержится 200 г свинца, 400 г урана, по 500 г германия и мышьяка, 700 г никеля и т. д. (рис. 5). Что касается максимальных значений, то у стронция, ванадия, цинка и германия они могут достигать 10 кг на 1 т. Такие концентрации делают экономически выгодным извлечение некоторых металлов.

Зола нефти содержит много ванадия (иногда до 65 %, *так что* может служить в качестве ванадиевой руды), а также ртуть, молибден и никель. Зола торфа нередко обогащена ураном, кобальтом, медью, никелем, цинком, свинцом.

Содержание металлов в золе минерального топлива отражает состав древних растений и неорганического мелкозема, который накапливался вместе с отмирающей биомассой. Микроэлементы могли поступать также и после формирования залежей угля, углистых сланцев и торфа в результате миграций подземных растворов. Степень концентрации микроэлементов в золе в десятки раз выше, чем в изверженных породах.

Учитывая современные масштабы использования ископаемого топлива, мы приходим к неожиданному выводу: не металлургическое производство, а сжигание угля представляет собой главный источник поступления многих металлов в окружающую среду. Например, при ежегодном сжигании 2,4 млрд, т. каменного и 0,9 млрд, т. бурого угля

вместе с золой рассеивается 280 тыс. т. мышьяка и 224 тыс. т. урана, тогда как мировое производство этих двух металлов составляет 40 и 30 тыс. т. в год соответственно.

Интересно, что техногенное рассеивание при сжигании угля таких металлов, как кобальт, молибден, уран, и некоторых других началось задолго до того, как стали использоваться сами эти элементы.

К настоящему времени (включая 1981 г.) во всем мире было добыто и сожжено около 162 млрд, т. угля и около 64 млрд, т. нефти. Вместе с золой рассеяны в окружающей человека среде многие миллионы тонн различных металлов.

Перенос загрязнений через атмосферу. Глобальный характер этого явления. Много раз после сильных песчаных бурь над пустынями Северной Африки наблюдался межконтинентальный перенос золотого материала. Мелкозем из Сахары увлекается воздушными течениями до Скандинавии и Великобритании. Не раз красноватая пыль оседала на альпийские ледники («красные снега»). Имеются сообщения об аккумуляции золотого материала из Сахары над островами Вест-Индии — по другую сторону Атлантики.

Средний размер пылинок, оседающих над морями за многие сотни километров от берега, равен 2 — 5 мк (микрон — тысячная часть миллиметра). Близкие размеры имеют частицы, выбрасываемые в атмосферу в ходе производственной деятельности людей, — наиболее тонкая часть золы, пыли и дыма металлургических производств.

При отборе проб воздуха на высотах 1400—3000 м оказалось, что содержание микроэлементов заметно меняется в зависимости от синоптической обстановки. Концентрация некоторых из них (марганца, свинца, кадмия) может в течение короткого времени возрасти в 10 раз и более.

В наименьшем количестве микроэлементы присутствуют в массе холодного, тяжелого, малоподвижного воздуха. Для теплого фронта характерны восходящие движения, которые увлекают частицы вверх. Максимальные же значения концентраций микроэлементов наблюдаются при соприкосновении масс холодного и теплого воздуха, когда клин холодного воздуха подсовывается под теплую воздушную массу и вытесняет ее вверх. Такая ситуация типична при прохождении циклонов, когда

Двигается нахмуренная туча, Обложив полнеба, вдалеке,
Двигается огромна и тягуча, С фонарем в приподнятой
руке††††††.

Циклон гонит загрязненную приземную массу воздуха перед собой со скоростью 30 — 40, а иногда — до 80 км/ч (скорость перемещения нетропических циклонов) и переносит микроэлементы на значительные расстояния. Постепенно они вымываются из атмосферы осадками.

Много проб атмосферных осадков было собрано в декабре 1976 г. — марте 1977 г. во время рейса советского научно-исследовательского судна «Каллисто» в северо-западной части Тихого океана. Анализ этого материала позволил установить, что даже на расстоянии в 2000 км от японских берегов концентрация микроэлементов в дождевой влаге очень велика.

Нет сомнений в техногенной причине этого явления. Доказательство — высокие значения коэффициентов обогащения (КО). Этот коэффициент представляет собой отношение концентрации двух элементов в атмосферных осадках, деленное на отношение тех же элементов в земной коре. Например,

$$\text{КО} = \frac{\frac{\text{Pb (ос.)}}{\text{Si (ос.)}}}{\frac{\text{Pb (земн. к.)}}{\text{Si (земн. к.)}}}$$

где Pb (ос.) — концентрация свинца в осадках; Si (ос.) — концентрация кремния в осадках; Pb (земн. к.) — концентрация свинца в земной коре; Si (земн. к.) — концентрация кремния в земной коре.

Совершенно ясно, что при КО, близком к 1, атмосферные частицы произошли за счет естественного источника — выветривания горных пород. Если же КО существенно превосходит 1, то есть все основания говорить о том, что присутствие «верхнего» микроэлемента в воздухе связано с техногенными влияниями.

Конечно, здесь не обошлось без условности. Даже в естественных условиях поступление элементов в атмосферу и их последующее осаждение с осадками не обязательно должны быть пропорциональны их содержанию в земной

коре. Но все же большие — сотни, тысячи, десятки тысяч! — значения КО могут быть истолкованы вполне однозначно: они свидетельствуют о значительных масштабах воздушной техногенной миграции.

Именно такая картина получена во время рейса «Каллисто», значения КО в дождевых водах к юго-востоку от Японии равны для кадмия 80 000, для свинца — 6250, для цинка — 800, для меди — 200 и для марганца — 40. Отсюда следует, что всего около 0,5 % меди и 2,5 % марганца, присутствующих в осадках, поступили от естественных источников, остальные же микроэлементы практически полностью имеют техногенное происхождение.

Загрязняющее влияние японской промышленности на атмосферу ощущается даже к югу от экватора. В собранных там дождевых водах КО для свинца равен 560, для меди — 35.

Доказана воздушная миграция загрязнений в Скандинавию с запада и юго-запада через Северное море, вместе с воздушными массами, идущими со стороны Великобритании, ФРГ и других западно-европейских стран. Двуокись серы §§§§§§§ соединяется с атмосферной влагой и проливается с «кислотными дождями», которые угнетающе действуют на лес, усиливают коррозию, преждевременно изнашивают одежду и автомобильную резину и губят форель в прозрачных ручьях и озерах. Из микроэлементов установлен перенос цинка, мышьяка, селена, сурьмы, свинца. В Биркенесе (южная часть Норвегии) концентрация свинца в воздухе вдвое больше, чем следует ожидать, учитывая только местные источники выброса.

Мы видим, что в тех случаях, когда метеорологические условия благоприятствуют этому, металлы в составе мельчайших техногенных частиц могут переноситься в атмосфере на сотни и тысячи километров.

Металлический пресс на биосферу. Итак, человек рассеивает металлы в поистине глобальных масштабах. При этом изменяются давно сложившиеся геохимические константы ландшафтов, ставшие привычными для живых организмов в течение длительного времени их эволюции.

§§§§§§§ В ископаемом топливе всегда есть примесь серы. Богата ею нефть Саудовской Аравии (2 — 3 %). Еще выше — до 6 % — содержание серы в некоторых сортах каменного угля. Вот почему через трубы вместе с дымом выбрасывается в воздух и сернистый газ.

Железо — лидер металлов, и оно поступает в окружающую среду в максимальном количестве. М. А. Глазов-ская пишет об «ожелезнении поверхности планеты». Действительно, техногенное рассеивание железа совершается с такой интенсивностью, что его содержание в почвах земного шара удвоится через 60—70 лет. Это не сможет не отразиться на почвообразовательном процессе. В столь же значительной, а нередко и в еще большей степени будут увеличиваться концентрации других металлов и их воздействие на живую природу. В нарастающих масштабах происходит процесс, который можно охарактеризовать как **металлический пресс на биосферу.**

Серьезность этого явления заключается не только в том, что биосфера (и в том числе человек) должна воспринять, пропустить через себя большие количества тяжелых металлов, могущих оказывать неблагоприятное воздействие на живое вещество, но главным образом в том, что **эти металлы будут захвачены биосферой, удержаны ею, надолго войдут в круговорот органического вещества, изменят его геохимические константы, усилят или ликвидируют естественные геохимические аномалии и создадут новые геохимические аномалии — техногенные.**

Другое немаловажное обстоятельство — большая скорость, взрывной, лавинообразный характер поступления металлов в биосферу, во много раз опережающий темпы естественных миграций.

Размеры искусственных геохимических аномалий постоянно увеличиваются во времени, по мере того как возрастают масштабы производственной деятельности людей. Сначала это окрестности рудника, лаборатория алхимика, потом — отдельные индустриальные районы, полосы шоссе и железных дорог.

...Чугунный смерч уносится за Язу

И осыпает просеки золой...*****

Затем промышленные загрязнения расплозятся на территории целых государств, а в конце концов рассеивание некоторых микроэлементов начинает совершаться в поистине глобальном масштабе...

Мы покажем теперь негативные последствия использо-

вания микроэлементов-металлов в разных странах, в разные времена, начиная от средневековья.

Запрет на добычу ртути в древнем Перу. В книге Гарсиласо де ла Вега об истории государства инков, первое издание которой увидело свет в 1609 г. в Лиссабоне, есть такие любопытные строки: «Короли инков знали о ртути и восхищались ее подвижностью и движением, однако они не знали, что можно из нее и с ее помощью делать, ибо они не нашли ей полезного применения в своих службах, скорее, они почувствовали, что она причиняет вред жизни тех, кто ее добывал и занимался ею, ибо они видели, что она вызывала у них дрожь и потерю сознания. По этой причине... они запретили законом добывать ее и вспоминать о ней; и индейцы выполнили это столь усердно, что даже имя ее было стерто в их памяти и исчезло из языка...»

Тяжелые металлы в средневековой медицине Старого Света. В те же самые времена отношение к живому серебру в Старом Свете было совершенно иным — ему и некоторым другим металлам приписывались целебные свойства. Впервые соединения тяжелых металлов стали использовать для лечения в буддийских монастырях. Позднее в Индии лекарства неорганического происхождения применялись очень широко; их приготавливали искусственно, главным образом сернистые соединения.

Особое положение заняла ртуть. Прафулл Чандра Рей, написавший историю индийской химии, приводит такую цитату из старого медицинского трактата: «Ртуть является тем, что может дать телу силу сопротивления и бессмертие». Черная сернистая ртуть считалась почти универсальным средством, ее прибавление ко всем лекарствам было обязательным. Полагали, что снадобья, содержащие золото, дают жизненную силу, а свинец надежно предохраняет против колдовства.

Китайцы познакомились с индийской медициной и многое позаимствовали из нее. Главную цель китайские лекари видели в приготовлении жизненного эликсира, который бы удлинял жизнь на долгие годы, восстанавливал здоровье безнадежно больных и возвращал молодость дряхлым старикам. Именно такими свойствами обладал, по словам придворного врача Ко-Хунга (IV в.), полученный им путем кипячения киновари напиток. Для приготовления эликсира считали также пригодными и мышьяковистые минералы AsS (реальгар — от арабского «рахдж аль гхар», что означает

«пыль пещеры») и As_2S_3 (аурипигмент). Поскольку все эти соединения очень ядовиты, то нет ничего удивительного в том, что по крайней мере четыре императора из династии Тан очень скоро распрощались с жизнью после того, как прошли курс лечения.

Арабы перевели все важнейшие сочинения индийской медицины. Они приглашали ко двору халифов индийских врачей и посылали способных юношей учиться в Индию. Через арабов идеи и лекарства восточной медицины проникают в Европу вместе с астрологией, алхимией и арабскими цифрами. Есть все основания считать, что бурное развитие в XVI в. в Западной Европе ятрохимии †††††††† происходило под большим влиянием этих идей.

Европейские алхимики жаждали получить философский камень, панацею от всех бед, чудодейственную квинт-эссенцию, помогающую от всех без исключения болезней, средство, которое, «того, кто болеет месяц, вылечит за день, кто — год, вылечит за двенадцать дней. Те, кто мается несколько лет, станут здоровыми за месяц» — так представлялось алхимику Арнольду из Виллановы. В другом трактате фантазия идет еще дальше: «Если бы только умирающий мог взглянуть на камень, то, ослепленный красотой его и потрясенный его достоинствами, он воспрял бы, отринув увечья, в полном здравии. Будь он даже в агонии, и тогда бы он воскрес» ††††††††.

Из чего же пытались приготовить универсальное средство? Да из токсичных сурьмяных, мышьяковых и ртутных препаратов, пользование которыми, мягко говоря, не приводило к желаемому результату. Но опыты продолжались.

Вот выдержка из «Фауста» (в переводе И. Холодковского), в которой говорится о лекаре-ятрохимике.

...Сидел он в черной кухне взаперти И силился
бальзам целительный найти, Мешая разных
множество рецептов. Являлся красный лев — и
был он женихом. И в теплой жидкости они его
венчали С прекрасной лилией, и грели их огнем,
И из сосуда их в сосуд перемещали.
И вслед — блиставшую лучами всех цветов
Царицу юную в стекле мы получали:

†††††††† Ятрохимия — медицинская, лечащая химия (по-гречески «иатрос» — врач).

††††††† Рабиновиче. Л. Алхимия как феномен средневековой культуры. М., 1979, с. 317.

Целительный напиток был готов, И стали мы
лечить. Удвоились мученья: Больные гибли все
без исключенья...

А теперь комментарий к приведенному отрывку:
«...Переводчик оставил символы нерасшифрованными.

Между тем красный лев — ртуть, а л и л и я — вещество, содержащее хлор. Царица — их соединение, вероятно, сулема, от которой прямо-таки неловко не отправиться к праотцам» § § § § § § § §. В Европе возлагались надежды и на питьевое золото (коллоидный красного цвета раствор золота).

...23 апреля 1963 г. специальная комиссия Министерства культуры СССР под председательством профессора А. П. Смирнова вскрыла захоронение Ивана Грозного в Архангельском соборе Московского Кремля. М. М. Герасимов восстановил облик царя. Останки исследовались также патологоанатомами, сотрудниками Научно-исследовательского института судебной медицины и другими специалистами, советскими и иностранными.

В костях было обнаружено очень высокое содержание ртути. Причина, вероятно, заключается в том, что Грозный часто пользовался восточными ртутными мазями, ища облегчения от боли в суставах. Не ртутная ли интоксикация способствовала вспышкам необузданного гнева и граничащим с безумием припадкам Ивана Грозного?

Ртуть и алхимики. В средние века ртуть называли отцом металлов. Белый лев (металлическая ртуть) бесчисленное число раз упоминается в сочинениях алхимиков. Они постоянно манипулировали с «аргентум витум» и его соединениями. С современной точки зрения условия работы в алхимических лабораториях были ужасными, нарушения техники безопасности — вопиющими. В течение долгих лет алхимики непрерывно подвергались ртутной интоксикации.

При вдыхании паров ртути она концентрируется в мозге. Возникают существенные нервно-психические нарушения, головокружение и постоянные головные боли.

Такое изнурительное состояние пагубно сказывается на умственной сфере — снижается память, обедняется лексикон, расстраивается речь, возникает скованность, общая заторможенность, тугость соображения.

Американцы М. Л. Уолбаршт и Д. С. Сэкс, изучая старинные архивы, пришли к выводу, что ртутное отравление было причиной смерти английского короля алхимика Карла II из династии Стюартов. Монарх оборудовал во дворце лабораторию, где проводил многие часы, прокаливая и перегоняя ртуть. Симптомы его болезни, описываемые в сохранившихся документах, — раздражительность, судороги, хроническая уремия, кома — вызываються длительным воздействием паров «живого серебра». Напрасно придворные лекари применяли самые испытанные средства второй половины XVII столетия: кровопускания, хинин, снадобье, изготовленное из человеческих черепов, прикладывание горячих утюгов к голове...

Однако в данном случае мы имеем дело, так сказать, с «алхимиком-любителем», ведь все-таки у Карла II достаточно много времени отнимали и другие занятия — охота, пиры, управление государством и т. п. Тысячи же «профессиональных» алхимиков гораздо быстрее разрушали свое здоровье.

Ртутной интоксикации подвергались не только те, кто пребывал в вечной и бесплодной погоне за призрачным алхимическим золотом, но и мастера, имевшие дело с золотом реальным. Речь пойдет об огневом способе золочения церковных куполов и дворцовых шпилей.

Подготовленные для сборки кровли медные листы покрывали тонким слоем раствора золота в ртути и затем медленно прогревали на жаровнях с раскаленными угольями. Ртуть отгонялась, а золото осаждалось на листах пленкой толщиной до 3 — 3,5 мк.

Именно таким способом золотили кресты и купол Исаакиевского собора (самый большой золоченый купол в Европе). Золочение было трехкратным. Оно проводилось на открытом воздухе, но, несмотря на это, ядовитыми испарениями ртути отравилось несколько десятков рабочих.

В брошюре неизвестного автора «О золочении меди и бронзы», изданной в Петербурге в 1828 г., есть такие строки: «Едва ли есть другое искусство, более опасное для жизни и здравия людей, как золочение меди и бронзы. Вредные испарения, происходящие при разных операциях золочения, а особливо ртутные пары, не только производят дрожание в членах, но часто рождает неизлечимые болезни и преждевременную смерть. Замечено, что работники, занимающиеся сим мастерством, редко достигают возму-

жалого возраста, а часто погибают во цвете лет, когда только что начали приучаться к делу и могли бы с успехом производить оное».

Вредное огневое золочение не применяется вот уже сто с лишним лет. Появился новый метод — гальванический, продолжают также пользоваться старинным способом обклейки куполов тончайшими листочками сусального золота.

Птицы мертвыми падают с неба... В Швеции с 1940 г. стали применять метиловую ртуть для обработки зерна перед севом в целях борьбы с плесневым грибом. Это имело неожиданные и катастрофические последствия для орнитофауны. Фазаны умирали в судорогах. Певчие птицы мертвыми падали с неба. Хищные птицы, которые питались отравленными зерноядными, стали откладывать бесплодные яйца. Не были пощажены лиса, куница, хорек, в рацион которых входили пернатые.

Виновник мора был выявлен быстро. Ртуть! В печени и почках найденных мертвых птиц было установлено высокое ее содержание. Сравнили содержание ртути в перьях отравленных птиц и в перьях, взятых из чучел Музея естественной истории в Стокгольме. Оказалось, что оно было постоянным в 1829 — 1940 гг., а затем резко увеличилось в 10 — 20 раз. Но у лапландской белой куропатки, обитающей за Полярным кругом, где нет земледелия, такого прибавления содержания ртути отмечено не было.

После запрета применения в сельском хозяйстве препаратов, содержащих ртуть, концентрация этого металла в организме пернатых быстро снизилась до естественного уровня и массовая гибель птиц прекратилась.

Протравливание ртутными соединениями семян, которое практиковалось около 30 лет, отразилось и на содержании ртути в почве. В Швеции ее среднее содержание в обрабатываемых почвах составляет 64,2 нг/г, а в необрабатываемых — 56,4 нг/г *****.

Болезнь Минамата. Когда-то далекая Япония «экспортировала» в Европу необычно звучащие термины: «бонсай» (выращивание миниатюрных деревьев), «суйбокуга» (живопись тушью), «икебана» (искусство составления

***** Нг — нанограмм (от греческого «нанос» — карлик) — миллиардная часть грамма.

букетов), театр Кабуки, кимоно... Пришли иные времена, и окутанная ядовитыми дымами химических заводов Страна восходящего солнца внесла в наш лексикон экзотику иного рода — «когай» (загрязнение окружающей среды), «болезнь итай-итай», «болезнь Минамата».

В 1953 г. более ста жителей города Минамата на юге страны заболели странной болезнью. У них быстро ухудшалось зрение и слух, расстраивалась координация движений, конвульсии и судороги сводили мышцы, нарушалась речь, появлялись серьезные психические отклонения. Наиболее тяжелые случаи заканчивались полной слепотой, параличом, безумием, смертью...

Когда стали выяснять причину заболевания, то оказалось, что все пострадавшие употребляли в пищу морскую рыбу, выловленную у тех берегов, где сбрасывались содержащие ртуть промышленные отходы предприятий химического концерна «Тиссо». Концентрация ртути в рыбе достигала 50 мг на 1 кг веса††††††††. Позднее острые ртутные отравления были отмечены и в других районах Японии, например в Ниигата, но в народе их называли уже не иначе, как «болезнь Минамата».

Жертвы загрязнения среды подали в суд на компанию «Тиссо». Началось долгое разбирательство. Адвокаты компании ловко использовали тот факт, что вплоть до 1967 г. в законодательстве не было статей об ответственности за загрязнение окружающей среды. Тяжба тянулась 15 лет, пока наконец промышленники выплатили 112 пострадавшим денежную компенсацию. Только в 1968 г., через 12 лет после первых смертельных случаев от отравления ртутью, концерн «Тиссо» ввел в действие очистные установки.

Официальный список жертв болезни Минамата содержал около тысячи имен. Всего же в Японии, по оценкам некоторых газет, насчитывается около 100 тыс. человек, отравившихся ртутными соединениями.

Младенцы подвергались интоксикации еще до появления на свет. Несчастные дети росли медленно и были умственно отсталыми. Головной мозг двух умерших в Минамата детей 7

†††††††† Естественное содержание ртути в рыбе равно 0,2 мг/кг. В Швеции запрещен лов рыбы в тех водоемах, где содержание ртути превосходит 1 мг на 1 кг веса рыбы.

Почти 85 % ртути рыба получает непосредственно из воды через жабры, остальные 15 % — с пищей.

и 8 лет весил 600 и 870 г соответственно, тогда как нормальный вес должен быть около 1200 г. В газетах писали о слепой шестнадцатилетней девушке, которая весила 15 кг и имела психику пятилетнего ребенка.

Перечеркнутая сковорода. В течение 25 послевоенных лет использование ртути промышленностью США (главным образом при производстве синтетических материалов) возросло на 3930 %, т. е. увеличилось почти в 40 раз! Приблизительно на одной трети территории страны сложилось весьма неблагоприятное положение в отношении содержания этого токсичного микроэлемента в природных водах. В опасных количествах ртуть была обнаружена в 19 штатах, на территории которых проживает около 100 млн. человек. Очень сильно загрязнено озеро Эри, где концентрация ртути в рыбе доходит до 5 мг/кг.

В ряде районов США и соседней Канады пришлось отказаться от промышленного лова щуки и окуня. Запрет не распространялся на спортивное рыболовство. Можно было по-прежнему забрасывать спиннинг или следить, затаив дыхание, за мерно покачивающимся поплавком. Все было как в старые добрые времена, если бы не установленные на видных местах щиты. На них была изображена сковорода с жареной рыбой, перечеркнутая большим черным крестом.

Это означало, что пойманную рыбу есть нельзя.

На очереди — перечеркнутые салаты и соки? После ознакомления с январским номером журнала “Chemosphere” (1974) в голову невольно приходит мысль, что в США такие знаки впору было бы устанавливать в садах, на полях и плантациях некоторых крупных хозяйств, где в больших количествах применяли химические средства защиты растений, содержащие ртуть.

Яблоки, бананы, сливы, апельсины, персики, виноград — великолепный натюрморт! И всюду ртуть... Особенно усиленно аккумулируется она в капусте, горьком перце и фасоли. Максимальное содержание ее всегда отмечается в наружных тканях и достигает 0,05 мг/кг, что, согласно нормам ФАО ††††††††, как раз равно предельно допустимой концентрации в пище (кроме рыбы).

Любопытно, что темные сорта винограда поглощают больше ртути, чем светлые.

Ртуть поступает в воздух через дымовые трубы. При сжигании каменного угля в золе остается только 10 % ртути, остальное переходит в парообразное состояние. Другой источник техногенной атмосферной ртути — цементное производство. Обжигание известняка и глинистых сланцев происходит при весьма высокой температуре — до 1500 °С. Этого вполне достаточно, чтобы рассеянная в осадочных породах ртуть перешла в атмосферу.

Ртутные пары выделяются в воздух также при переработке полиметаллических руд — при производстве свинца, цинка, меди.

Достаточно большое количество ртути попадает в воздух самым обычным образом — при разбивании стеклянных медицинских термометров. Любители статистики подсчитали, что в США ежегодно выделяется в окружающую среду из разбитых термометров 60 т ртути. Появляются первые модели электронных термометров, которые позволяют обойтись без токсичного «живого серебра».

Мировое производство металлической ртути 8—10 тыс. т. Ежегодно в процессе использования около половины этого количества теряется в среде, включается в биотический круговорот. Примерно столько же техногенной ртути выделяется в атмосферу при выплавке руд цветных металлов, производстве цемента и при сжигании угля.

В Германии анализы, выполненные еще около 1930 г., показали, что необрабатываемые почвы вдали от поселений содержат 30—81 нг/г ртути, а вблизи населенных пунктов — 100—290 нг/г. Наиболее приемлемое объяснение такого различия — рассеивание ртути вместе с каменноугольной золой.

Бессильная вода. «Кто бессильной воды изопьет — все ослабеет», — говорится в русской сказке о трех царствах — медном, серебряном и золотом. Такая вода возможна не только в сказке.

В 1633 г. в Московском Кремле закончили сооружение водопровода, который снабжался из колодца в нижнем этаже Свибловой башни, стоящей при слиянии Неглинки и Москвы-реки. Его описание содержится в книге Н. И. Фальковского «Москва в истории техники».

Воду качали при помощи «водяного взвода», т. е. подъемной машины; с тех пор Свиблова башня стала называться

Водовзводной. Машину приводили в движение лошади. Из резервуара в верхнем ярусе башни вода самотеком поступала по трубам в следующий резервуар — водовзводную палату. Оттуда по трубам, проложенным в земле, она шла в разные стороны — к Сытному, Кормовому, Хлебному, Конюшенному и Потешному дворам, на поварни, в сады и палаты. Все здания были снабжены собственными водоразборными «ларями».

Важная деталь: и основной водонапорный резервуар, и лари были выложены листовым свинцом и опаяны оловом. Трубы были тоже из свинца.

Расстояние от Водовзводной башни до наиболее удаленной части водопровода составляло 400 — 450 м. Вода поднималась на высоту 35 — 40 м. Расход воды составлял около 1 л/с; ее суточная подача была равна 50 куб. м.

Водопровод действовал до пожара 1737 г., после чего, видимо, не был возобновлен. Сейчас от водовзводного устройства не сохранилось никаких следов — в 1805 г. обветшалая Водовзводная башня была разобрана до самого фундамента. К 1807 г. ее возвели снова, но через 5 лет уходившие из Москвы французы взорвали башню, превратив ее в груды камней. В современном виде, такой, какой она изображена на купюрах трехрублевого достоинства, башня существует после восстановительных работ 1816 — 1819 гг.

Итак, в течение почти ста лет, с 1633 по 1737 г., царский дворец снабжался водой, которая находилась в постоянном контакте со свинцом. Она последовательно и с остановками проходила через резервуар в верхнем ярусе Водовзводной башни, затем через водовзводную палату, водовзводный чердак и ларь. Благодаря этим четырем бассейнам использовалась практически непроточная вода. Особенно токсичной она была по утрам — после ночного неподвижного стояния в свинцовых резервуарах и трубах.

Какой могла быть концентрация свинца в подобной воде?

Об этом можно судить по анализам, сделанным летом 1930 г. во время «свинцовой эпидемии» в Лейпциге (в течение короткого времени в городе было отмечено 250 случаев опасного отравления). Тогда в утренние часы концентрация свинца в воде достигала 25 мг/л, но ко второй половине дня снижалась до 1 мг/л. Первая из названных цифр в 833 раза превосходит предельно допустимую концентрацию согласно принятому в СССР стандарту питьевой воды (0,03 мг/л). Недаром применение свинцовых водопроводных труб в

настоящее время строжайше запрещено.

...Те десятилетия, когда царь и его окружение пользовались свинцовой водой, были временем постоянной боязни заговоров, покушений, ядов. Делалось все, чтобы избежать отравления. Известный историк И. Е. Забелин сообщает, что при царях Михаиле и Алексее Михайловиче приближенные бояре и дворовые люди клятвенно обещали не причинять никакого вреда царской семье, «лиха не учинити... зелья лихова в естве и в питье не подати и не в какие обиходы не класти и лихих волшебных слов не наговаривати... над платьем и над сорочками, над портами, над полотенцами, над постелями и надо всем государским обиходом...» Все проверялось, и чашник, прежде чем подать воду царю, отливал ее себе в ковш и тут же пил. Но, увы, свинцовая вода не обладала особым цветом, вкусом или запахом и внешне ничем не отличалась от обыкновенной. Нужны были годы, чтобы сказалось ее вредное действие. И годы шли.

О том, как отразилось употребление «свинцовой воды» на здоровье Алексея Михайловича и его сыновей — Федора Алексеевича и Ивана V — говорится в очерке, опубликованном несколько лет назад§§§§§§§§§§.

В России и в других странах свинцовые трубы использовались в течение весьма длительного времени также и после того, как водопровод стал самой заурядной чертой городской жизни. Происходила интоксикация множества людей, которую в громадном большинстве случаев невозможно было правильно распознать и объяснить. Были случаи, когда отравление имело внезапный и массовый характер («свинцовая эпидемия» в Лейпциге в 1930 г.).

Европа и Америка под знаком Сатурна. В средние века, в пору расцвета астрологии и алхимии, планета Сатурн и свинец обозначались единым символом. Считалось, что на человека они оказывают одинаковое влияние.

В книге французского философа Бернарда Фонтенеля «Рассуждения о множественности миров», вышедшей в свет в 1686 г., воображаемые жители планеты Сатурн наделены такими качествами: «Существа эти не знают, что значит смеяться, им нужен целый день, чтобы ответить на самый пустяковый вопрос».

Астрологи считали Сатурн самой несчастливой из планет.

«Люди, рожденные под знаком Сатурна, испытывают дурное влияние этой планеты: они печальны, нерешительны, ленивы, склонны к уединению и подвержены всяческому несчастьям и болезням, в особенности психическим расстройствам... Его время года — осень, его металл — тяжелый и инертный свинец, его темперамент — меланхолия. Символом Сатурна издавна считалась собака, очевидно, вследствие ее большей среди животных подверженности бешенству». Выдержка взята из послесловия Г. Фомина к альбому репродукций голландского художника Иеронима Босха.

Заметим, что в этом описании характеристика лиц, рожденных под знаком Сатурна, совпадает, по существу, с картиной свинцовой интоксикации. Не приходится сомневаться, что эмпирические знания о воздействии свинца на организм человека были в те времена достаточно основательными.

Интересное исследование выполнено в Польше З. Яворовским. Он проанализировал содержание свинца в человеческих костях, взятых из захоронений, относящихся к интервалу времени от III в. до наших дней. Эти захоронения, как правило, не были в контакте с грунтовыми водами (в ряде случаев останки оказались даже мумифицированными), поэтому можно быть уверенным, что свинец не был внесен в скелеты позднее. Так вот, оказалось, что концентрация свинца в организме людей, живших в средние века, в 10 раз, а в иных случаях и в 100 раз превосходит современную. Видимо, и в остальных европейских странах было не лучше.

Как и в античные времена, яд поступал из заздравных кубков: окись свинца, уксуснокислый свинец или шарики металлического свинца добавлялись в вино для его подслащивания. В Германии в 1548 и 1577 г. были приняты законы, которые карали смертью за подмешивание свинца к вину.

Вплоть до конца XIX столетия главным источником свинца, попадавшего в организм жителей Европы, была оловянная посуда. Она всегда содержала некоторое количество свинца, который добавлялся намеренно, так как чистое олово плохо заполняет форму. Иной раз примесь свинца составляла почти одну пятую по весу. В Германии в 1887 г. был принят закон, требовавший, чтобы оловянная посуда содержала не более 10 % свинца. Ложки, помимо деревянных, тоже были главным образом оловянные;

нейзильбер, или мельхиор, — сплав меди, никеля и цинка — стал использоваться только с 1825 г.

Конечно, вносили свою лепту и содержащие свинец краски (подробнее см. следующий раздел).

С материалами Яворовского хорошо согласуются американские данные. Ученые Мичиганского университета сравнили содержание свинца в детских волосах в 70-х годах прошлого столетия с современным содержанием. Оказалось, что сто лет назад детские локоны содержали в среднем около 150 мкг свинца на 1 г, а в настоящее время — лишь десятую часть от этого количества. Причиной свинцовой интоксикации в Америке во времена Марка Твена и Уолта Уитмена была посуда, краски, свинцовые водопроводные трубы.

Накануне первой мировой войны 38 % всего свинца, потреблявшегося в Соединенных Штатах, расходовалось на изготовление красок, а 15 % шло на водопроводные трубы.

Ядовитая радуга. Французский журналист Ив-Ги Бурже пишет об удивительном суеверии одного из индейских племен, обитающих в Восточном Эквадоре:

«Саласаки боятся обыкновенной радуги... Проводник-индеец никогда не посмотрит в ту сторону. Ведь, по его понятию, «болезнь радуги» — самый страшный недуг, от которого страдают индейцы.

Его симптомы — постоянный страх, щемящее чувство в груди, неодолимое ощущение преследования...»

Такое угнетенное состояние порождается болезненной фантазией колдунов, помноженной на самовнушение. Но ядовитая радуга, правда, иная, есть и в просвещенном мире. Речь идет о красках, в которых присутствуют вредные для человека соединения тяжелых металлов.

Ядовитый спектр: киноварь (сернистая ртуть), красный сурик (йодистая ртуть) — краска, издавна употреблявшаяся живописцами; ее изготовляли в Египте еще 45 веков назад. Неаполитанская желтая (сурмянокислый свинец). Бриллиантовая желтая (сернистый кадмий). Хромовая желтая. Парижская зелень (уксусномышьяковая соль меди). Кобальтовая зеленая. Кобальтовая синь. Свинцовые белила.

Здесь приведена только часть токсических соединений тяжелых металлов, ценимых за яркость и сочность. Содержащая краски пыль неизбежно рассеивается в окружающей среде; она может попасть в организм вместе с пищей или при дыхании.

Зачинатель учения о профессиональных заболеваниях Бернардино Рамадзини в начале XVII в. писал: «Почти все художники, с которыми мне приходилось знаться, были хворыми из-за материалов, входивших в состав красок, каковые они постоянно обоняли и обращали в руках своих».

Из свинцовых красок особенно вредны свинцовые белила (карбонат свинца). В XIX в. они широко применялись не только в живописи, но и как «бытовая» краска. Этой краской часто пользовался Франсиско Гойя — на ее основе он получал излюбленные сероватые тона.

Гойя тяжело болел. Он был разбит правосторонним параличом, лишился слуха, почти потерял дар речи, ему угрожала слепота. Его изнуряли припадки, головокружения, галлюцинации. Он вынужден был на несколько лет оставить живопись. Только крепкая крестьянская закваска помогла ему бороться с недугом.

Уильям Нидерланд из медицинского центра Нью-Йоркского университета в Бруклине полагает, что виной всему — свинцовая интоксикация. Гойя был одержим творчеством, его трудолюбие не знало предела, ведь он оставил после себя почти две тысячи полотен, — и свинец все время поступал в его организм. К тому же художник, может быть, был особенно предрасположен к свинцовому отравлению...*****

Но больше всего страдали от свинцовых белил те, кто был занят на их производстве. В очерке Вл. Гиляровского «Обреченные» из цикла «Трущобные люди» описан быт рабочих свинцово-белильного завода купца-миллионера первой гильдии Копейкина в г. Верхневолжске. Под Верхневолжском подразумевается Ярославль.

«Работа легкая, часов шесть в сутки, есть вволю, место теплое...», вроде бы благодать по сравнению с 10 — 12-часовым рабочим днем на других фабриках. Но белая свинцовая пыль постоянно витала в воздухе, а вся техника безопасности — тряпка, которой обвязывали нижнюю часть лица. Поэтому выдерживали всего два-три года. «Эх, братцы,

***** Но все-таки именно среди живописцев очень высокий по сравнению с другими профессиями процент долгожителей. В двухтомном «Словаре художников» Алекса Шенка, изданном в ФРГ, упомянуто около 800 живописцев, скульпторов и архитекторов всех времен и народов. Из них 137 — почти каждый пятый! — перешагнули 80-летний рубеж. Это можно объяснить постоянным общением с природой и теми положительными эмоциями, которые дает творчество. Кстати, и Гойя прожил 82 года,

какого человека свинец съел: ведь три года тому назад он не человек был — сила был: лошадь одной рукой садиться заставлял, по три свинки†††††††† в третий этаж носил!.. А все свинец копейкинский. Много он нашего брата заел, проклятый, да и еще заест!» — с горечью говорит один из героев очерка.

Что касается уже упомянутой выше парижской, или швейнфуртской, зелени, то вот выдержка из 39-го тома энциклопедического словаря Брокгауза и Ефрона, вышедшего в свет в 1897 г.: «Еще в недавнее время веществами, содержащими мышьяк и отличавшимися красотой и яркостью красок, окрашивали главным образом зеленые ткани и наиболее распространенным веществом, подобного рода была так называемая швейнфуртская зелень... Ею красились главным образом легкие материи, употребляемые для бальных костюмов, затем — вуали, шелковые ткани, ленты, искусственные цветы и т. д.». Швейнфуртская зелень варилась вместе с крахмалом или альбумином. Потом этой смесью намазывались ткани без какой-либо протравы, которая могла бы закрепить краску. Поэтому краситель начинал осыпаться уже в руках швей, а затем и при носке одежды, попадая на тело. В таких случаях яд мог поступать прямо через кожу, особенно при наличии ссадин.

Н. А. Некрасов, описывая в «Кому на Руси жить хорошо» сельскую ярмарку, высказал какую-то интуитивную враждебность к применявшимся в пореформенной России тканевым красителям:

Пестро, красно кругом!

Штаны на парнях плисовые, Жилетки полосатые, Рубахи
всех цветов;

На бабах платья красные...

А ситцы те французские — Собачьей кровью крашены!

В России использование красок с примесью мышьяка было запрещено в 1867 г. Отказались от них и в других странах. В эти же самые годы американские фермеры начали применять швейнфуртскую зелень для борьбы с колорадским жуком. С тех пор былая краска для карнавалов служит для опрыскивания плантаций хлопчатника и плодовых культур и против малярийного комара.

Проблема «ядовитой радуги» не потеряла своей акту-

†††††††† Свинка — четыре пуда свинца.

альности и в наши дни.

Маленькие дети, как известно, все тянут в рот, в том числе кусочки штукатурки и краски, облупившейся со стен, а краски могут входить в спектр ядовитой радуги. В старой части г. Ист-Ориндж (штат Нью-Джерси) жилые дома были окрашены красками, в которых содержалось до 7 % свинца. При обследовании детей в ряде случаев было обнаружено увеличенное содержание свинца в крови, иногда до 60 мкг / 100 мл, что, как мы увидим позже, соответствует уровню профессиональной интоксикации.

В Англии краска для снятия отпечатков пальцев содержала ртуть, и это было причиной интоксикации криминалистов.

Иногда, впрочем, именно ядовитость красок считается их необходимым качеством. Подводные части кораблей защищают три слоя красок — грунтовочный, изолирующий и противообрастающий. Внешний слой содержит соединения меди, ртути, цинка, мышьяка, свинца, олова, губительные для водорослей и ракушек, которые были бы не прочь прикрепиться к корпусу судна.

Подсчитано, что общая площадь подводных частей судов всех флотов мира, окрашенных необрастающими красками, составляет около 110 кв. км. В морской воде эти краски постепенно разрушаются, и за счет этого одной только меди и ее соединений высвобождается около 5 тыс. т в год. По сравнению с общими запасами меди в Мировом океане — 4 млрд, т. — эта величина весьма мала. К тому же даже локальное увеличение концентрации меди в морской воде не может быть заметным и по той причине, что корабли — вечные скитальцы, да и сам океан пребывает в постоянном движении. Поэтому необрастающие краски практически не оказывают неблагоприятного влияния на жизнь моря.

Автомобильная опасность. «...Город был так переполнен автомобилями, что не находилось места еще только для одного, для одного маленького автомобиля благородного мышинового цвета. Черт знает что такое!»

«Нью-Йорк захвачен в плен автомобилями, и автомобили ведут себя в городе как настоящие оккупанты — убивают и калечат коренных жителей, обращаются с ними строго, не дают пикнуть».

Это строки из «Одноэтажной Америки». Ильф и Петров путешествовали по Соединенным Штатам в 1935 г. Каково-то там сейчас! Не проходит дня, чтобы средства информации

не обращались к автомобильной проблеме. «Чудовище на четырех колесах» убивает ежегодно 50 — 60 тыс. человек; почти 4 млн. получают ранения. Более 2 млн. американцев убито с начала века. В той или иной степени эта проблема стала актуальной и в других индустриальных странах. Например, в Европе (кроме СССР, Болгарии и Албании) в 1973 г. в автомобильных катастрофах погибли 88,8 тыс. человек.

Но автомобильная опасность — это не только скрежет металла, машины, перевернутые вверх колесами, смятые кузова и раздробленные стекла. Есть и другая опасность — невидимая — «белый смог», автомобильные выхлопы, содержащие окись углерода, окислы азота и свинец.

Почему свинец оказался в бензине?

Он добавляется туда в составе тетраэтилсвинца — $Pb[C_2H_5]H_4$ — бесцветной летучей жидкости с фруктовым запахом, в 1,5 раза тяжелее воды. Тетраэтилсвинец был получен в 1853 г. немецким химиком К. Лёвигом. Почти три четверти века это соединение пребывало в неизвестности, будучи весьма редким лабораторным препаратом, до тех пор, пока американцы Миджли и Байд не обнаружили в 1921 г., что совсем незначительные его добавки к бензину сильно подавляют детонацию жидкого топлива и тем самым повышают мощность и КПД двигателей внутреннего сгорания. С тех пор тетраэтилсвинец становится продуктом массового заводского производства, и с 1923 г. авиационные, судовые и автомобильные двигатели выбрасывают в атмосферу свинец во все возрастающих количествах.

При сгорании 1 л горючего в воздух попадает 200—400 мг свинца. В течение года автомобиль выбрасывает несколько сотен граммов этого металла. А машин становится все больше и больше.

На 1 января 1924 г. во всем мире было 18 млн. автомобилей. К 1978 г. «железное стадо» увеличилось до 362 млн. штук, из них 285,7 млн. — легковые автомобили. Треть всех автомобилей находится в США. Машины заполнили города.

в 1970-м

на улицах и в полях невозможно было пробиться; наглые локомотивы, застенчивые мотоциклы, непутевые автомобили, брюхатые самолеты (сущий конец мира!) — не давали нам

путешествовать, не давали произрастать, забили долины и пляжи, заткнули рты колокольням+++++++.

В 2000 г., по некоторым прогнозам, одних только легковых машин на Земле будет 600 млн.

Общая протяженность автомобильных дорог во всем мире составляет около 20 млн. км, несколько более половины — с твердым покрытием. Средняя густота дорог в пределах обитаемой суши — ойкумены — равна 24 км/100 кв. км, в Европе — 93 км/100 кв. км. Подобно мельчайшим кровеносным сосудам, пронизывающим все тело, дороги приходят в самые отдаленные уголки планеты, в самые разнообразные ландшафты — пересекают леса, проникают в тундру и пустыню, поднимаются на высокие горные перевалы.

И всюду рассеивается свинец.

А самолеты? Объем выхлопа четырехмоторного авиалайнера эквивалентен 6850 автомобилям марки «Фольксваген».

Сейчас в воздухе одновременно находятся десятки тысяч машин, и число их растет от года к году. Через десять лет с небольшим — в 1995 г. — только над территорией США в часы пик будет находиться до 100 тыс. самолетов!

Всего благодаря сжиганию жидкого топлива в воздух ежегодно выбрасывается, по разным оценкам, от 180 до 260 тыс. т свинцовых частиц, что в 60 — 130 раз превосходит естественное поступление свинца в атмосферу при вулканических извержениях (2 — 3 тыс. т/год).

Свинец попадает в атмосферу также при сгорании каменного угля (путем возгонки). Польский исследователь Яворовский пришел к такому заключению, сравнивая содержание свинца в золе крупной тепловой электростанции и мелких котельных. Во втором случае свинца в золе содержится в 10 раз больше. Причина — менее значительная температура в топках.

Еще один источник техногенного рассеивания свинца в атмосфере — активное воздействие на метеорологические процессы (рассеивание тумана и туч, грозящих градобитием, искусственное стимулирование осадков). Основным реагентом, применяемый в этих целях, — йодистый свинец.

Согласно данным итальянских авторов, свинец в авто-

мобильных выхлопах на 70 — 80 % представлен частицами диаметром менее 1 мк. Раньше уже отмечалось, что частицы такого размера при определенной синоптической ситуации могут вовлекаться в межконтинентальный перенос.

Беды зеленого друга. Вредное воздействие рассеиваемого через атмосферу свинца на растения проявляется весьма разнообразно: снижается интенсивность дыхания и фотосинтеза, нарушается минеральное питание, замедляется прирост корней и побегов.

Сердца кровавые наземь Падают
листьями клена,— Инфаркт у
него осенний. Может не плакать
разве Тот, кто вчера был
зеленым? Таков уж удел
растений *.

Но в задыхающихся от выхлопных газов городах патологический листопад может происходить и в самый разгар лета.

Антонина Ленькова в книге «Оскальпированная земля» описывает явление «зеленой осени» в Кракове. Во второй половине июля в некоторых районах в центре города начинают опадать листья с деревьев. Среди них не найти красивых золотых или багряных — все они как бы увядшие, скрученные и потемневшие. Причина летнего листопада — высокое содержание свинца в воздухе. Узкий пояс бульваров находится рядом с оживленной магистралью в плотно застроенной и плохо проветриваемой старой части города. «Зеленая осень» — специфика не только одного Кракова. В разных странах в переполненных автомобилями городах можно видеть деревья, теряющие листву среди лета. Нередко крона становится асимметричной — та ее сторона, которая обращена к проезжей части улицы, «лысеет» быстрее.

Исследование с помощью электронного микроскопа листьев растений из загрязненных мест обитания показало, что свинец в виде мельчайших частиц (0,1 мкм) концентрируется в ядрах клеток. Более коварного удара быть не может — ведь именно в ядрах начинается таинство деления, ведущее к размножению клеток и расширению зеленой пластинки — чудесного прибора, запасующего впрок солнечную энергию. Всякое глубокое изменение ядра приводит к гибели клетки.

Деревья тяжело переносят свинцовое отравление. Но, концентрируя свинец, эти своеобразные биологические

фильтры тем самым очищают воздух. В течение вегетационного периода одно дерево в среднем обезвреживает соединения свинца, содержащиеся в 130 кг бензина.

Наиболее интенсивно «вдыхает» свинец (а также марганец и серу) клен остролистный. Другие породы также обладают избирательным свойством по отношению к тем или иным соединениям, загрязняющим атмосферу: каштан конский накапливает железо, алюминий, титан; липа мелколистная — марганец, железо, серу; белая акация — марганец и алюминий.

Итак, в наш век к известным прежде ценным качествам леса (водоохранное и противэрозионное значение, производитель кислорода, источник сырья) прибавилось еще одно. Лес закрепляет в древесине «странствующие» техногенные микроэлементы и, следовательно, выступает как своеобразный геохимический барьер.

Рассеиваемый вдоль автострад свинец включается в биологический круговорот. Скот получает его, поедая траву; человек — с овощами, плодами, салатом, молоком и, конечно, с вдыхаемым воздухом.

По стандартам Европейского экономического сообщества предельно допустимое содержание свинца в фураже составляет 10 мг на 1 кг сухого веса. Какие концентрации наблюдаются в действительности?

В Бельгии вдоль дорог обычно 40 — 50, а на газонах, разделяющих дорожные полосы с разным направлением движения, — 50 — 100 мг/кг. Максимальные значения достигают 800 — 1200 мг/кг. В США вдоль автострад с напряженным движением даже на расстоянии 150 м от дороги в траве накапливается до 50 мг свинца на 1 кг сухой массы, а у обочин дорог в ФРГ в некоторых случаях было зафиксировано содержание до 7000 мг/кг, тогда как фоновая величина была равна всего 2 — 10 мг/кг, а естественная теоретическая величина — 1 мг/кг.

Повторные определения свинца в растениях вдоль дорог говорят о быстром росте его содержания. Например, в Денвере (штат Колорадо) содержание свинца в золе травы в 10 футах от дороги увеличилось за 8 лет (с 1961 по 1969 г.) в 10 раз с лишним...

В организме коров свинец концентрируется главным образом в костях, почках и коже; в гораздо меньшей степени — в молоке. Тем не менее имеются данные о том, что концентрация свинца в молоке коров, поедавших сено с

повышенным его содержанием, в 20 раз выше, чем у контрольной группы. Правда, при маслоделии почти весь свинец остается в снятом молоке и в пахте. В масло переходит только 0,15 — 1,2 % «молочного свинца».

Не удивительно, что, по мнению некоторых авторов, в полосе шириной 300 м по обе стороны от автострады с оживленным движением (2000 автомобилей в час и больше) §§§§§§§§§§ не должно быть никаких сельскохозяйственных угодий для выращивания продовольственных культур, не должен пастись скот — слишком много свинца накоплено в почвенном покрове и растениях этой полосы. Считают, что вдоль больших шоссе допустимо выращивание только технических культур (например, льна).

Впрочем, со столь категорическим утверждением нужно, видимо, повременить. Во-первых, различно накопление свинца у разных видов растений (в клубнях картофеля больше, чем в зерновых). Далее, если говорить об одном виде, то в стеблях, листве, корнях и плодах может быть существенно разная концентрация этого элемента. Более того, заметные различия могут наблюдаться даже в пределах одного и того же органа растения. Например, распределение свинца в листьях эвкалипта таково: максимальная концентрация на кончике, минимальная — у черешка (рис. 6).

Используемая человеком часть растения может отличаться как раз малой степенью усвоения свинца. Приведем пример. В ГДР исследовалось его содержание в яблоках придорожных насаждений. Анализ 12 образцов (6 разных сортов) дал цифры от 0,21 до 0,27 мг/кг. В удаленных от дороги садах концентрация была не намного меньше — 0,19 — 0,25 мг/кг, а допустимое количество свинца в свежих фруктах, соках и консервах равно 0,5 мг/кг. При опытах с яровой пшеницей установлено, что в максимальной степени свинец накапливается в корнях, меньше — в листьях, еще меньше — в зерне, причем разница очень велика — отмечены случаи, когда концентрация в листьях превосходила

§§§§§§§§§§ Остается добавить, что в индустриальных странах интенсивность движения на автострадах заметно превосходит названную цифру. Например, по Оклендскому мосту через залив в Сан-Франциско проходит 50 млн. автомобилей в год. В Японии, на побережье Осакского залива по дороге № 2 каждые 12 ч проходит 144 тыс. машин.

предельно допустимую, тогда как в зерне оставалась в пределах нормы. В Канаде определяли содержание микроэлементов в клюкве и чернике в окрестностях г. Флин-Флон с крупным металлургическим производством. Наибольшее содержание тяжелых металлов было

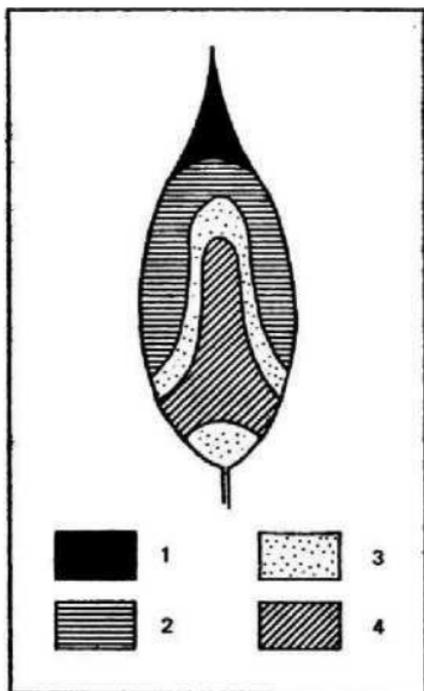


Рис.6. Распределение свинца в листе эвкалипта. Концентрация свинца: 1— более 50 мкг/г; 2 — 35 — 50 мкг/г; 3 — 20 — 35 мкг/г; 4 — менее 10 — 20 мкг/г (по W. F. Pickering, 1975)

в стеблях, затем в листьях, наименьшее — в ягодах. Такое распределение токсических веществ не случайно — природа прекрасно знает, что «от худого семени не жди доброго племени».

Любопытно, что в тех случаях, когда растения имеют «возможность выбора», они размещают корни преимущественно в наименее загрязненных почвенных горизонтах, стараясь свести к минимуму контакт с

тяжелыми металлами. Такие выводы получены в ходе экспериментов в Калифорнийском университете, когда ростки кукурузы высаживались в сосудах с двумя вариантами расположения загрязненного слоя — сверху и снизу.

Однако, несмотря на все «приемы самозащиты», заметное повышение концентраций тяжелых металлов в почве приносит растениям безусловный вред, что выражается в снижении урожайности в пределах техногенных геохимических аномалий.

...Пронумерованные вазоны с подопытными растениями установлены прямо на осевой линии заполненной автомобилями улицы. Машины идут непрерывно. Движение ослабевает лишь на короткие часы между полуночью и рассветом. В ФРГ испытываются химические средства,

При обработке которыми стремятся СНИЗИТЬ уровень потребления свинца растениями и сделать их безвредными для человека и животных.

Оказалось, что 70 % свинцовых аэрозолей остается на поверхности растений, а 30 % — проникает внутрь. Получены химикаты, при обработке которыми «поверхностный» свинец переходит в соединения, не усвояемые более растениями и к тому же легко смываемые дождем или при мытье. Попадая в почву, они превращаются в нерастворимые неорганические соли — сульфат и фосфат свинца — и, таким образом, выключаются из биологического круговорота.

Свинец в крови полисменов и детей. В некоторых крупных американских, европейских и японских городах, переполненных автомобилями, содержание свинца в атмосфере уже достигло или приближается к опасной для здоровья человека концентрации*****.

«Все дороги ведут в Рим — в этом-то вся беда!» — так изменена старинная поговорка в одной из статей, посвященных экологическим проблемам Вечного города. Рим — туристический объект мирового значения. Ежегодно его посещают 20 млн. иностранцев. Автомобильный парк города вместе с машинами, прибывшими извне, насчитывает около 4 млн. единиц. Не удивительно, что автомобиль — главный источник воздушного загрязнения. Содержание свинца в воздухе в разных частях Рима меняется в пределах 0,3 — 12,6 мг/м³, среднее значение равно 4,5 мг/м³.

В американских же городах бывали случаи, когда в часы пик концентрация свинца поднималась до 40 мг/м³. Эта цифра более чем в 73 тыс. раз превосходит естественную величину ($5,43 \cdot 10^{-4}$ мг/м³).

А что удивительного? Ведь в Лос-Анджелесе, например, 7 млн. человек и 4 млн. автомобилей. Типичный житель одолевает в день по 100 миль и более. В три часа ночи на дорогах так же оживленно, как в три часа дня.

Человек вдохнул городской воздух. Крупные свинцовые аэрозоли задерживаются в бронхах и носоглотке, а те, что имеют диаметр менее 1 мк (выше говорилось, что они

***** В СССР применение этилированного бензина в крупных городах и курортных местностях запрещено с начала 60-х годов. Два сорта отечественного бензина — А-72 и А-95 совсем не содержат свинцовых присадок.

составляют 70—80 % автомобильного свинца), попадают в легкие. Далее, примерно от одной трети до половины из них достигает альвеолярных точек, где они проникают в капилляры и, соединяясь с эритроцитами, отравляют кровь. Некоторые авторы считают, что свинец, поступивший в организм при дыхании, в 10—100 раз токсичнее того, который поступил через желудок, другие полагают, что достаточно взять пятикратную разницу. Но ясно одно: «свинцовый воздух» вреднее «свинцовой воды».

Явные признаки свинцового отравления — анемия, постоянные головные боли, мышечная боль — появляются при содержании свинца в крови 80 мкг/100 мл††††††††††. Это опасный рубеж. Это начало болезни. Так вот, средний уровень содержания свинца в крови у американцев в 1970—1971 гг. был около 25 мкг/100 мл. У представителей некоторых профессий — механиков гаражей, работников заправочных станций и у полицейских, регулирующих движение, — эта цифра поднимается до 30—40 мкг/100 мл, а у детей улицы, обитающих в беднейших кварталах, — до 40—60 мкг/100 мл и даже больше... В последнем случае в высоком содержании свинца в организме в большой степени повинны неблагоприятные гигиенические условия. Городская уличная пыль может содержать более 2000 мг свинца в 1 кг. Достаточно поглощать вместе с пищей 40 мг такой пыли в день, и содержание металла в крови может превысить 40 мкг/100 мл.

Массовое обследование детей в возрасте от 1 до 5 лет, живущих близ оживленных магистралей, было выполнено в г. Нью-Арк (штат Нью-Джерси). Работа была поставлена с размахом — сделано 5266 анализов крови. Обнаружилось, что в 35 % случаев содержание свинца в крови составило 40—60 мкг/100 мл (данные 1974 г.). Это шокирующие цифры, потому что, по мнению некоторых авторов, содержание свинца в крови маленьких детей и беременных женщин не должно превышать 30 мкг/100 мл.

Подобные факты сделали неизбежной организацию

†††††††††† Цифра, конечно, средняя. Индивидуальная восприимчивость к ядам колеблется в очень широких пределах.— Вспомним Распутина, который, приняв смертельную дозу цианистого калия, лишь несколько поскучнел.

Это относится и к свинцу. Описан случай, когда у плавильщика драгоценных металлов его концентрация в крови составляла 1050 мкг/100 мл при совершенно незначительных отклонениях в состоянии здоровья. Через год после прекращения работы содержание свинца в крови снизилось до нормы.

Национального комитета предупреждения свинцового отравления детей. В масштабах всей страны его деятельность выявила удручающую картину: были взяты на учет около 3 млн, (!) детей в возрасте 1—6 лет с серьезным отравлением свинцом...

К. Патерсон — геохимик Калифорнийского технологического института — охарактеризовал ситуацию так: «Обитатели Соединенных Штатов в настоящее время подвержены хроническому, жестокому, вредному воздействию свинца, к которому благодушно относились в течение десятилетий».

К концу 70-х годов после последовательного снижения содержания свинца в бензине от 439 мг/л в 1972 г. до 274 мг/л в 1977 г. положение улучшилось. Средний уровень свинца в крови негритянских детей Нью-Йорка снизился почти вдвое по отношению к 1970 г.

«Слабый пол» сильнее сопротивляется отраве. Сто двадцать лет назад в цикле очерков «Путешественник по неторговым делам» Чарлз Диккенс описал фабрику по производству свинцовых белил. Там есть и такие строки: «Доказано, что женщины переносят эту работу намного лучше мужчин; некоторые из них заняты ею в продолжение многих лет, и тем не менее значительное большинство тех, кого я видел, были здоровы и работоспособны».

В наше время установлено, что содержание свинца в крови у женщин ниже, чем у мужчин, независимо от профессии, разница достаточно заметная. Во Франции (городское население) среднее содержание свинца в крови у мужчин 15,8, а у женщин — 11,1 мкг/100 мл. Подобные данные опубликованы и в других странах.

Не только у человека «слабый пол» в меньшей степени накапливает яды. При анализе содержания шести тяжелых металлов (свинец, кадмий, никель, цинк, серебро, медь) в оперении рябчиков установлено, что несколько большую концентрацию, кроме серебра, имеют самцы.

Та же картина у насекомых. В Воронежском заповеднике изучали накопление свинца, марганца, цинка, кобальта и меди жуками-плавунцами. Оказалось, что отношение концентрации микроэлементов в теле самцов и в пробах воды лежит в пределах 1,4 — 4,3; для самок же коэффициенты накопления равны 1,1 — 2,6. Пониженное накопление тяжелых металлов в организме самок рассматривается как приспособление, обеспечивающее защиту потомства от вредного действия этих элементов.

Модная тема: стресс. Свинец, каким бы путем он ни поступал в организм — с водой, пищей или при дыхании,— последовательно входит затем в состав разных соединений, испытывающих превращения в ходе биохимических реакций, и в конце концов частично выводится из организма, но главным образом аккумулируется в костях. Вспомним, что именно анализы костной ткани из старых захоронений позволили сделать вывод о высоком уровне свинцовой интоксикации в Древнем Риме и в средневековой Европе.

Но вот что чрезвычайно любопытно. Наблюдения над подопытными обезьянами показали, что острая стрессовая ситуация в первые же 2 часа вызывает увеличение содержания свинца в крови на 25 — 30 %. В последующие четверо суток оно возрастает вдвое против первоначального, а затем довольно долго остается на этом уровне. Считают, что стресс вызвал переход свинца из костей в кровь, где свинец сразу принимается за свое «черное дело» — разрушение красных кровяных телец. Вот одно из конкретных изменений в организме «на нервной почве».

Стрельба без промаха. Напрасно радуется поборник защиты живой природы поэт Сергей Викулов:

Да здавствует заряд, летящий мимо!

Много диких птиц гибнет из-за свинцового отравления. В поисках корма на мелководье утки часто заглатывают лежащие на дне дробины. Выстрелы, не попавшие в цель, в итоге все равно губят дичь...

При изготовлении дроби в свинец добавляют до 1,6 % еще более токсичного мышьяка. Такая добавка благоприятствует приобретению дробинок сферической формы. Возникающий арсенид свинца — легкоплавкое соединение, поэтому он концентрируется снаружи, как бы обволакивая каждую дробиночку. Значит, когда дробь попадает в организм, приходится считаться с совместным действием свинца и мышьяка.

В Канаде ежегодно рассеивается около 6 тыс. т дроби. Гибель водоплавающих птиц в этой стране из-за отравления приняла настолько значительные размеры, что стала предметом специального расследования биологов.

Что говорит американская статистика?

Подсчитано, что в охотничьих угодьях штата Вашингтон на каждый квадратный метр площади водоемов приходится по 21 дробиночке. У отравленных лебедей в мускульном

желудке находили при вскрытии от 7 до 68 дробинок. Всего, по оценкам специалистов, в США ежегодно гибнет от свинцового отравления 2 — 3 млн. водоплавающих птиц.

Как быть?

Предлагалось покрывать дробь пластмассовой или металлической (хром, никель) оболочкой, однако эти покрытия довольно быстро истираются в зобу птицы. Малотоксичен сплав, содержащий равные количества свинца и железа, и совершенно безопасна стальная дробь. Правда, ее баллистические качества хуже, но ведь не только ради добычи ходят в наше время на охоту...

Кадмий — бомба замедленного действия. В окружающей среде кадмий рассеивается человеком вместе с минеральными удобрениями (входит в состав суперфосфата) и фунгицидами (противогрибковые препараты). Он — спутник широко применяемого цинка и всегда присутствует в изделиях, содержащих цинк. Наконец, и сам металлический кадмий находит в последние годы применение в разных отраслях промышленности и техники. В атмосферу кадмий попадает при сжигании изделий из пластмассы, куда он добавляется для прочности и в составе красителей.

Среднее содержание кадмия в каменноугольной золе невелико, в десятки и сотни раз меньше, чем других металлов, всего 5 г на 1 т.

И все же его рассеивание через атмосферу при сжигании топлива может нанести непоправимый ущерб некоторым производствам, где используются чистые и сверхчистые материалы. В Англии известен случай, когда была забракована партия готовых полупроводников из-за того, что на соседнем заводе использовался уголь с примесью кадмия††††††††††.

В Японии, в окрестностях некоторых рудников, где поверхностные и грунтовые воды обогащены кадмием, издавна было известно заболевание итай-итай, что в переводе означает «страдание», «мучение». Для него характерны искривления и деформации костей, сопровождаемые сильными болями, необычайная хрупкость и ломкость

†††††††††† Этот случай далеко не уникальный. Установлено, что от 50 до 70 % неполадок в точнейших приборах, выпускаемых американской промышленностью, таких, как лазеры, магнитные системы, полупроводниковые устройства и т.п., вызваны различными видами загрязнителей, в том числе микроэлементами, попавшими в изделия в процессе их изготовления.

костей.

В 60-х годах эта болезнь распространилась широко из-за массового использования фунгицидов (противогрибковые препараты для протравливания семян), в состав которых входил кадмий. Содержание этого элемента в рисе достигало 1 — 2 мг/кг — на два порядка выше фонового содержания в растениях.

Среднестатистический житель Страны восходящего солнца потребляет около 350 г риса в день, т.е. при указанном уровне загрязнения в его организм ежедневно поступало 350 — 700 мкг кадмия. Крестьяне же некоторых местностей фактически питаются одним только рисом, причем в деревенскую страду — в разгар полевых работ — их дневной рацион достигает 4 кг (эту цифру приводит Н. Федоренко в «Японских записках»). В таком случае среднесуточное потребление кадмия может составить 4000 — 8000 мкг, тогда как, согласно публикациям Всемирной организации здравоохранения, его предельно допустимая величина равна 70 мкг. Стократное превышение!

Не удивительно, что кости у больных иной раз буквально рассыпались только из-за неосторожного резкого движения. На рентгеновских снимках ног одного из пациентов врач насчитал 72 перелома. Иногда даже глубокий вздох мог стать причиной перелома ребра...

Дело дошло до того, что в некоторых префектурах из-за чрезмерно высокого уровня загрязнения власти стали скупать у крестьян урожай и уничтожать его. В середине 70-х годов удалось разработать способ удаления кадмия из рисовых зерен с помощью поверхностно-активных веществ.

Высокое содержание кадмия отмечено в 80 местностях в разных частях Японии, причем 13 техногенных аномалий отличаются особенно высокой степенью загрязнения почвы. Считают, что справиться с этой «чертовой дюжиной», нейтрализовать загрязнение можно, но потребуются большие затраты.

Вся сложность заключается в том, что кадмий включается в состав гумуса, поглощается, накапливается и надолго удерживается продуктивным почвенным горизонтом, который играет по отношению к нему роль геохимического барьера. Если содержание кадмия в почве достигнет 3 мг/кг (а это реальность некоторых японских техногенных аномалий), то его концентрация в биомассе растений будет не менее 0,4 мг/кг, что уже может вызвать токсический

эффект у животных и человека. Тогда, по мнению некоторых авторов, остается один путь: насыпать сверху 25-сантиметровый слой незагрязненной земли и хорошенько перемешать его с местной почвой.

Кадмий способен повышать кровяное давление. Видимо, не случайно в Японии, где кадмиевое загрязнение среды очень велико, отмечается относительно больше инсультов, чем в других странах. Он обладает также канцерогенными свойствами.

Кадмий очень коварен, в небольших количествах он даже необходим (регулирует содержание сахара в крови), но нет достаточной дистанции между необходимым и вредным содержанием. Опасный порог легко может быть достигнут и преодолен. Кадмий накапливается в почках, в течение жизни человека его содержание в этом органе может увеличиваться в 100—1000 раз.

Тревожные цифры приводит шведский исследователь М. Пискатор. Разница между современным содержанием кадмия в организме подростков и критической величиной, когда придется считаться с нарушениями функций почек, болезнями легких и костей, очень мала. Особенно быстро подходят к критическому порогу курильщики, ибо, к несчастью, растения табака жадно аккумулируют кадмий из почвы §§§§§§§§§§ . Поэтому каждая затяжка дымом содержит, помимо других вредностей (окись углерода, никотин и т.п.), также и кадмий. В одной сигарете его содержится от 1, 2 до 2,5 мкг. Испытания на «курительных машинах» показали, что из этого количества в легкие курильщика попадает 0,1—0,2 мкг, а остальное рассеивается вместе с дымом и пеплом, попадая, конечно, и в чужие легкие.

Мировое производство табака составляет около 5,7 млн. т в год. Одна сигарета — 1 г табака. Значит, при выкуривании всех сигарет мира выделяется от 5,7 до 11,4 т кадмия, т. е. такое же количество, как при трехчетырех средней силы вулканических извержениях. Но «коэффициент вредного действия» табачного кадмия много выше — ведь он идет в легкие человека по кратчайшему пути, тогда как вулканический в значительной части оседает вдали от

§§§§§§§§§§ Табак вбирает в себя также токсичную ртуть. Ее концентрация в сухих листьях табака на порядок, а кадмия — на три порядка величины выше средних значений для биомассы наземной растительности.

населенных пунктов и над безлюдными просторами океанов.

М. Пискатор ставит вопрос об ограничении производства кадмия. В Швеции с 1982 г. запрещено использование продуктов, содержащих кадмий. В последние годы в этой стране очень активно ведется борьба против курения. Поставлена цель добиться того, чтобы дети, родившиеся после 1975 г., стали первым в мире некурящим поколением.

Мышьяк — древнейший яд. Археологическими исследованиями в разных районах земного шара установлено, что одним из первых сплавов, полученных древними металлургами, был сплав меди и мышьяка, положивший начало бронзовому веку. Мышьяковая бронза появилась в IV тыс. до н.э. В течение 1,5 тыс. лет из нее изготовляли в разных частях Старого Света различные изделия, которые иногда содержали до 20 % мышьяка. Но со II тысячелетия до н.э. этот сплав повсюду вытесняется оловянистой бронзой.

Такое внезапное исчезновение кажется непонятным, ибо, во-первых, мышьяковые руды встречаются гораздо чаще оловянных (особенно в Европе), а, во-вторых, мышьяковая бронза несколько не уступает в твердости оловянистой. Английский металлург Д. Чарлз выдвинул очень логическое объяснение замене одного сплава другим: при выплавке мышьяковой бронзы возгонялись губительные пары ядовитого мышьяка, отравлявшие литейщиков. Работать с оловянистой бронзой было много безопаснее.

А теперь перенесемся из бронзового века в прошлое столетие. В сообщении о вскрытии тела Наполеона, датированном 6 мая 1821 г. и подписанном английскими военными медиками, сказано, что смерть вызвана раком желудка. Болезнь была наследственной, от нее, всего 40 лет от роду, умер отец ссыльного императора — Карло Бонапарте. Да и сам Наполеон считал, что его постигнет та же участь. На исходе жизни он сказал однажды: «Рак — это Ватерлоо, вошедшее внутрь».

Но врач Наполеона Франческо Антмарчи, который наблюдал пациента в течение последних 20 месяцев его жизни, думал иначе. И не он один. В Европе многие тогда сомневались в официальной версии. Ходили упорные слухи, что бывший император отравлен. Зачем? Сосланный на далекий остров Святой Елены Бонапарт продолжал внушать опасения победителям.

Державный пленник, бравший в плен державы. Уже ничтожный, потерявший трон, Ты мир пугаешь эхом

прежней славы*****.

Исследование, выполненное 140 лет спустя, подтвердило, что слухи об отравлении не были беспочвенными. Скрупулезное изучение записей лечащих врачей, дневников, писем, мемуаров и т. п. показало, что в изгнании у Наполеона постоянно проявлялись признаки мышьяковой интоксикации. Считают, что яд выделялся в воздух жилища пленника из обшивки стен — мышьяк входил в состав красок, нанесенных на обивочную ткань. Согласно другой версии намеренного медленного убийства не было — Наполеон сам долгое время принимал укрепляющие средства, содержащие мышьяк.

В 1961 г. появилось сообщение о том, что в университете Глазго, в лаборатории судебной медицины определено содержание мышьяка в волосах Наполеона, взятых, вероятно, через день после смерти. Оно было равно 10,38 мкг/г, тогда как норма составляет около 0,8 мкг/г. Волос, взятый для анализа, был почти невесом: всего 1,72 мкг.

Как будто есть все основания восхищаться точностью, изощренностью новейших методов. Но раздались голоса сомневающихся в корректности проведенного исследования. Последовала еще одна экспертиза, которая дала отрицательный результат. Общепризнанной версии причины смерти Наполеона снова нет.

Мышьяк в атмосфере. Материалы, заимствованные из советских и зарубежных публикаций, относящихся к 60-м и 70-м годам, свидетельствуют о том, что в двух удаленных друг от друга районах земного шара — в Швейцарии и Японии — были установлены близкие концентрации мышьяка в дождевой воде — в среднем около 1,2 мкг/л.

Капельки дождя сгущаются вокруг «ядер конденсации» — витающих, в воздухе мельчайших частиц различного происхождения. Предположим, что все они естественного происхождения, примем также во внимание природное содержание мышьяка в горных породах и почве. В таком случае теоретически, для того чтобы обеспечить наличие 1 мкг мышьяка в 1 л атмосферной влаги, в ней должно содержаться не менее 1 г минеральных примесей (в действительности больше, так как расчет основан на предположении о полном растворении минеральных частиц).

Реально такая величина может наблюдаться чрезвычайно редко — при «грязевых дождях». Обычная же минерализация дождевых вод в десятки раз ниже. В. И. Вернадский принимал среднюю минерализацию атмосферных осадков за 34 мг/л, а более новые данные позволяют остановиться на величине 21 мг/л.

Поэтому вполне закономерен вывод, что мышьяк попадает в атмосферу преимущественно в результате промышленных загрязнений — в составе тонких частиц золы и за счет возгонки при сгорании угля (напомним, что в 1 т золы содержится в среднем около 500 г мышьяка), а также с газовыми отходами при переработке сульфидных руд.

Урожайность в окрестностях металлургических заводов. Содержание в почве марганца, хрома, меди, кобальта, никеля, мышьяка, свинца и других металлов вокруг металлургических заводов, как правило, в десятки и сотни раз превышает фоновые значения, характерные для соответствующей геохимической провинции. Сфера влияния одного предприятия может охватывать сотни квадратных километров.

В умеренном поясе урожайность на таких землях падает. По данным чешских и польских авторов, недобор овса, ячменя, пшеницы составляет 20 — 30 %, бобов — 40, картофеля — 47, кормовой и сахарной свеклы — до 35 %. Вредное воздействие металлов на культурную растительность стимулируется присутствием техногенного SO_2 , который увеличивает кислотность почвы и вместе с тем подвижность некоторых элементов.

Еще более неутешительные цифры получены в западной части Рурского бассейна — продуктивность на делянках, расположенных на разных расстояниях от завода в направлении господствующих ветров так, что они почти все время находились под пологом шлейфа загрязнений, была в 3 — 10 раз и более ниже, чем на контрольной площадке.

Аналогичная картина на другом конце земного шара — в Японии, где из-за загрязнения атмосферы отмечено заметное сокращение урожая риса на площади, составляющей примерно 55 % всех земель под этой культурой.

Но в случае дефицита микроэлементов в почве картина становится иной. В Таджикистане подкормка посевов отходами рудников, которые содержали цинк, медь, марганец, свинец, мышьяк, молибден, вольфрам, увеличила урожайность хлопка на 8 — 22 %.

Сибирский гнус и миграция металлов. До сих пор речь шла о нарастающем техногенном поступлении микроэлементов в окружающую среду. Но если говорить о некоторых конкретных территориях, то конечно, может иметь место и обратная картина. Типичный пример — изъятие микроэлементов вместе с собранным и увезенным с полей урожаем, которое при примитивном хозяйстве (скудное использование удобрений) может быть некомпенсированным. Возможны и более сложные случаи, один из них — история с сибирским гнусом.

Гнус — собирательное название для нескольких видов кровососущих насекомых, обитающих в таежной зоне. С весны до первых устойчивых заморозков мошка не дает житья ни человеку, ни лесному зверю. Весь день, если нет сильного ветра, который бы отгонял насекомых, приходится ходить в накомарнике, но и под него проникает докучливая мошкара.

Когда началось проектирование великих сибирских строек — плотин, заводов, дорог — биологи-энтомологи особенно энергично занялись проблемой борьбы с гнусом. Испытывались разные методы, от химических и биологических до выбора цвета рабочей одежды (предполагали, что яркие, кричащие краски могут отпугнуть насекомых, но оказалось, что они безразличны к цвету).

Однако после заполнения Братского водохранилища гнус в его окрестностях неожиданно исчез сам собой. Причина: сток стал зарегулированным, прекратилось ежегодное затопление поймы и, таким образом, исчезли условия, необходимые для выплода мошки.

Полагают, что это могло иметь определенные геохимические последствия. Дело в том, что мошка появлялась на свет на пойме, а погибала на водоразделах и удобряла там собою почву, снабжала ее некоторыми микроэлементами, в том числе молибденом, кобальтом, марганцем — именно теми, в которых ощущается недостаток в таежной геохимической провинции. Конечно, этот источник микроэлементов был весьма скудным, но благодаря изменению человеком гидрологического режима Ангары, прервался и он.

Когда закипит Рейн? ... Далеко позади остались идиллические альпийские луга и утесы с романтическими замками. Начинается Рурский **промышленный** район. «Все плотнее частокол заводских труб: кирпичных, бетонных,

железных. Воздух заволакивается дымом и бензиновой гарью, стелющейся над самой водой. Утро здесь кажется вечером, а самый безоблачный день — мрачным. Черный от копоти, оглохший от гудков и сирен, ослепший от ядовитых выхлопных газов, как-бы ощупью пробирается Рейн по территории гигантского, на десятки километров растянувшегося заводского двора, огибая гудящие огнедышащие печи, горы каменного угля и железной руды»*.

Во многих работах, посвященных проблемам загрязнения среды, Рейн наделен самыми нелестными эпитетами: «подлинная клоака», «ночной горшок индустриальной Европы», «сточная канава», «мертвая река».

Действительно, в него сбрасываются все виды загрязнений, какие только можно представить. Ежегодно с промышленными стоками в него попадает 3150 т хрома, 1520 т меди, 12 300 т цинка, 70 т ртути, 350 т мышьяка... В достаточно высоких концентрациях обнаружено присутствие титана, кобальта, никеля, молибдена, серебра, свинца. Каждый час в реку поступает 1250 т хлоридов (это все равно, что 62 груженых солью вагона). А всего при пересечении границы ФРГ и Нидерландов Рейн пронесит 24 млн. т промышленных отходов в год.

Соединения тяжелых металлов губительно действуют на рыб. Они уплотняют слизь, покрывающую жабры, и таким образом препятствуют газообмену. Сначала наблюдаются ускоренные движения жабер, потом они становятся неритмичными, замедляются, и рыба погибает от удушья в своей родной стихии...

Положение усугубляется еще тем, что в промышленных районах, отличающихся значительным загрязнением природных вод, одновременно бывает также очень велика степень «термального загрязнения». А ведь токсичность всех ядов возрастает с повышением температуры.

Предполагается, что со временем температура рейнской воды летом может достигнуть 35 °С. Статья, содержащая такой прогноз, озаглавлена «Когда закипит Рейн?». Но гораздо раньше закипят американские реки, если останется прежней технология охлаждения агрегатов атомных и тепловых электростанций. Еще в конце 60-х годов температура в реке Гринривер на западе штата Кентукки поднималась летом до 38 °С, а в некоторых реках

северо-восточной части штата Огайо — до 49 °С! По различным оценкам к 1985 г. для охлаждения агрегатов АЭС и ТЭС потребуется от 17 до 25 % годового стока рек США.

Остается заметить, что одно лишь только повышение температуры воды (незагрязненной!) выше 30 °С губительно для ихтиофауны умеренного пояса. Лососевые погибают при 24 °С.

В Чесапикском заливе на Атлантическом побережье Соединенных Штатов американские ихтиологи отмечали в последние годы частые уродства у мальков полосатого окуня и синеспинки — укорачивание длины тела, увеличение плавниковой складки, искривление позвоночника. Все эти изменения, нарушающие плавательную способность рыб, связывают с тепловым воздействием на икру.

Самый большой приток Рейна — Майн (длина 524 км) стал совершенно безжизненной рекой. Вымерли все организмы, различимые простым глазом. Загрязнение переносят лишь некоторые виды диатомей — мельчайших водорослей с кремневым скелетом, детали строения которых можно различить только с помощью электронного микроскопа.

...Рейн загублен на протяжении жизни одного поколения. Сейчас трудно поверить, что еще в 1910 г. в его бассейне было выловлено 175 тыс. лососей.

В 20-х годах в Сене, в самом центре Парижа, водилось довольно много рыбы. Вот что пишет по этому поводу такой знаток рыбной ловли, как Э. Хемингуэй: «Нижний конец острова Ситэ переходит у Нового моста, где стоит статуя Генриха Четвертого, в узкую стрелку, похожую на острый нос корабля... быстрыны и глубокие заводи, которые образует здесь Сена, представляют собой превосходные места для рыбной ловли... Авторы путевых очерков любят изображать парижских рыболовов так, словно это одержимые, у которых рыба никогда не клюет, но на самом деле это занятие вполне серьезное и даже выгодное... Даже в этом большом городе люди удят рыбу не для забавы и улов приносят домой для *friture*» ††††††††††††.

В те же годы пользовался известностью ресторан «Чудесная рыбалка», где готовили рыбу, пойманную тут же,

†††††††††††† Так называют любую рыбу, зажаренную целиком в кипящем масле. (Прим. Хемингуэя.)

в черте города из Сены.

А теперь, по словам профессора Сен-Марка, «в Париже и его округе Сена — это опасная зловонная канава». Редко кто рискует искупаться в реке. Рыболовы на набережных кое-где видны, но пойманную рыбу настоятельно не рекомендуют употреблять в пищу...

Во многих местах стала смертельным ядом для рыб вода Миссисипи — самой полноводной реки Северной Америки и самой длинной реки в мире. «В воде, взятой ниже Сент-Луиса и разбавленной чистой водой в 10 раз, рыбы мальки погибали менее чем через минуту, а при соотношении загрязненной и чистой воды 1 : 100—через сутки» (В. Песков, Б. Стрельников. Земля за океаном). Сент-Луис расположен в среднем течении Миссисипи, примерно как Казань на Волге.

Темза длительное время была очень загрязнена, но в последнее время качество воды в этой реке заметно улучшилось. Четверть века назад в пределах Лондона рыбы в ней совсем не было, а сейчас там обитает 42 вида рыб. Оздоровление Темзы имело еще последствия такого рода: возросли шансы на спасение утопленников-самоубийц и людей, случайно оказавшихся в воде. В настоящее время удается спасти примерно половину из них, тогда как 10 лет назад все, даже те, кто не захлебнулся, попав в воду, умирали от отравления.

Через реку вброд за водой. У Леонида Мартынова есть такое стихотворение:

Ты видишь?

Через реку вброд

Упорный человек идет

С ведром огромным и пустым К заречным зарослям густым.

И снова Через реку вброд Обрато человек идет С ведром огромным, и оно Иной водой полным-полно. Вода реки Ему горька, И он несет издалека Ведро воды Из родника.

Это поэтический образ взыскательности. Но вот что печально: 20 млн. обитателей бассейна Рейна, да и многих других рек нашей планеты вправе понимать строки Мартынова буквально. Ведь у Дуйсбурга среднегодовая концентрация мышьяка в рейнской воде в 1968 г. была равна 3,5 мкг/л — величина, пугающе близкая к его предельно допустимой концентрации в питьевой воде — 5 мкг/л.

В реальной жизни приходится иной раз отправляться за чистой водой не на другой берег реки, а за море! В магазинах Роттердама находит сбыт не совсем обычный импортный

товар — бутылки с простой речной водой, привезенной из Норвегии, из тех ее районов, которые не затронуты промышленными загрязнениями.

Но это лишь самая первая и самая примитивная попытка утоления жажды западноевропейцев скандинавской водой. Разрабатывается план снабжения чистой водой городов Рурского промышленного района по водопроводу, проложенному из Скандинавии по дну Балтийского моря.

Техногенные металлы в океане. «По сути дела, человек до сих пор находится под сильным влиянием средневековых представлений о безграничности Мирового океана. Все мы склонны думать, что стоит только загрязненной речной воде влиться в открытое море, а очистной системе большого города быть достаточно далеко выведенной от берега, как все городские и промышленные отходы сами собой растают где-то в голубом пространстве за горизонтом, словно мы их попросту смахнули с поверхности планеты» ††††††††††††.

В действительности, увы, все обстоит не так. Загрязнения, поступающие с речным стоком или через атмосферу, не могут мгновенно раствориться и рассеяться в морских просторах. Особенно это относится к тем случаям, когда речь идет о полужамкнутых заливах и бухтах (именно такая ситуация наблюдалась у печально известного городка Минамато). Да и на открытых побережьях в силу гидрологических условий загрязнения часто «прилипают» к берегу. Они не столь быстро рассасываются из поверхностного горизонта или в силу своих свойств (например, нефть), или благодаря тому, что поступают в организмы и включаются в биологический круговорот (микроэлементы). Отметим также, что многие микроэлементы удерживаются в самом поверхностном микрослое морской воды, отчего их концентрация в пене значительно превосходит среднее значение.

К наиболее неблагоприятным акваториям относятся прибрежные воды Северного моря, Балтика, Средиземное

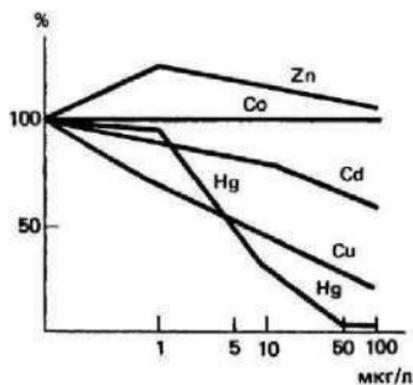


Рис. 7. Зависимость интенсивности фотосинтеза фитопланктона от содержания тяжелых металлов в морской воде (по С. А. Патину и соавторам, 1974). На вертикальной оси — интенсивность фотосинтеза в процентах от контрольной группы, обитающей в чистой воде; на горизонтальной — концентрация металлов, мкг/л.

море, такие морские ворота, как Гибралтар и Ла-Манш, Внутреннее Японское море, воды, омывающие густо населенные промышленные

районы северо-востока США. Там содержание в воде тех или иных микроэлементов может в десятки и сотни раз превышать естественную фоновую величину.

Тяжелые металлы оказывают угнетающее действие на рост фитопланктона — мельчайших водорослей, рассеянных в верхнем горизонте воды, пронизаемом для солнечных лучей. Особенно пагубны соединения ртути. При ее концентрации 50 мкг/л фотосинтез некоторых видов фитопланктона практически прекращается. При таких же концентрациях меди и кадмия интенсивность фотосинтеза равна соответственно 30 и 70 % по отношению к ее величине в незагрязненной воде. Рост содержания кобальта до 100 мкг/л никоим образом не отражается на жизнедеятельности фитопланктона, а поступление цинка сначала даже усиливает биологическую продуктивность, но при дальнейшем росте содержания металла она начинает падать (рис. 7).

Фитопланктон — это то основание, тот фундамент, на котором держится вся разнообразная жизнь моря. Это начальное звено в цепи питания. Мелкие морские водоросли — корм для рачков, которые, в свою очередь, поедаются рыбой; большая рыба пожирает малую... Ясно, что всякое неблагоприятное влияние на первичную морскую продуктивность неизбежно отразится на суммарной величине биологической продуктивности Мирового океана. Уменьшение основания пирамиды уменьшает ее объем.

Излишне говорить о том, сколь велико практическое значение этой проблемы. На «кормильца-океан» возлагаются немалые надежды. Растущее человечество рассчитывает на более широкое использование морских биологических ресурсов.

Но фитопланктон — не только пища. Несмотря на то что

масса морских микроскопических водорослей в несколько тысяч раз уступает наземной растительности, фитопланктон благодаря быстрой смене поколений производит больше кислорода, чем растения суши. «Ж и в а я планктонная пленка есть главная область выделения самородного кислорода, создаваемого жизнью зеленых организмов» (Вернадский). Угнетение морского фитопланктона может вызвать неблагоприятные сдвиги в кислородном балансе воздушной оболочки Земли.

Океан велик. Он вечно неспокоен. В таких условиях, казалось бы, должно происходить быстрое разбавление загрязнений, их растворение без следа, исчезновение как в бездонной бочке. Но на деле этого не происходит. Тяжелые металлы поглощаются из воды живым веществом, захватываются им, надолго удерживаются, включаются в биологический круговорот.

При этом их содержание увеличивается в пищевых цепях по мере перехода от планктона к хищным рыбам и млекопитающим. Возникают концентрации, вредные для человека. Особенно тревожит высокое содержание ртути в рыбах, которое в некоторых районах превзошло предельно допустимые нормы.

Покажем нарастание содержания ртути в разных звеньях пищевой цепи по данным французских исследователей. Если ее концентрацию в воде принять за 1, то в фитопланктоне она составит уже 100—1000 единиц, в зоопланктоне - 1 — 5 тыс., в личинках водных насекомых - 1 — 10 млрд., в рыбах, питающихся планктоном, — 5 — 10 млрд., в хищных рыбах — 40 млрд. В нашем примере концентрация ртути в хищных рыбах равна 4 мг на 1 кг веса, тогда как естественная величина считается равной 0,01 — 0,1 мг/кг, а допустимая для человека доза — 0,5 мг/кг. При содержании ртути в рыбе 6 мг/кг возможно явное отравление.

Отравленный Гольфстрим. На долю Соединенных Штатов приходится 40 % от мирового объема промышленных загрязнений. Сгусток городов на северо-востоке страны. Отходы сбрасываются с речным стоком в Атлантику. Там они вовлекаются в океаническую циркуляцию, втягиваются в мощный поток Гольфстрима, который несет их к берегам Старого Света со скоростью 60 км в сутки.

Советское научно-исследовательское судно «Шквал» в 1972 — 1973 гг. выполнило тщательные гидрохимические

исследования в северной части Атлантического океана. Работы эти имели целью установить, в какой степени ощущаются техногенные влияния в открытом море, в сотнях и тысячах километров от берега.

Полученные экспедицией данные говорят о том, что концентрация некоторых загрязнителей достигла опасного уровня. Например, содержание ртути в водах Гольфстрима колеблется в пределах от 1,5 до 20 мкг/л. Последняя цифра в 200 раз превосходит величину среднего содержания в морской воде и в 4 раза — предельно допустимую концентрацию. На поперечном гидрохимическом профиле, секущем Гольфстрим по меридиану 50° западной долготы, отчетливо видны три струи, обогащенные ртутью. Они то поднимаются к водной поверхности, то опять погружаются в глубину — шевелятся, извиваются, как исполинские удавы. Поэтому меняется содержание ртути в поверхностном слое.

Постепенно теряя силы, Гольфстрим рассеивается в водах Норвежского и Баренцева морей и умирает у берегов Шпицбергена. Там и находится зона разгрузки техногенных загрязнений, которые подхватываются течением у американских берегов и переносятся к порогу Арктики. Это не может не внушать больших опасений, ведь северо-восточная часть Атлантики — важный район морского промысла, дающий человечеству почти четвертую часть мировых уловов.

Шансы на спасение обреченных островов. Начиная со второй половины 60-х годов в газетах и журналах разных стран было опубликовано немало сообщений о необычайной вспышке размножения морских звезд в южной части Тихого океана. Обитающие там звезды имеют красновато-бронзовый цвет, их диаметр достигает 60 см. Лучи, количество которых равно 18 — 21, покрыты ядовитыми шипами. Этот вид, латинское имя которого *Acanthaster planci*, называют еще терновым венцом.

Звезды питаются кораллами — неустанными строителями рифов и атоллов, непрерывная тысячелетняя работа которых все время подновляет острова и противостоит разрушительной силе морских волн. Звезда выделяет желудочный сок и за несколько часов полностью растворяет известковый панцирь, добираясь до живых кораллов.

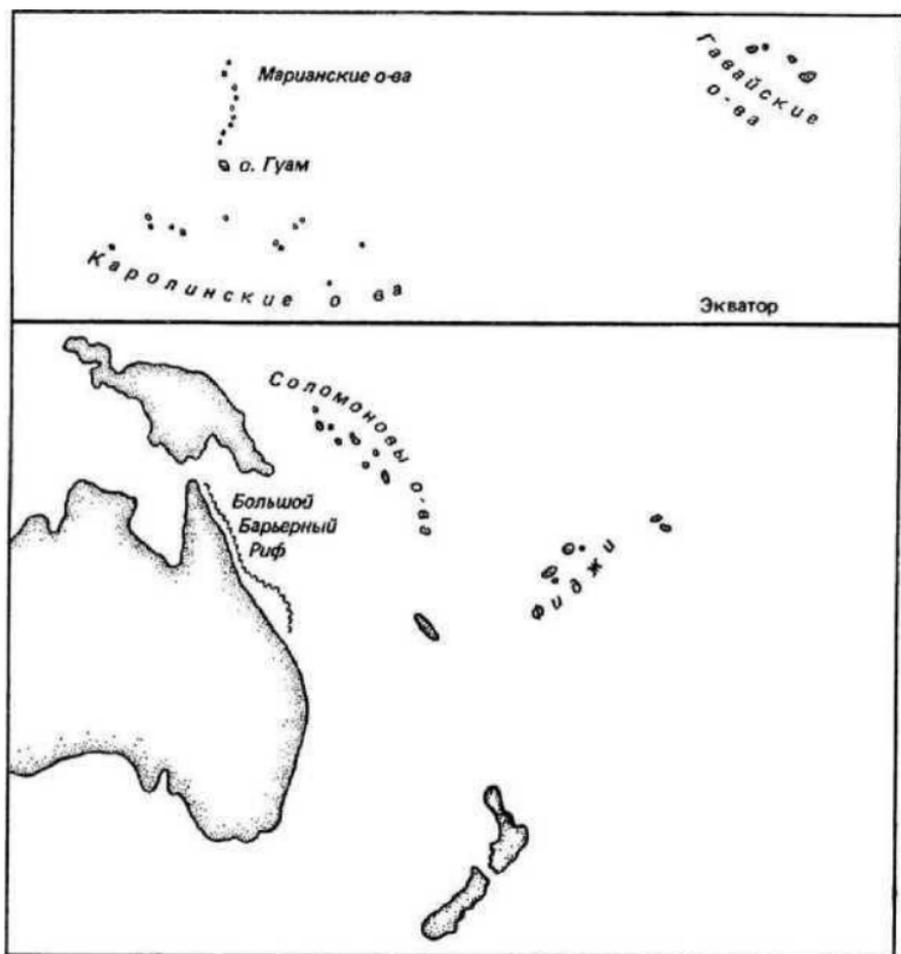


Рис. 8. Юго-западная часть Тихого океана, где кораллы в нарастающей степени истребляются морскими звездами

За сутки один терновый венец может истребить кораллы с площади около 1 кв. м.

Неожиданное нашествие полчищ морских звезд угрожает самому существованию многих экзотических островов Океании (рис.8). Уничтожено около 40 кв. км кораллового барьера вокруг острова Гуам и более 250 кв. км Большого барьерного рифа, защищающего от натиска волн восточное побережье Австралии. Если количество иглокожих и их аппетит не уменьшатся, то в ближайшие десятилетия многие острова могут исчезнуть, их размоют штормы.

Причины нашествия морских звезд все еще не выяснены.

время купания. Они могут вызвать неизлечимые нарушения печени, мозга, мочевого пузыря. На земном шаре около 200 млн. человек страдают этим недугом. Недавно установлено, что небольшое содержание меди в воде уничтожает инициаторы тех речных моллюсков, которые служат промежуточными хозяевами личинок шистозом, оставаясь безвредными для остальных организмов.

В небе становится тесно от спутников. 4 октября 1957 г. на орбиту вокруг Земли был выведен первый советский искусственный спутник. Он весил 83,6 кг. Началась космическая эра. В середине 60-х годов вокруг Земли вращалось уже около тысячи спутников. Иной раз они даже мешали друг другу: два американских спутника столкнулись в конце 1965 г.

До 31 декабря 1975 г. во всем мире стартовало 8833 космических аппарата. На этот день в верхних слоях атмосферы и в ближнем космосе вращалось около 3,7 тыс. небесных тел, сделанных человеческими руками.

Специалисты считают, что в 1995 г. в космосе будет одновременно находиться 20 тыс. «прослеживаемых объектов», созданных руками человека, включая переставшие функционировать спутники, различные детали, сброшенные с них после запуска, отломившиеся из-за неисправностей и случайностей или просто выброшенные после использования.

Спутникам в буквальном смысле слова станет тесно в небесах. Возникнут дополнительные сложности при космических полетах, появятся помехи при слежении за космическими аппаратами. Через два-три десятка лет появится неизбежная проблема очистки космоса! Околоземный космический мусор предполагают устранять, направляя крупные тела к Земле, — они будут сгорать, в атмосфере.

Каковы геохимические последствия космических исследований? При запусках ракет, число которых с каждым годом все увеличивается, происходят некоторые сдвиги в качественном составе верхних слоев атмосферы, куда поступают пары металлов (при сгорании отслуживших спутников, ракет-носителей и т.п.). Очень быстро — уже к середине 60-х годов — концентрация паров лития, натрия и железа в верхних слоях атмосферы, по-видимому, удвоилась.

Помимо повседневной, будничной космической работы, на химизм верхней атмосферы может оказывать влияние

также и выполнение различных уникальных экспериментов. Предложена, например, идея (технически вполне выполнимая) распыления на высоте 32 тыс. км смеси бария с окисью меди. Возникнет светящееся облако, которое позволит увидеть силовые линии магнитного поля Земли.

Итак, в будущем содержание техногенных примесей — паров металлов — в верхней атмосфере будет возрастать необычайно быстро. Пока трудно говорить о конкретных возможных последствиях, но ясно, что это может отразиться на составе приходящей и отраженной радиации, а значит, и на климате.

Рост фонового содержания металлов в биосфере. О нарастании поступления металлов в биосферу можно судить, изучая их содержание, в разновозрастных горизонтах донных отложений озер.

В Англии определили содержание ртути в илах озера Уиндермер в Камберлендских горах. ***** И что же? Илы у поверхности дна содержат в 8,5 раз больше ртути, чем те слои, которые, судя по скорости осадконакопления, отложились в 600 — 1300 гг.

Подобные исследования проводились и на озере Монона в штате Висконсин. В этом случае современные осадки содержат в 12 раз больше меди и в 9 раз больше свинца, чем горизонт, датированный 1820 г., когда на берегах озера только появлялись первые поселения бледнолицых.

В высшей степени заманчивый объект для исследования изменений в атмосфере представляют собой области питания ледников. В теплое время года накопившийся в течение зимы снег подтаивает с поверхности. Образуется тонкая льдистая корочка, которая в следующую зиму вновь перекрывается твердыми атмосферными осадками. Так продолжается из года в год. Возникает отчетливо слоистая фирновая толща, вверху вниз ее можно проследить год за годом, проникая на сотни и тысячи лет в глубину времени.

В книге Дж. Дайсона «В мире льда» раздел о ледниковой слоистости заканчивается так: «Экспонаты, которые хранятся в музеях, дают нам сведения о жизни наших

***** Наличие ртути в донных отложениях озер вовсе не свидетельствует о ее выходе из биологического круговорота. В иловых осадках обитают микроорганизмы, способные превращать неорганические соединения ртути в гораздо более опасные органические. В водном биоценозе ртуть длительное время удерживается живым веществом.

предков, даже первобытных людей, не имевших еще письменности. Мы знаем, во что они одевались и чем питались. Но никакие музеи не обладают образцами воздуха, которым эти предки дышали. Дышали ли Колумб, Эрик Рыжий и Карл Великий таким же воздухом, каким дышим мы? Кажется, дело идет к тому, что скоро Гренландия и Антарктида — эти гиганты-холодильники, оберегающие тайну истории земного климата,— дадут ответы и на такие вопросы».

Современная наука обладает секретами извлечения той уникальной информации, которая хранится в ледниковой летописи — в годичных слоях фирна. Изучая их, можно узнать о том, как менялось во времени количество атмосферных осадков, их минерализация, запыленность воздуха и его температура (по соотношению изотопов O^{18} и O^{16}), газовый состав и многое другое.

Работами в Альпах, Высоких Татрах, Гренландии и на Шпицбергене и в других ледниковых районах установлено направленное возрастание содержания твердых частиц и общей минерализации при переходе «из глубины веков» к горизонтам, отложившимся в XX столетии.

В Гренландии отмечен быстрый рост концентрации свинца в верхних горизонтах фирна. В образцах, датированных 800 г. до н. э., содержится не более 0,0004 мкг свинца на 1 кг фирна. Считают, что эта цифра характеризует уровень естественного загрязнения, главный источник которого — вулканизм. В образцах, датированных 1753 г. (начало промышленной революции), содержание свинца превышает естественный фон в 25 раз. Затем происходит неуклонное возрастающее увеличение его концентрации, и в настоящее время годичные прослойки гренландского фирна содержат свинец в количестве 0,2 мкг/кг, что в 500 раз превосходит естественный уровень.

Что касается других микроэлементов, то не наблюдается увеличения их содержания снизу вверх. Максимум содержания селена приходится на 800 г. до н. э., ртути — на 1952 г., марганца — на 1815 г. Полный разницей, никакой закономерности! Видимо, эти металлы поступают на гренландские льды через атмосферу естественным путем, главным образом за счет вулканизма (ведь не так уж далеко находится Исландия с ее огнедышащими горами). Но в техногенной причине все нарастающей аккумуляции свинца нет никаких сомнений.

В гораздо большей степени (что и следовало ожидать) обогащены свинцом вечные снега индустриальной Европы. Польские исследователи изучили химизм ледника в Большом Менгушовецком цирке (Высокие Татры). Слои, относящиеся к 1861—1865 гг., содержат 5 мкг свинца на 1 кг фирна, а молодой фирн (1960—1965 гг.) — 78,6 мкг/кг. К сожалению, не были подвергнуты исследованию слои старше 1861 г., поэтому в нашем распоряжении нет цифр, характеризующих уровень «допромышленного» содержания свинца. Но если исходить из того же значения естественной концентрации, которое было принято для Гренландского ледникового щита — 0,0004 мкг/кг, — то оказывается, что в Татрах эта величина превзойдена почти в 200 тыс. раз! Вот в какой степени сказывается близость Силезского и Моравско-Остравского промышленных районов! ††††††††††††††††.

Сопоставлялся также химизм современных растений с гербарными и лекарственными сборами 70-летней давности. Результат: установлено увеличение содержания свинца.

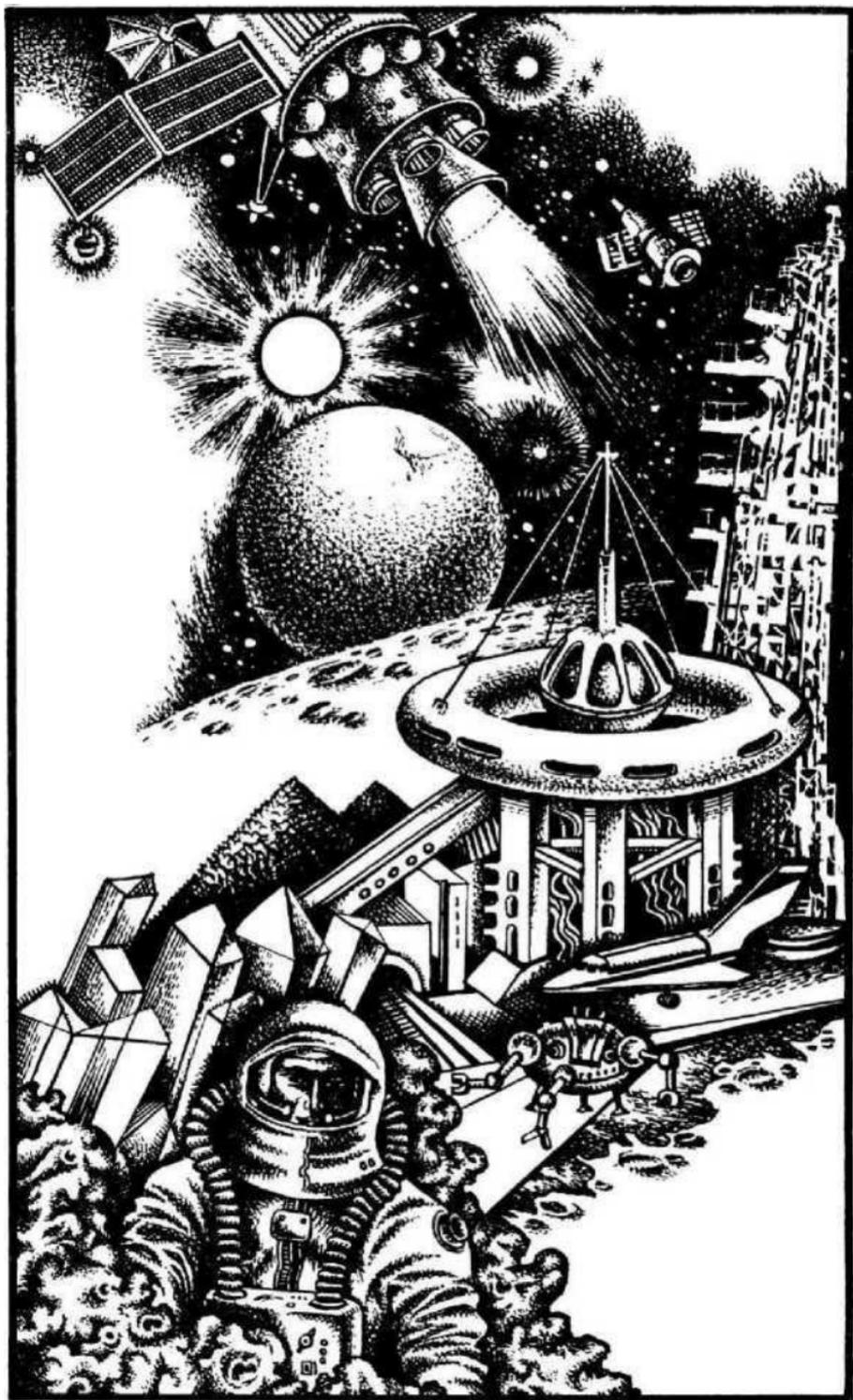
В самое последнее время обратили внимание еще на один источник информации об изменчивости поступления микроэлементов в окружающую среду — начали изучать распределение загрязняющих веществ в годичных кольцах деревьев. Рубить дерево не нужно — в него ввинчивается, как штопор, миниатюрный бур, с помощью которого извлекается проба древесины толщиной с карандаш, ориентированная по радиусу ствола. Как и следовало ожидать, в кольцах последних десятилетий концентрация ряда элементов увеличена.

Накопление техногенных микроэлементов в человеческом организме. Интересно сравнить уровень содержания различных микроэлементов в организме жителей индустриальных районов и обитателей еще сохранившихся участков с девственной природой, где техногенное загрязнение среды ощущается в минимальной степени.

Такое исследование выполнено американскими авторами. Сравнивались анализы крови †††††††††††††††† жителей

†††††††††††††††† Нужно помнить и о том, что возможны существенные различия в интенсивности аккумуляции естественного атмосферного свинца в Гренландии и Татрах.

†††††††††††††††† Более показательным было бы сравнение содержания микроэлементов в печени, почках и в костной ткани, где «складываются» поступающие в организм микроэлементы. Но технически такую работу очень



? Я Х
; я
,
- I, O e a
(- M I, C B B E И И O
e T a
) ,
B

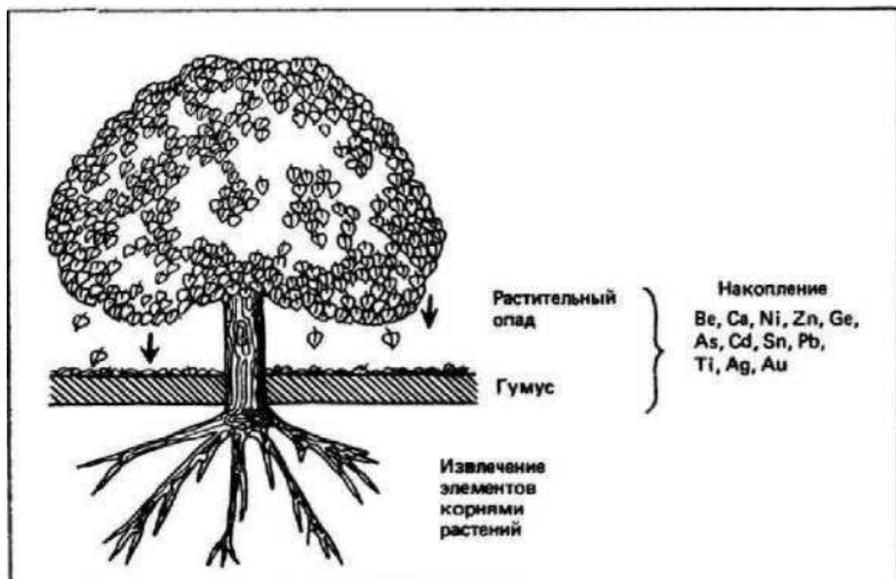


Рис. 9. Схема биогенной аккумуляции микроэлементов в гумусовом горизонте почвы (по В. Р. Вильямсу и В. М. Гольдшмидту)

биосферу, которое произойдет в случае полного исчерпания известных на сегодняшний день запасов полезных ископаемых, в десятки и сотни раз превзойдет их содержание в почвах и живом веществе.

Есть все основания считать, что предсказываемый «ливень» микроэлементов, который в предстоящие десятилетия и столетия хлынет на гумусовую оболочку, уменьшен. Ведь по-прежнему будет происходить их поступление в силу естественных причин.

Будет продолжаться биогенное накопление. Например, в гумусовых горизонтах некоторых лесных почв возможна аккумуляция бериллия, кобальта, никеля, цинка, германия, мышьяка, свинца, золота, серебра и других металлов. Эти элементы могут поглощаться из материнской породы, куда проникают самые тонкие корни деревьев (корни сосны достигают 4 — 4,5 м, а длина корней дуба нередко превышает 10 м), а затем вместе с опавшими листьями и ветками переходить в гумус (рис. 9),

В вулканических районах микроэлементы продолжают интенсивно поступать в почву через атмосферу при выбросах пепла и в парообразном состоянии. Так, Этна, будучи в активном состоянии, выбрасывает в течение года 130 т.

свинца, 10 т кадмия, 365 т меди, 1100 т цинка, 3 т. серебра. Всего в мире насчитывается 609 вулканов, относимых к действующим; все они извергались на глазах человека. В XX в. (до 1977 г. включительно) на земном шаре произошло 1380 вулканических извержений; таким образом, ежегодно пробуждается 15 — 20 вулканов. 37 наиболее крупных извержений нашего столетия выбросили в атмосферу 57 куб. км пепла.

Летучие элементы, такие, как ртуть, мышьяк, сурьма и др., адсорбируются пепловыми частицами субмикронного размера, которые при катастрофических вулканических взрывах могут оказаться в стратосфере на высоте 20 — 22 км. В итоге происходит рассеивание микроэлементов по всей поверхности земного шара.

Другой источник микроэлементов, поступающих через атмосферу, — Мировой океан. Во время штормов ветер срывает гребни волн, поднимает вверх тонкую водяную пыль — происходит «механическое испарение» (термин советского океанолога Н. Н. Зубова). После испарения воды в воздухе остаются мельчайшие кристаллики солей, так что «соленый воздух моря» — реальность, а не просто ходячее выражение у авторов морских рассказов. Воздушные течения переносят затем эти соли на материки. Твердые частицы играют роль ядер конденсации, и осадки, выпадающие над сушей, всегда содержат какую-то примесь солей морского происхождения. Но особенно богаты ими, конечно, осадки, выпадающие в приморских районах.

Еще один источник естественного поступления металлов на поверхность почвы — космос. Метеориты — темные, тяжелые, оплавленные камни, внушающие чувство какого-то особенного любопытства и уводящие нас в мыслях невероятно далеко от Земли, — составляют ничтожную часть от общего прихода космического вещества. Его подавляющая масса представлена пылеобразной материей; по выражению американского популяризатора астрономии У. Салливана, «на уровне микроскопических размеров имеется постоянный дождь вещества». К тому же любой метеорит весом более 100 т врежется в земную поверхность с такой силой, что почти весь испаряется под действием образующегося при ударе тепла.

Вместе с метеоритной пылью приносятся никель, железо, хром, кобальт. Мельчайшие шарики сплава космического железа и никеля рассеяны в почве вокруг Аризонского

кратера и в районе тунгусской катастрофы, где установле но также аномально высокое содержание мышьяка, йода брома, теллура, цинка. В таежных условиях эти микроэлементы ускоряют прирост растений.

О необычном явлении в Саянских горах после падения крупного метеорита в начале декабря 1920 г. сообщил, со слов очевидцев, профессор Л. А. Кулик: «В течение следующих... 4 — 5 дней падала при совершенно тихой погоде рыжевато-бурая сажа; она была видна на снегу до самого снеготаяния... Кроме того, в течение тех первых 4 — 5 дней солнечный свет имел красноватый оттенок... Радиус площади, охваченной этим явлением, свидетели определяли не менее чем в 300 верст».

Величина среднегодового поступления внеземного вещества колеблется, согласно оценкам разных авторов, от 0,01 до 80 млн. т. Материки получают около 29 % от этого количества, остальное попадает в океан.

Ливень будет сильнее, чем кажется на первый взгляд. Для определения предстоящего техногенного поступления микроэлементов использованы данные о ресурсах полезных ископаемых, относящиеся к концу 1970-х гг. Их нельзя считать окончательными. Нет сомнения в том, что будут открыты и вовлечены в эксплуатацию новые месторождения, известные запасы минерального сырья будут пересмотрены в сторону увеличения, как это было уже не раз.

Нагляден пример жидкого топлива. В 1928 г. в издательстве «Московский рабочий» вышел в свет сборник «Жизнь и техника будущего». Там на стр. 192 написано: «Нефти при неизменном потреблении хватит на 50 лет, а с учетом увеличения потребления — на 20 — 25...»

В 1950 г., когда согласно этим прогнозам человечество должно было дожигать последние литры горючего, мировые запасы нефти (без СССР) оценивались в 20 млрд. т., через 10 лет они удвоились, а к 1978 г. составили 74,6 млрд. т. — возросли почти в 4 раза, хотя за четверть века из недр Земли было выкачано немало нефти. Прошел всего год, и на X Мировом нефтяном конгрессе в Румынии доказанные мировые запасы были оценены в 115 млрд. т.

Еще один пример. На XI Международном геологическом конгрессе в Стокгольме в 1910 г. профессор Г. Сьёгрэн сделал обзор относительно запасов железных руд и пришел к выводу, что их хватит не более чем на одно столетие. По современным оценкам, человечество вполне обеспечено

железом до 2500 г.

Поиски месторождений урана по вполне понятным причинам ведутся весьма интенсивно, и вот результат: только в течение пятилетия (1973—1978 гг.) известные запасы почти удвоились.

Любопытно, что пополнение рудных запасов происходит иной раз за счет давно освоенных районов, где как будто не приходится рассчитывать на открытие новых богатых месторождений. Так, один из крупнейших в мире меднорудных бассейнов — Легницко-Глогувский — был открыт в 1957 г. в Юго-Западной Польше, на левобережье Одры, недалеко от Вроцлава.

Запасы металлов еще более возрастут за счет использования в будущем бедных руд, которые в настоящее время не учитываются, поскольку не имеют промышленного значения. Полтора века назад считалось невыгодным разрабатывать руды с содержанием меди меньше 10 %. Сейчас эксплуатируются залежи с концентрацией металла 0,4 % и считается реальной еще до 2000 г. организация промышленной добычи меди из морской воды, в которой она присутствует в количестве 0,003 мг в 1 л.

По мере совершенствования технологических процессов даже обычный гранит может стать разрабатываемой полиметаллической рудой. Подсчитано, что в 100 т гранита содержится в среднем 8 т алюминия, 5 т железа, 540 кг титана, по 80 кг марганца и хрома, 18 кг никеля, 14 т ванадия, 9 кг меди, 4,5 кг вольфрама, около 2 кг свинца и другие металлы. Правда, извлечение всех этих элементов потребует весьма больших затрат энергии.

Запасы полезных ископаемых значительно увеличатся также за счет дальнейшего проникновения в глубь земной коры на такие глубины, где ныне пребывание человека невозможно из-за высоких температур. Руду там будут добывать машины-автоматы, обслуживаемые роботами. Кстати, уже в наши дни выпускаются многие сотни типов роботов различного назначения, в том числе для работы внутри атомных реакторов. В 1981 г. во всем мире было около 100 тыс. роботов.

Богатейшие запасы руд скрыты под толщей морской воды. На огромных пространствах океанического дна встречаются железомарганцевые конкреции — стяжения

размером в кулак †††††††††††† На глубинах 4 — 6,5 км они иногда образуют сплошной покров, напоминающий булыжную мостовую. Конкреции получили название по двум металлам, содержащимся в них в наибольшем количестве. Марганца в них около 25 %, железа — 14 %, остальное приходится на никель, кобальт, медь и др.— всего 38 элементов, включая уран.

Рудные запасы моря огромны. Конкреции покрывают около 10 % дна Мирового океана, что соответствует площади Северной Америки и Европы; в Тихом океане они распространены на 20 % площади (рис. 10). При современном уровне потребления металлов морских запасов молибдена, олова, урана и кобальта хватило бы на 1 млн. лет. Впрочем, это сугубо теоретический подсчет. Не все участки, где встречаются конкреции, отличаются достаточно высокими запасами на единицу площади, не везде будет выгодно вести добычу.

Океаническое дно — не только «кладовая», но и «фабрика» руды, запасы которой продолжают наращиваться. Морская руда — возобновимый источник сырья. До сих пор не ясно, образуются ли конкреции только за счет химических процессов или также при участии микроорганизмов-концентраторов.

О скорости роста конкреций имеются различные данные. На глубоководьях Тихого океана нарастание идет со скоростью около 1 мм за тысячелетие, а у юго-западных берегов Крыма — до 3 — 4 мм за сто лет. Приведенные цифры кажутся не очень значительными, но они обеспечивают ежегодный «урожай» металлов во многие миллионы тонн ††††††††††††.

Промышленная разработка запасов руды морского дна уже началась. Специально оборудованное американское судно «Дипси майнер» («Глубоководный рудокоп») добывало при испытаниях с глубины 900 м до 1600 т подводной руды в сутки. Подсчитано, что поднятая руда обеспечивала

†††††††††††† Иногда встречаются конкреции до 1 м в диаметре и весом до 850 кг.

†††††††††††† Известны также единичные случаи гораздо более быстрого выпадения металлов из морской воды. У г. Сан-Диего (Калифорния) со дна моря, с глубины 200 м, был поднят артиллерийский снаряд, затонувший во время второй мировой войны. На его поверхности за два десятилетия образовалась корка из окиси железа и марганца 1,5 см.

16 % суточной потребности США в марганце и 32 % — в кобальте и никеле. В самые ближайшие годы и другие страны включатся в эксплуатацию подводных залежей.

На первых порах добычу будут вести с кораблей, снабженных драгами. На очереди конструирование подводных

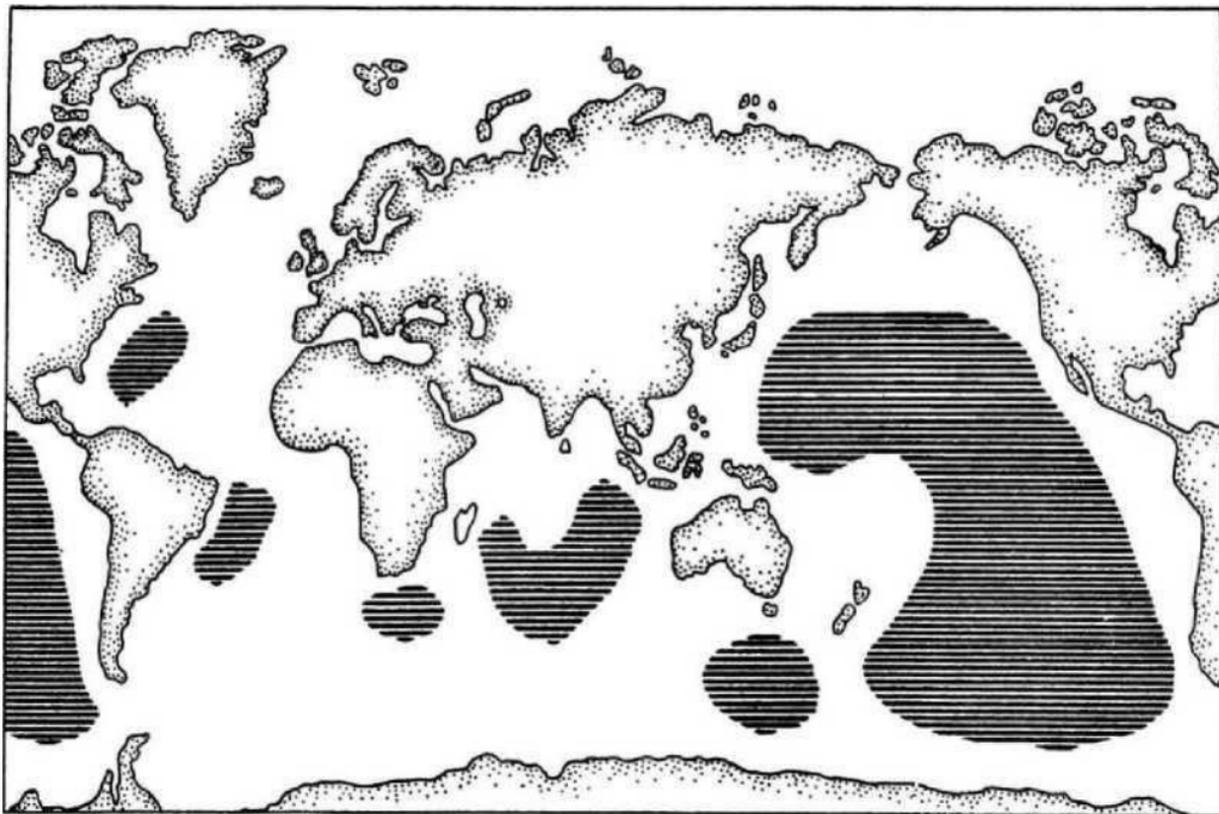


Рис. 10. Основные районы распространения железомарганцевых конкреций в Мировом океане (из книги О. К. Леонтьева «Дно океана»)

В будущем станет широко практиковаться опреснение морской воды. При этом возникнут отходы — значительные количества концентрированных рассолов, представляющих собой, в сущности, обогащенную «жидкую руду». Отсюда совершенно очевидна явная выгода комбинирования заводов по извлечению металлов из моря с опреснителями. Подсчитано, что из отходов опреснительной установки производительностью 1 млн. куб. м воды в сутки может быть за год получено около 2 млн, т. магния, 3 т. урана, 1 т. редкоземельных элементов, не говоря о различных солях.

В 1872 г. в морской воде было открыто золото. Тридцать лет спустя шведский ученый С. Аррениус подсчитал, что во всем Мировом океане его содержится 8 млрд. т. Некоторые более поздние подсчеты дали близкие цифры, но теперь они считаются преувеличенными. Согласно современным оценкам, среднее содержание золота в морской воде равно 0,000004 мг/л.

Следовательно, в океане в противоположность прежним расчетам содержится «всего лишь» около 5,5 млн. т золота. Но и на фоне этой цифры запасы желтого металла на суше в виде доступных для эксплуатации коренных и россыпных месторождений, составляющие около 35 тыс. т. (без социалистических стран) выглядят весьма скромно.

Вот уже несколько десятков лет умы изобретателей будоражит идея добычи золота из морской воды. После первой мировой войны этими вопросами усиленно занимались немецкие химики, к концу 20-х годов уже насчитывалось около 30 патентов на получение золота из морской воды, но их практическая реализация экономически не выгодна. В 1942 г. француз Баур предложил проект установки для добычи золота из моря, но гигантское сооружение оказалось явно нерентабельным.

И тем не менее многие исследователи продолжают сохранять оптимизм. Ныне надежда возлагается на ионообменные смолы, способные улавливать, как показали экспериментальные работы в лабораторных условиях, золото, серебро, уран, медь, цинк, висмут и другие элементы.

Не исключено, что в будущем получение рассеянных редких металлов из морской воды может стать попутным занятием любого морского судна. Во время плавания вода будет прокачиваться через поглотительное устройство и

освобождаться от ценных примесей. Нужно только периодически менять фильтры.

Продолжая разговор о море, следует отметить, что многие обитающие там организмы обладают способностью концентрировать те или иные элементы. Моллюски накапливают медь, медузы — свинец, цинк и олово, лангусты — кобальт. Есть накопители ванадия, стронция, никеля, урана, молибдена и других металлов. В бедной минеральными ресурсами Японии уже сейчас налажено получение ванадия из асцидий — морских животных, ведущих сидяче-прикрепленный образ жизни.

В будущем на морских мелководьях возникнут «фермы», где будет выращиваться «живая руда» — организмы-накопители, поглощающие элементы, рассеянные в океане. С помощью селекции человек сможет еще более увеличить способность организмов моря к концентрированию микроэлементов.

Каким образом организмы накапливают элементы, имеющие ничтожные концентрации в морской воде? Пока это неизвестно. Но когда тайна будет раскрыта, очень возможно, что принципы действия живых концентратов будут применены к техническим устройствам, извлекающим из воды нужные человеку вещества. Есть достаточно много примеров удачного подражания, использования инженерами «подсказок» природы (летучие мыши и радар, кожа дельфинов и покрытие подводных кораблей).

Наступит также время использования внеземного минерального сырья. Футурологи пытаются даже предсказать, когда начнется добыча полезных ископаемых в космосе. То, что пишут сейчас о практическом осуществлении этой идеи, напоминает страницы фантастического романа. На астероидах роботы плавят руду с помощью солнечных лучей. Ракеты доставляют громадные слитки на околоземную орбиту. Там их вновь переплавляют, вводят в них газ и превращают в легкие пористые пеноблоки, которые можно мягко приводнять в океан — они не утонут. После этого остается отбуксировать их с помощью морских судов в пункты назначения для дальнейшей переработки... Конечно, сейчас трудно поручиться, что все будет именно так.

Итак, мы видим, что исчерпание рудных залежей на материках вовсе не приведет к металлическому голоду. Использование новых источников сырья, прежде всего океана (оно уже началось), новые технологии позволят

преодолеть возникающие трудности. Железный век не окончится. Но это значит, что техногенное рассеивание микроэлементов в окружающей среде будет продолжаться.

Ливень микроэлементов в наиболее густонаселенной части ойкумены. Отношение количества микроэлементов, введенных в окружающую среду человеком, к их содержанию в почвенном покрове и живом веществе иллюстрирует некий абстрактный и нереальный случай, когда бы все техногенные металлы равномерно распределялись по поверхности суши. Тем не менее такая абстракция интересна как показатель геохимического могущества человечества, которое способно в течение очень короткого времени непреднамеренно изменить многие геохимические характеристики среды своего обитания.

Техногенное «пропитывание» гумусосферы и живого вещества металлами, разумеется, не может быть равномерным. Напротив, этот процесс отличается именно большой пространственной неравномерностью, значительными количественными различиями, контрастностью.

Причина заключается в том, что очень неравномерно заселен земной шар. На половине суши (если не учитывать Антарктиду с Гренландией) проживает менее 1 % людей. Районы же с высокой плотностью (более 200 человек на 1 кв. км) занимают лишь 2 % площади обитаемой суши. Зато в них сосредоточено 37 % всего населения планеты.

Можно полагать, что в большинстве случаев масштабы загрязнения будут прямо пропорциональны численности населения. А это означает, что 37 % общей массы рассеянных микроэлементов придется на 2 % обитаемой суши...

Такое допущение позволяет рассчитать, во сколько раз ожидаемый теоретический техногенный выброс различных элементов при современной технологии может превысить их естественное содержание в почве и живом веществе в наиболее обжитых частях земного шара. Оказалось, что мышьяка — в 8768 раз, урана — в 5688 раз, кадмия — в 443 раза, ртути — в 342, раза, свинца — в 292 раза...

Если же учесть неравномерность техногенного выброса внутри тех 2 % площади суши, где обитает треть человечества (в одну категорию земель с максимальной плотностью населения попадают урбанизированные индустри-

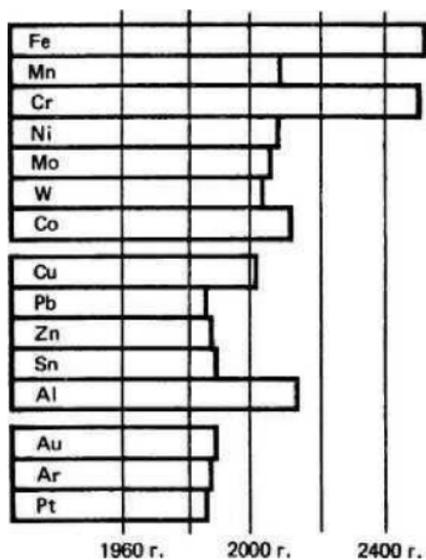


Рис. 11. Обеспеченность мира запасами металлов на материках. Примерные оценки сделаны с учетом того, что потребление металлов будет в дальнейшем возрастать по мере роста населения и увеличения потребности в металлах на душу населения (по Х. Брауну, 1972)

альные территории Западной Европы и сельскохозяйственные районы Юго-Восточной Азии), то не исключены случаи, когда суммарная величина техногенного поступления некоторых элементов превысит их естественное, до-

историческое содержание в гумусовом слое и в живом веществе в десятки тысяч раз.

Цифры невероятные.

Как быстро это могло бы произойти?

Все известные к настоящему времени месторождения металлов на материках, за исключением железа и марганца, будут исчерпаны к 2100 г. (рис.11).

Что касается минерального топлива, то нефть будет сожжена за несколько десятилетий, а угольных запасов, по прогнозам Мировой энергетической конференции 1962 г., хватит на 560 — 770 лет. Выкладки, сделанные другими авторами, не отличаются заметно от этих цифр. Американский геохимик Х. Браун, например, считает, что все горючие ископаемые будут израсходованы в течение предстоящего тысячелетия.

Итак, поступление ряда тяжелых металлов в биосферу в совершенно не свойственных и «не привычных» для нее количествах произойдет в течение всего лишь нескольких столетий. В масштабе эволюции биосферы, на фоне миллионов и десятков миллионов лет это ничтожное мгновение. Вторжение техногенных микроэлементов имеет внезапный, взрывной, лавинообразный, катастрофический характер.

Техногенные геохимические аномалии расплываются, подобно масляным пятнам. Мы отметили, что техногенное поступление микроэлементов в окружающую среду происходит очень неравномерно, оно

приурочено главным образом к сгусткам населения, индустриальным районам. Но тут же вступает в действие великий механизм дальнейшего рассеивания, осуществляемый водой, ветром и миграцией организмов.

Согласно В. И. Вернадскому живое вещество — самое могущественное из всех агентов распыления. Особая, еще достаточно не исследованная роль принадлежит «живой пыли» — микроорганизмам. Об их химическом составе до самого недавнего времени было известно мало, но в последние годы установлено, что существуют виды-концентраторы, в которых содержание микроэлементов на единицу веса может быть гораздо более высоким, чем в растениях и животных.

Ограничимся одним примером. Среднее содержание урана в наземных растениях и животных измеряется сотыми долями миллиграмма на 1 кг сухого вещества, а в некоторых бактериях концентрация доходит до 1900 мг/кг. Забегая вперед, отметим, что это свойство микроорганизмов начинают использовать для извлечения металлов из руд.

Некоторые авторы считают, что такой грандиозный геохимический процесс, как формирование залежей железо-марганцевых конкреций, покрывающих около 10 % площади дна Мирового океана, происходит при активнейшем участии бактерий-концентраторов.

Следующее чрезвычайно важное обстоятельство — необычайная потенциальная скорость размножения микроорганизмов. Вот что писал по этому поводу В. И. Вернадский: «...Бактерия может в течение четырех с половиной суток дать потомство в 10^{36} индивидуумов, которое способно было бы заполнить океан и вес которых, очевидно, превысит вес последнего, так как удельный вес бактерии, живущей в соленой воде, сколько можно судить, немного больше удельного веса морской воды. Это значит, что в трое суток живая пылинка сложнейшего химического состава весом в несколько триллионных или сотни биллионных грамма (10^{-11} до 10^{-10}) дает массу все растущего вещества того же сложнейшего состава весом больше $1,4 \cdot 10^{17}$ т., т.е. в несколько тысяч раз превосходящим вес всех организмов, находящихся в каждый данный момент в биосфере».

Конечно, подобные подсчеты весьма условны, но они позволяют понять и оценить значение микроорганизмов как громадной миграционной силы. Реальная же цифра такова: общий вес невидимых простым глазом микроорганизмов,

обитающих в почве, может составить 500 г на 1 кв. м.

Вносят свой вклад в дальнейшее рассеивание техногенных загрязнений рыбы, перелетные птицы, млекопитающие, насекомые, способные в течение года перемещаться на десятки, сотни, тысячи километров.

Распыляет микроэлементы и растительное царство, рассеивая споры и цветочную пыльцу, а также при транспирации воды. Все растения земного шара пропускают через себя и испаряют ежегодно примерно 30—35 тыс. куб. км воды. Эта величина лишь немногим уступает суммарному речному стоку с материков (около 37 тыс. куб. км в год). Растения выделяют в воздух отнюдь не абсолютный дистиллят — пары транспирированной воды содержат кристаллики солей диаметром 10^{-8} см. Такие частицы могут долго витать в воздухе и переноситься ветрами на громадные расстояния.

Минерализация транспирированной влаги колеблется в пределах от 6 до 200 мг/л и более. Выяснено, что растения перекачивают из почвы в атмосферу не только такие подвижные элементы, как хлор, натрий или калий, но и тяжелые металлы — ртуть, свинец, цинк и др. Выделение последних с транспирационными водами можно рассматривать как форму избавления от токсичных веществ.

Итак, благодаря факторам естественной миграции микроэлементов техногенные геохимические аномалии начинают расплываться, подобно масляным пятнам...

Как ведут себя разные металлы в гумусосфере. О дальнейшей судьбе поступающих в почвенный покров микроэлементов можно сказать следующее.

Мышьяк. будучи приносимым из атмосферы, имеет склонность накапливаться в гумусовом горизонте почв, особенно болотных.

Сурьма, висмут. Сведения о миграционной способности этих элементов в почвах очень скудны.

Уран. Весьма подвижен. Обычно быстро вымывается из почв, поэтому его среднее содержание в почвах меньше, чем в коренных породах. В болотных почвах и торфяниках создаются предпосылки для накопления урана. Он мало подвижен также в степях и пустынях.

Кадмий. Подобно меди, ванадию и цинку соединяется с гумусом черноземных почв и удерживается в них.

Кобальт, серебро, олово, никель. Аккумулируются в гумусе лесных почв.

Ртуть. Наблюдения последних лет показали, что ртуть может надолго удерживаться в почве.

Свинец. Соединяется с гумусом. В аридных условиях его вынос из почв очень невелик; во влажном климате выщелачивается.

Галлий. Вымывается из верхних горизонтов подзолистых почв. В других почвенных типах заметных различий в его распределении по профилю не обнаружено.

Литий. Весьма подвижен.

Итак, для оценки возможных последствий техногенного выброса микроэлементов нужно принимать во внимание не только абсолютную величину их поступления в почву, но и их способность удерживаться в ней и в живом веществе. Подвижные уран и литий, как правило, быстро вымываются из почв, проходят через них, как мелкая пыль сквозь сито, а для ртути, свинца, кадмия слой плодородного гумуса — подлинный барьер, фильтр, поглощающий яды...

Различия в подвижности металлов связаны не только с их индивидуальными свойствами, но и с климатом. Если говорить об одном и том же элементе, то наибольшую «охоту к перемене мест» он обнаруживает в экваториальном лесу, где обилие влаги в сочетании с высокой температурой обеспечивает максимальную скорость химических реакций. Наоборот, миграция будет заторможена в таких противоположных ландшафтах, как тропическая пустыня и тундра; в первом случае из-за отсутствия влаги, во втором — из-за слишком короткого и холодного лета.

Угроза реальна. Таким образом, можно говорить о предстоящем существенном повышении содержания в почвах и живом веществе таких элементов, как мышьяк, ртуть, свинец, кадмий, молибден, ванадий, медь, цинк. Особенно устойчиво концентрируются металлы в гумусовом горизонте черноземных почв.

В естественном состоянии, в конкретных ландшафтах перечисленные микроэлементы находятся «по разные стороны» от пороговых концентраций. В одних случаях ощущается их недостаток (например, в тайге не хватает кобальта и меди), в других — избыток, особенно в районах рудопроявлений. Следовательно, техногенное рассеивание металлов (непреднамеренное!) в одних случаях может оказаться полезным, в других — вредным. В целом же, очевидно, гораздо чаще придется иметь дело с нежелательным избыточным поступлением металлов в гумусосферу, с

нарастающим загрязнением почвенного покрова чуждыми ему соединениями.

Примечательно, что если взять отношение среднего содержания всех только что упомянутых металлов, от мышьяка до цинка, в золе растений к их содержанию в горных породах, то во всех случаях величина этого отношения будет меньше 1,0, а для ртути, свинца, кадмия, ванадия — около 0,1 и меньше. Видимо, растения вовсе «не склонны» усваивать эти четыре токсических элемента, избегают их, отвергают.

Далее, известно, что при медленном повышении фонового содержания металлов в окружающей среде растение может в течение некоторого времени сопротивляться накоплению нежелательных ионов и поддерживать стабильность содержания микроэлементов*****.

Отметим и то, что в растительном мире фактор отбора работает и по отношению к химизму окружающей среды. Давно известно, что старые отвалы заброшенных рудников, где содержание токсичных элементов в почвенном покрове может в сотни и тысячи раз превосходить фоновые значения, со временем постепенно заселяются растениями, произрастающими на окружающих землях. «Поселенцы» выглядят по-разному. Наряду с явно угнетенными и больными можно сплошь и рядом встретить нормально развитые растения — проявляются большие различия в индивидуальной восприимчивости к ядам. В то же время экземпляры, пересаженные с участков, не испытывавших техногенного воздействия, быстро погибают, их убивает непривычно высокое содержание металлов в почве.

Приведенные факты говорят о том, что растения способны приспособляться и до каких-то пределов выдерживать нарастающий металлический пресс.

Но ищут выход даже через донца
Изъеденных коррозией канистр
Живые всходы.
Ввысь их тянет солнце... ††††††††††††††

А человек? Две тысячи лет назад понтийский царь

***** Стабильность может поддерживаться не только благодаря «заслону» на пути нежелательных ионов, но и за счет выброса растениями токсичных элементов вместе с парами транспирационной воды. Именно таким образом избавляются растения от ртути на Гавайских островах.

†††††††††††††† Мартынов Л. Тяга к солнцу.

остановился на проблеме опасного роста фоновых концентраций микроэлементов, связанного с техногенными влияниями. Вокруг современных мегагородов и индустриальных предприятий, вдоль транспортных магистралей появляются «антропогеохимические неоаномалии».

Плохо то, что в отличие от воды и воздуха очистить почву от микроэлементов при современном уровне знания невозможно.

Резкое изменение химизма окружающей среды, нарастание концентраций тяжелых металлов действуют как фактор, значительно увеличивающий число мутаций — спонтанно возникающих и передающихся по наследству изменений в организмах. Вспомним хотя бы те отклонения от нормы, которые характерны для многих растений в местах неглубокого залегания руды.

Рост числа носителей мутантных генов расшатывает популяцию. Если говорить о человеке, то мутанты в гораздо большей степени подвержены врожденным порокам физического и умственного развития, наследственной патологии, бесплодию, детской смертности; они обнаруживают предрасположенность к ряду тяжелых болезней.

Экспорт загрязнений. Разница в уровне индустриализации — не единственная причина пространственных различий в масштабах техногенного загрязнения. Существенную роль играет также социально-политический фактор.

Конечно, и в капиталистическом обществе никто не отрицает полезность всякого рода очистных установок, фильтров, дымоуловителей. Но при их сооружении должны быть израсходованы реальные, «живые» деньги, а выгода — в долларах или фунтах — завуалирована, невидима. Благо распределяется на всех, а затраты должны сделать конкретные компании и фирмы. Их ждет падение прибылей, чему отчаянно сопротивляется всякий «нормальный» капиталист.

Тогда начинается юридическая казуистика, умышленное затягивание принятия природоохранных актов (время — деньги!) ***** . Бумаги внимательно изучаются. Все в рамках закона. Но если обстоятельства

***** Иллюстрация к этой ситуации и к этой пословице: американская компания «Резерв майнинг» в 70-х годах ежедневно сбрасывала в озеро Верхнее 67 тыс. т отходов металлургического производства. На отсутствии очистных сооружений каждые сутки сберегалось от 14 до 24 тыс. долларов.

центре Рурского индустриального района — существовала фирма по обезвреживанию промышленных отходов. Это было необычное предприятие — при неисправных очистных устройствах, которые простаивали 95 % времени, оно принимало четвертую часть всех цианистых отходов ФРГ — намного больше, чем могло бы переработать даже теоретически.

Тем не менее, фирма процветала, поскольку выход из создавшегося положения был найден наипростейший — бочки с ядом сбрасывались в пруд. Впоследствии оттуда было извлечено 5700 бочек. Под угрозой отравления находились 2 млн. человек. Финал судебного разбирательства был таков: тюремный срок 9 месяцев и штраф в 600 марок главному инженеру, полутораговой срок управляющему.

Голландский городок Леккеркерк, расположенный близ Роттердама, в начале мая 1980 г. привлек внимание всей страны. Газеты сообщили, что на пустыре среди новых домов обнаружено 42 цилиндра с токсичными отходами. Некоторые из них прохудились и заразили воздух и грунтовые воды. Создалась угроза для здоровья людей. Власти спешно эвакуировали несколько сотен человек.

Что случилось? В Леккеркерке открыли одно из тайных кладбищ химических отходов, где, как считают, захоронено около 5 тыс. цилиндров и контейнеров. Чтобы обезвредить все эти «бомбы замедленного действия», подложенные предпринимателями, в некоторых местах потребуется снять 4-метровый слой земли и придется разрушить часть домов.

О ситуации в Соединенных Штатах дает представление выдержка из статьи, опубликованной журналом «Тайм». Ее перевод был напечатан в еженедельнике «За рубежом».

«Очень многие компании просто-напросто сбрасывают отходы в засыпаемые, затем ямы или вывозят их на муниципальные свалки. Иногда за небольшое вознаграждение компании добиваются у фермеров разрешения зарывать — часть под покровом ночи — на неиспользуемых землях 55-галлоновые бочки с отходами.

Некоторые из тех, кто занимается вывозом отходов, заливают их в автоцистерны и затем едут по сельским дорогам с открытыми спускными кранами, сливая отходы в придорожные кюветы. Некоторые компании, нанимающие посредников для вывоза отходов, не задают вопросов

обратную сторону, эти непомерно раздувшиеся города в конце концов лопнут и, исторгнув детищ из своего чрева, снова разбросают их по лесам и полям. Подспорьем моему пророчеству да послужит уже приметная тяга богачей вон из города. А куда первым идет богач, туда же следом за ним попадают или стараются попасть бедняки» (Стейнбек Дж. Путешествие с Чарли в поисках Америки).

В США в течение десятилетия (1970 — 1980 гг.) население 11 из 20 крупнейших городов, именно тех, которые отличались наибольшей плотностью, сократилось в среднем на 14 %. В остальных случаях зафиксировано прибавление жителей, но оно отчасти связано с ростом городских территорий, с включением в их пределы ранее самостоятельных поселков и городков. Только за 4 года (1970 — 1974) 2 млн. состоятельных белых покинули Нью-Йорк. Вместо них появились малоимущие, главным образом негры и пуэрториканцы. Но образовавшийся вакуум был заполнен только отчасти. Число жителей гигантского города уменьшилось на несколько сотен тысяч человек. В Вашингтоне в 1980 г. было на 16 % меньше жителей, чем в 1970 г.

Демографы и экономисты считают, что в течение ближайших лет уход в «одноэтажную Америку» будет продолжаться. Предсказывают сокращение населения Чикаго, Филадельфии, Бостона, Сан-Франциско, Кливленда, Питтсбурга и Буффало. Последние три города располагаются в индустриальном районе к юго-востоку от Великих озер, где уровень промышленного загрязнения особенно высок. Стьюбенвилл (55 км западнее Питтсбурга) имеет самый загрязненный воздух в США. В октябре 1973 г. запыленность там составляла 859 мкг/куб. м (норма 60), а содержание окислов серы было 5,4 части на миллион при допустимом значении 0,15 части. Смертность в этом районе на 30 % выше средней по стране.

О тех, кто остается в мегаполисах, некоторые авторы находят возможным писать как об особом подвиде человека — *homo sapiens urbanis*. Обоснование для такого выделения — «специфичность среды обитания».

Стратегия борьбы

*Под несмолкающий грохот прибоя
Неутопающий древний ковчег, Попадающий в
новый и новый водоворот. Преображается в
парусник.*

*В пироскаф, в пароход, в теплоход
Или атомоход...*

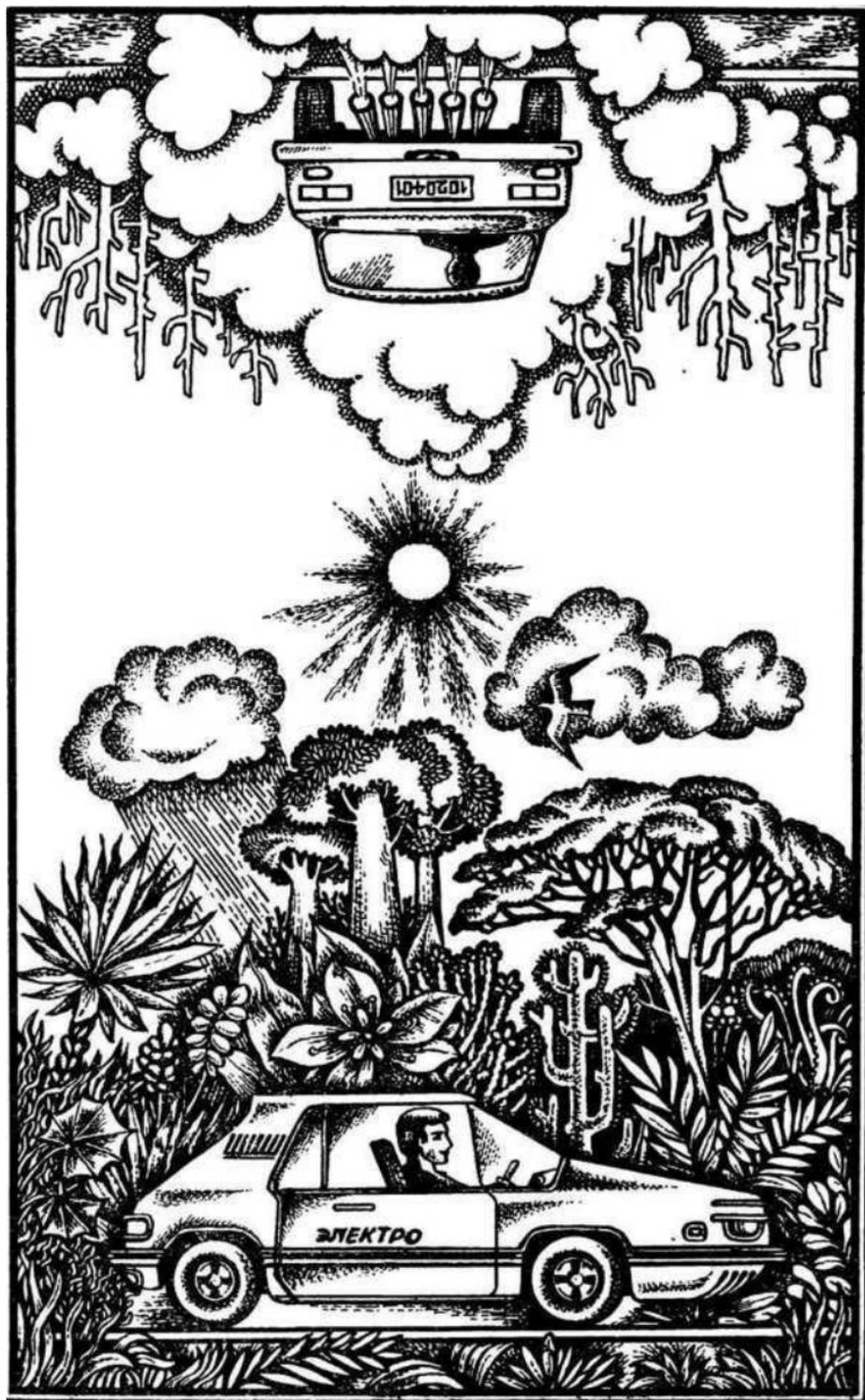
Л. Мартынов. Под грохот прибоя

Малоотходное производство. Создававшаяся ситуация рождает пессимизм у западных экологов, которые приходят к самым мрачным предсказаниям, экстраполируя в будущее процессы, происходящие в современном «индустриальном» (капиталистическом) мире. Достаточно вспомнить прогнозы, сделанные в работе Дж. Форрестера «Мировые динамики» и в книге «Пределы роста», написанной группой авторов под руководством профессора Д. Медоуза, — неизбежное в самом скором времени истощение ресурсов полезных ископаемых вместе с быстрым увеличением объема загрязнений, выбрасываемых в окружающую среду, приведет человечество к печальному концу...

Считают, что избавиться от нарастающего загрязнения можно лишь путем стабилизации численности населения и промышленного производства (нулевой прирост).

Более того, раздаются призывы к свертыванию и сокращению производства, отказу от техники. Пишут о необходимости отвергнуть моторы и достижения химии. Выдвигается лозунг «Назад к природе». Иной раз это движение приобретает экстравагантные формы. Устраивают, например, похороны автомобиля. Новенькую, еще не очищенную от смазки малолитражку под торжествующие крики сталкивают в яму и закидывают землей. Потом начинается вакханалия.

Конечно, это не выход. Развитие цивилизации не может повернуться вспять. Перед человечеством, численность которого удвоится в ближайшие 35 — 40 лет, стоят громадные задачи увеличения производства продовольствия, энергии, строительства жилья. Без использования металлов тут не обойтись. Металлы будут расплываться в среде.



Но неуклонно будут развиваться факторы, сдерживающие рассеивание загрязнений, прежде всего **новая организация производства, новая технология.**

Это не принимают во внимание западные футурологи. Слабая сторона их работ заключается в том, что современные приемы хозяйствования, техника сегодняшнего дня механически переносятся в будущее. Но именно это обстоятельство ставит прогноз под сомнение, ведь вся история добывания «хлеба насущного» (в самом широком смысле, включающем все материальные блага, необходимые человеку) заключается как раз в непрерывном развитии и совершенствовании приемов производства, технологии.

...С некоторых пор стало правилом хорошего тона, своеобразной модой ссылаться в научно-популярных (и не только в популярных) работах на мудрую сказку Льюиса Кэрролла «Алиса в стране чудес». Последуем этому примеру.

Как-то раз Алиса очутилась у длинного стола, сервированного для вечернего чая на довольно большое количество персон. За столом сидели Болванщик и Мартовский Заяц. Они прихлебывали чай, бессвязно и громко разговаривая. Осушив по чашке, они тут же пересаживались на соседние места и снова принимались за чаепитие.

Так продолжалось много раз.

Конечно, и ребенку (Алисе) была очевидна нелепость такого поведения. Те, для кого предназначались приготовленные приборы, могли теперь уж не спешить к столу...

Толкование этого эпизода сказки применительно к теме нашей книги не потребует большого труда. Чтобы сохранить природу для будущих поколений в чистоте, человечество должно прежде всего изменить манеру своего поведения — способы избавления от промышленных отходов.

Ведь во многих случаях еще и до сих пор человек избавляется от них путем рассеивания. Дым уходит в воздух, промышленные стоки — в реки и затем в океан. Человек ведет себя так, словно атмосфера бесконечна, а море — бездонно. Еще сравнительно недавно казалось, что атмосфера и океан способны поглотить без всякого ущерба громадные количества чуждых им веществ и самоочиститься от них. Но к настоящему времени люди много раз имели возможность убедиться в том, что это далеко не так. Точечные источники загрязнений сливаются и охватывают громадные территории. Рассеивание загрязнений угрожает бедами биосфере.

содержание V_2O_5 составляет 65 % по весу.

Достоинством золы как руды является то, что она уже добыта, измельчена и находится в большом количестве в индустриальных районах, в непосредственной близости от мест возможной переработки.

Кроме того, каменноугольная зола может применяться при изготовлении различных строительных материалов — кирпича, бетона, цемента. При этом подавляются вредные свойства имеющихся в ней микроэлементов — ведь их отрицательное воздействие возможно именно благодаря рассеянному, распыленному состоянию, когда они наиболее подвижны, способны «впитываться» в почву и проникать в живое вещество. В монолите же микроэлементы связаны, скованы.

Главным строительным материалом при реконструкции шоссе Нарва — Таллин — самой напряженной автомагистрали Эстонии — была зола сланцев, сжигаемых на тепловых электростанциях. По своим качествам она не уступает лучшим маркам цемента.

В некоторых странах идет в дело более половины золы: в ФРГ — 76 %, во Франции — 62, меньше в США — 20 %. В Венгрии, в окрестностях Татабаны проектируется завод, который будет производить из угольной золы 500 тыс. т цемента в год.

В СССР разработан проект Запорожского опытно-показательного природно-технического комплексного комбината безотходного производства. В городе с большим развитием именно тех отраслей промышленности, которые наносят максимальный ущерб окружающей среде (металлургия, химия), будет достигнута полная гармония между техникой и природой. Все заводские и бытовые загрязнения (в том числе сбросовое тепло) намечено перерабатывать в 22 цехах и превращать во вторичное сырье, строительные материалы, удобрения, биомассу. Предусмотрен замкнутый цикл использования воды — очищенная вода повторно пойдет на предприятия и в оросительные системы. Естественные водоемы в окрестностях города будут полностью избавлены от сбросов отработанных вод и от забора воды на промышленные нужды. Стоимость организации безотходного производства в Запорожье составляет около 200 млн. руб. Эти затраты должны окупиться за 5 лет.

Чистая металлургия. Свойство многих видов микроорганизмов избирательно концентрировать различные

элементы в сочетании с необычной скоростью их размножения открывает заманчивые перспективы разработки принципиально нового способа добычи металлов. В течение тысячелетий человек плавил руду. Металл рождался из огня. При новом способе металл рождается из воды. Измельченная руда погружается в раствор — питательную среду, заселенную микробами-старателями, которые тотчас же принимаются за работу.

В СССР микробиологическими методами на Урале и в Казахстане добывают медь. Отработано получение урана, цинка и мышьяка. В США около 10 % меди добывается микробиологическим путем, который оказался весьма рентабельным, — в начале 70-х годов 1 т меди обходилась приблизительно в 1000 долларов, а цены на нее на мировом рынке составляли в то время 1400 долларов за 1 т.

На очереди полупромышленные испытания по добыче марганца, висмута, свинца, сурьмы, германия и даже золота. При экспериментах в Иркутском институте редких металлов бактерии извлекали и переводили в раствор золото, содержащееся в породе. Реально микробиологическое получение никеля, молибдена и титана.

По сравнению с методами «горячей» металлургии бактериальное выщелачивание отличается гораздо более полным извлечением металлов — микробы-старатели трудятся очень тщательно и добросовестно. Поэтому новый метод особенно эффективен в отношении бедных руд. В переработку могут быть пущены старые отвалы, «хвосты» обогатительных фабрик, отходы производства — каменноугольные шлаки и зола. Метод незаменим при очистке промышленных сточных вод.

Итак, в будущем может совершенно измениться специфика производства металлов.

Не станет подземных разработок, шахт, штреков, карьеров, отвалов пустой породы — бактериальный раствор будет циркулировать по трубам, омывая разрыхленные взрывами рудные тела и обогащаться необходимым элементом.

Не станет облаков дыма и доменных газов, загрязняющих воздух. Микробиологическая гидрометаллургия будет чистой.

Наступление на автомобильную опасность. А как быть с автомобильной опасностью, которая ныне причиняет столько забот?

Западные футурологи отвечают на этот вопрос по-разному: кто впадает в безнадежный пессимизм, кто делает вид, что ничего опасного не происходит, а кто позволяет себе отделяться шуткой — дескать, человечеству ничего другого не останется, как вернуться в будущем к «немеханическому» транспорту, то есть попросту к лошади, а возможно, и другим животным (вроде специально выведенной породы небольших слонов), но обязательно травоядным, потому-де что плотоядных слишком дорого будет прокормить...

Воздадим должное такому юмору и настроимся на серьезный лад. Наступление на «автомобильную опасность» ведется по разным направлениям. Конструируются фильтры, разрабатываются новые рецепты горючего, содержащие меньше свинца.

Проблемы автотранспортного загрязнения окружающей среды и его последствия рассматривались на двух международных конгрессах — в Амстердаме (1972) и в Париже (1974).

Сокращение добавок свинца и переход к бессвинцовому бензину породит ряд технических и экономических проблем. Главная из них — необходимость борьбы с более быстрой изнашиваемостью моторов. Придется использовать более устойчивые, но, к сожалению, и более дорогие сплавы.

Но чистота воздуха, которым мы дышим, достойна дополнительных расходов.

В СССР достигнуты обнадеживающие результаты в направлении поисков заменителей тетраэтилсвинца — разработаны и прошли широкие эксплуатационные испытания безвредные марганцевые антидетонаторы для добавок к жидкому топливу.

Итак, в перспективе можно устранить рассеивание свинца двигателями внутреннего сгорания. Но останутся другие вредные компоненты автомобильного выхлопа — окись углерода (угарный газ), окислы азота, канцерогенный бенз(а)пирен и т.п.

Самое радикальное средство борьбы за чистоту атмосферы в больших городах — переход к электромобилю, который совсем не будет выбрасывать в воздух токсичные выхлопные газы. Новый экипаж обладает и другими достоинствами. Более проста его конструктивная схема — в любом случае она обходится без таких сугубо автомобильных узлов, как механизм сцепления и коробка передач. Можно сделать

все колеса электромобиля ведущими. Можно обойтись даже без традиционного руля — водитель будет действовать одной-единственной рукояткой.

Над созданием электромобиля работают специалисты в разных странах. Опытные образцы привлекали внимание посетителей ВДНХ, испытывались на московских улицах. На Рижском автобусном заводе сконструирован для серийного производства микроэлектробус РАФ-2204. Опытные образцы электромобилей, проходящие испытания, выпущены также Ульяновским, Ереванским и Волжским автозаводами.

Электротакси курсировали на территории выставки ЭКСПО-70 в Осаке. Весьма успешно работают английские конструкторы — еще в начале 1975 г. на улицах Манчестера появился электрический автобус, рассчитанный на 34 пассажира.

Легковые электромобили для города — новое поколение машин. По сравнению с теми машинами, которые мы ежеминутно видим на улицах, — стремительными, сильными, нетерпеливыми, сверкающими никелем, — у них довольно простоватый вид. Угловатые, непривычных пропорций легковые электромобильчики, пузыри с прозрачным верхом и маленькими — почти как у мотороллера — колесами рассчитаны на одного-двух человек. Они строго функциональны, просты в управлении, бесшумны и не дают выхлопных газов.

Идеал достигнут?

Нет, трубить в фанфары рано. Электромобиль пока во многом уступает автомобилю. Прежде всего в скорости. Его максимальная скорость составляет 40—60 км/ч, у французских моделей даже 20 км/ч.

Впрочем, для большого города в часы пик, когда автомобильные двигатели работают вчетверть силы, этого, пожалуй, вполне достаточно. Ведь в центре Нью-Йорка, например, автомобили движутся со средней скоростью 11 км/ч.

Второй недостаток гораздо серьезнее. Запас хода у разработанных моделей обычно составляет всего 50—80 км. Проехал такое расстояние — и надо перезаряжать аккумуляторы или заменять их. Один из опытных образцов электроавтобуса в ФРГ снабжен прицепом для запасных аккумуляторов, но лишний груз ограничивает скорость. Итак, нужна густая сеть станций для обслуживания электромобилей.

И наконец, слишком громоздкие, слишком тяжелые и дорогостоящие аккумуляторы, вес которых не уступает или даже превосходит грузоподъемность машины. Например, вес четырех свинцовых аккумуляторных батарей, которыми снабжен английский электромобиль «Энфилд-465», составляет 200 кг, а допустимая полезная нагрузка — 160 кг.

Одна из фирм в США разработала экспериментальный автомобиль, который может работать и на бензине, и на аккумуляторах. У машины шесть колес. Лишняя пара колес предназначена исключительно для несения дополнительной нагрузки — 400-киллограммовой аккумуляторной батареи.

Громоздкость аккумуляторов особенно удручает при их сравнении с жидким топливом. Автомобиль весом 1 т может пройти 35 миль на 1 галлоне бензина (4,55 л), который весит всего 8,5 фунта. Электромобиль потребует для такого же расстояния 10 кВт/ч электроэнергии; вес необходимых для этого свинцовых аккумуляторных батарей составляет 750 фунтов. Счет 88 : 1 в пользу жидкого топлива...

Создание миниатюрных аккумуляторов, которые выглядели бы по сравнению с имеющимися так же, как современные транзисторные радиоприемники на фоне громоздких радиоприемников-ящиков 25-летней давности, сразу продвинуло бы вперед проблему электромобиля.

Заставляет призадуматься и сопоставление величин КПД разных типов транспорта. Вот три цепочки преобразования энергии от ее источника до получения нужного эффекта:

уголь (или ядерная энергия) — электроэнергия — контактные провода — электротранспорт — КПД 6,5 %;
сырая нефть — бензин — автомобиль — КПД 4,4 %;
уголь (или ядерная энергия) — электроэнергия — аккумуляторная батарея — электромобиль — КПД 2 %.

Выходит, если весь имеющийся автотранспорт заменить электромобилями, то они потребуют в 2,2 раза больше энергии.

Тут возникает опасение: а не может ли оказаться так, что загрязнение воздуха в результате работы тепловых электростанций, чья энергия необходима для зарядки батарей, превзойдет общие выбросы тех самых автомобилей с двигателями внутреннего сгорания, из-за которых разгорелся сыр-бор? Вряд ли. В последние годы достигнут заметный прогресс в очистке как пылевых, так и газовых (окислы серы) выбросов ТЭС. Кроме того, новые электростанции можно размещать вдали от городов.

Что касается добавочной энергии, то вспомним о неравномерности загрузки электростанций в течение суток. Потребность в энергии резко падает ночью, когда спят люди и машины. Но ведь реки не остановились, турбины вращаются, ГЭС продолжают работать. Ночному электричеству ищут применение. Проектируют и строят гидроаккумулирующие станции, где сброшенную через плотину воду с помощью насосов закачивают обратно в водохранилище. Расчеты показывают, что такое странное на первый взгляд переливание оказывается экономически выгодным. Но ведь ночью можно заряжать и аккумуляторы.

Возможен и безаккумуляторный вариант. В будущем появятся городские машины без собственных источников энергии. Они будут снимать ток с кабелей, проложенных вдоль улиц. Постепенно так будут оборудованы и наиболее оживленные междугородные шоссе. В более отдаленной перспективе — автоматический электромобильный транспорт в городах. В специальную прорезь опускается карточка с указанием места назначения, и центральная транспортная ЭВМ отправляет такси по кратчайшему маршруту до заданного пункта.

Другое направление поисков — переход к газовому горючему для автомобилей. Некоторые авторы считают, что энергетика будущего станет преимущественно водородной. При этом загрязнение окружающей среды автотранспортом будет сведено к нулю, ибо «зола», остающаяся после сгорания водорода, — безобидные пары воды.

Малоизвестный факт. В Ленинграде во время блокады были автомобили, работавшие на водороде (запасы этого газа в баллонах для заполнения аэростатов воздушного заграждения были довольно велики). Переоборудовать двигатели заставила суровая необходимость — острая нехватка бензина в осажденном городе. А недавно в газетах промелькнуло сообщение о том, что в США испытывается автомобиль с двигателем, работающим на жидком водороде. Зарядка баллона обеспечивает пробег 725 км. Однако одна водородная каллория обходится пока впятеро дороже атомной.

Разрабатывается также «азотный» двигатель. Для дистанции 80 км требуется 4,5 л сжиженного азота. Он попадает в испаритель, превращается в газ и, обладая высоким давлением, приводит в действие электрогенератор. Выхлопные газы состоят из безвредного чистого азота.

Спирт вместо бензина. Бразилия ввозит 80—85 % нефтепродуктов, за которые расплачивается валютой. Расходы на горючее растут из года в год и исчисляются миллиардами долларов. Поэтому в стране с энтузиазмом был встречен объявленный президентом в 1975 г. проект «алкоголизации транспорта». С этого года топливные баки бразильских автомобилей заправляются смесью спирта и бензина в пропорции **1 : 4**.

Со временем предполагается перевести весь автопарк на использование этилового спирта вместо бензина. Спирт будут получать из сахарного тростника (Бразилия — крупнейший в мире производитель этой культуры). Возможно получение до 80 т биомассы с 1 га в год. Плантаций, занимающих 2 % территории страны, будет достаточно, чтобы обеспечить потребность в новом горючем.

В статье «Алкоголь — бразильский ответ на энергетический кризис» подчеркивается, что 1 л спирта обходится на 30 — 35 % дешевле бензина и содержит на 18 % больше энергии. Новое автомобильное топливо в гораздо меньшей степени загрязняет окружающую среду — выброс окислов углерода и азота в 2 раза меньше, чем у двигателя, работающего на бензине. Очень важно также, что нет необходимости добавлять в спирт тетраэтилсвинец.

Для перехода на чистый спирт придется внести изменения в конструкцию двигателей. Миллионы машин быстро не переделать. Поэтому переход всего автопарка на новое горючее намечен к десятилетнему юбилею алкогольной программы, к 1985 г.

Мексика, вторая по численности населения страна Латинской Америки, готова последовать бразильскому примеру.

В США также проявляется интерес к производству топливного спирта из древесных, сельскохозяйственных и иных отходов. Оптимисты считают, что к 1990 г. новое жидкое топливо сможет заменить 10 % потребляемого бензина.

...Заметим также, что неплохая альтернатива двигателю на бензине — велосипед. В век урбанизации он хорош как абсолютно чистый транспорт. Он экономит энергетические ресурсы и к тому же полезен для здоровья. Если бы большие города были оборудованы удобными маршрутами для велосипедистов, многие охотно пользовались бы этим видом транспорта. Из европейских стран наиболее «велосипедные»

— Дания и Нидерланды. В Дании на 5 млн. человек приходится 3 млн. велосипедов. В Свенборге на острове Фюн (25 тыс. жителей, родина знаменитого сказочника Андерсена) практически нет автомобилей.

Специалисты полагают, что педальный транспорт будущего станет гораздо разнообразнее. Появятся трех- и четырехколесные, а также двух-, трех- и четырехместные велосипеды. Испытания велосипедов с обтекателями, проведенные одной из японских фирм, показали, что величина аэродинамического сопротивления может быть снижена вдвое; это увеличит скорость в 1,5 раза. Кто знает, может быть, к концу первой четверти XXI в. именно велосипед станет главным видом внутригородского транспорта.

Изменение энергетического баланса — еще один фактор грядущего уменьшения выброса микроэлементов в окружающую среду. Сжигание каменного угля — главного источника рассеивания металлов — пойдет на спад. В производстве энергии на первое место выдвигаются атомные электростанции. В ноябре 1983 г. во всем мире было 267 действующих АЭС, не меньшее их количество строилось и проектировалось. Согласно некоторым прогнозам, уже к 2000 г. они будут покрывать четвертую часть мировой потребности в энергии.

Во многих странах ведутся большие исследовательские работы по разработке использования экологически чистых источников энергии — солнца, ветра, морских волн, приливов и отливов. В XXI в. на стационарных околоземных орбитах разместятся солнечно-энергетические комплексы. Спутники-электростанции будут преобразовывать солнечную энергию в электрическую и передавать ее на Землю направленным лучом в микроволновом диапазоне. Станет обычным и использование энергии плазмы (термоядерный синтез).

В 2100 г., по мнению западногерманских футурологов Х. Байнхауэра и Э. Шмакке, доля угля в производстве энергии составит менее 1 %. Ископаемое топливо все в большей и большей степени будет использоваться в качестве ценнейшего сырья.

Еще Д. И. Менделеев иронизировал по поводу его сжигания: «топить можно и ассигнациями...», а К. Э. Циолковский писал, что «только наше невежество заставляет нас пользоваться ископаемым топливом».

Уголь, нефть, природный газ — не только исходное сырье

для получения пластмасс и синтетики. Ныне доказана возможность их превращения в пищу. На нефтяной основе, например, можно выращивать бактерии, биомасса, которых содержит 60—70 % белка, причем состав аминокислот такой же, как в белках животного происхождения. Иначе говоря, уже теперь найден способ превращения нефти в мясо. Но производство синтетической пищи обходится пока еще очень дорого, и все усилия исследователей направлены на разработку простой и доступной технологии получения искусственных продуктов питания.

Во всяком случае ясно одно, что в не таком уж отдаленном будущем сжигание нефти, газа и угля будет восприниматься как нелепость. Именно так мы воспринимаем сейчас сжигание бензина в ямах в конце прошлого столетия. В те времена при производстве керосина стремились избавиться от примеси легких фракций нефти — из-за них частенько взрывались керосиновые лампы. Двигатель внутреннего сгорания тогда еще не был изобретен. Бензин ни на что не годился, был опасным отходом. Поэтому находили вполне естественным его уничтожить и еще приплачивать за это денежки.

Профилактика дешевле лечения. Все чаще и чаще возникает такая ситуация, когда убытки в случае невыполнения того или иного мероприятия по охране среды не только сопоставимы с необходимыми для этого расходами, но даже существенно превышают их. В Соединенных Штатах сделаны такие подсчеты: пятилетние затраты для осуществления закона об охране воздуха потребуют 7,2 млрд. долларов. Если же ни один цент из 7 млрд. не будет затрачен, если программа останется невыполненной, то общие убытки составят 45 млрд. долларов.

Другое впечатляющее сравнение. Затраты на предупреждение вредных выбросов химической промышленностью США в 12,5 раза меньше общих расходов, которые могут потребоваться для устранения отрицательных последствий этих выбросов.

Реальная жизнь подтверждает такого рода расчеты. Так, в штате Нью-Йорк затраты на эвакуацию жителей из района, загрязненного вредными отходами канала Лав (в окрестностях Ниагарского водопада), составили 23 млн. долларов. А случилось это из-за того, что в свое время «сэкономили» 2 млн. на очистных сооружениях.

Еще один подобный пример. В Минамата прекращение

сброса отходов после ввода в действие очистных устройств отнюдь не означало, что проблема качества окружающей среды там окончательно решена. Донные илы в полузамкнутом заливе были в большой степени обогащены токсичной ртутью, которая бесконтрольно сбрасывалась в течение около 30 лет. Ртуть постоянно включалась в местный биологический круговорот. Ситуация продолжала оставаться тревожной. Поэтому под давлением общественности (активная деятельность профсоюзов и комитетов взаимопомощи пострадавших от промышленного загрязнения, разоблачающие публикации в демократической печати, митинги и шествия, сидячие демонстрации в здании концерна «Тиссо», которые перерастали в схватки с полицией, судебные иски, предъявляемые концерну, и т. д.) в конце концов были разработаны планы дальнейшего оздоровления среды.

Работы начались. Акваторию порта изолировали сетью от открытого моря, чтобы прекратить миграцию рыбы с большим содержанием ртути. Наиболее загрязненную часть гавани отгородили дамбой и начали свозить туда загрязненный грунт, извлекаемый землечерпалками с остальной площади дна залива, — всего 1,5 млн. куб. м. Затем этот водоем-накопитель будет полностью засыпан. На его месте возникнет суша. Причалы перенесут в другое место. Вся программа рассчитана на 8 лет; расходы превысят 20 млрд. иен. Стоимость же тех самых очистных сооружений, которые, будь они поставлены вовремя, сделали бы излишними все эти сложные работы, равна 2.5 млн. иен. Мы видим, что своевременная профилактика обошлась бы в несколько тысяч раз дешевле, чем лечение запущенной болезни.

Добавим к сказанному, что во многих случаях перехватываемые загрязнители могут представлять собой ценное сырье. Улавливание пыли на медеплавильных заводах США еще в 1952 г. дало меди на 27 млн. долларов, а если бы удалось задержать весь марганец, выбрасываемый в атмосферу, то было бы обеспечено 50 % потребности американской промышленности в этом металле.

Выгодной оказалась очистка сточных вод на Московском автомобильном заводе им. И. А. Лихачева — еще 10 лет назад годовой экономический эффект составлял 1.5 млн. руб.

Таким образом, есть основания утверждать, что при

может долго прожить, если она разрушает общественное богатство, от которого зависит,— экосферу. Следовательно, экономическая система, основанная преимущественно на частном бизнесе, становится все более непригодной и неэффективной для того, чтобы распорядиться этим жизненно важным общественным достоянием. Значит, эту систему надо менять»*****.

Нам и внукам. Общественная собственность — основа и сущность социализма — создает возможность наиболее рациональной организации производства, при которой могут быть максимально устранены нежелательные влияния на природную среду, на здоровье человека.

К. Маркс пророчески писал: «Коллективный человек, ассоциированные производители рационально регулируют... свой обмен веществ с природой, ставят его под свой общий контроль, вместо того, чтобы он господствовал над ними как слепая сила; совершают его с наименьшей затратой сил и при условиях, наиболее достойных их человеческой природы и адекватных ей»††††††††††††††††††††.

Эти преимущества социализма должны быть реализованы. К сожалению, и в социалистических странах окружающая среда испытывает неблагоприятное воздействие производства, хотя и в более слабой степени, чем в капиталистических. Доля стран СЭВ в загрязнении природной среды составляет 15 % при объеме промышленной продукции 33 % от мировой.

В ряде случаев положение достаточно серьезное; оно обсуждается, часто весьма эмоционально, на страницах печати. Причины техногенного загрязнения у нас различны. После войны, вызвавшей громадные разрушения, не всегда была возможность при восстановлении промышленных объектов выделить достаточно средств, чтобы обеспечить должную охрану водоемов и атмосферного воздуха. Нужно было быстро удовлетворить гораздо более насущные нужды. На некоторых предприятиях важными вопросами охраны среды пренебрегали в погоне за планом или в целях экономии (узковедомственный подход). Сказывался в то время, когда в силу объективных причин еще серьезно не ставился вопрос о «ущадящей технологии», и субъективный фактор — сочетание

***** Коммонер Б. Замыкающийся круг, с. 206—207.

†††††††††††††††††††† Маркс К., Энгельс Ф. Соч., т. 25, ч. II, с. 387.

экологической безграмотности и беспечности («на наш век хватит»). Теперь, когда принятая в 1977 г. Конституция СССР содержит специальную статью об охране и рациональном использовании окружающей среды, подобные настроения расцениваются как противозаконные.

Деятельность по охране природы в СССР значительно активизировалась со второй половины 60-х годов. Были приняты общесоюзный и республиканские законы по охране природы, основы земельного и водного законодательства, основы законодательства о здравоохранении. Специальные постановления посвящены рациональному использованию и защите от загрязнений Байкала, Каспийского моря, бассейнов Урала, Волги, Дона, Иртыша, Оби и др. На сессии Верховного Совета СССР в 1972 г. первым стоял вопрос «О мерах по дальнейшему улучшению охраны природы и рациональному использованию природных ресурсов». Позднее эти вопросы обсуждались на съездах КПСС. На сессии Верховного Совета СССР в 1980 г. были приняты законы об охране атмосферного воздуха и об охране и использовании животного мира.

Ради нас и внуков работа проводится огромная. Тысячи реконструируемых предприятий, десятки тысяч очистных установок, сотни миллионов и миллиарды рублей, выделенных на охрану окружающей среды. Но лучше несколько фактов вместо частого кола цифр:

— в Зеленограде предприятия сбрасывают воду более чистой, чем забирают из реки;

— у выпуска сточных вод Нижнекамского нефтехимического комбината совхозная бригада ловит стерлядь, судака, налима;

— Киев. Ни одна капля воды из канализации не попадает в Днепр;

— Москва — первая столица мира, где достигнуто равенство между объемами потребляемой и очищаемой воды. Каждый сутки город потребляет 5 млн. куб. м воды и столько же проходит через очистные устройства.

«Миру между людьми и природой должен предшествовать мир между людьми». Это слова Барри Коммонера, известного американского специалиста в области техногенного воздействия на окружающую среду. Еще в 1971 г. он подсчитал, что, для того чтобы перестроить американскую промышленность, сделав ее безвредной для окружающей среды, и для того чтобы залечить нанесенные

документов — Декларация о малоотходной и безотходной технологии и использовании отходов. В следующем году Советский Союз внес на рассмотрение XXXV сессии Генеральной Ассамблеи ООН вопрос «Об исторической ответственности государств за сохранение природы Земли для нынешнего и будущих поколений». Этот документ был одобрен ассамблеей. Природоохранительное сотрудничество социалистических стран осуществляется в рамках Совета Экономической Взаимопомощи. О необходимости совместных усилий по защите среды говорится во многих двусторонних соглашениях, заключенных СССР с другими странами.

Будем надеяться, что в направлении охраны и рационального использования природы страны с различным социальным устройством сумеют эффективно действовать сообща и добьются больших результатов. Прошлое дает хорошие примеры такого сотрудничества — осуществление программы Международного геофизического года, исследования в Антарктиде.

Заканчивая этот раздел суждением о том, что человечество сумеет должным образом справиться с проблемой техногенного рассеивания микроэлементов, отрицательно влияющего на биосферу, я меньше всего стремился вызвать у читателя чувство, что поставленные задачи могут быть решены без особого труда. Легко сказать и написать «новая технология», «производство без отходов», «оптимизация среды», «контроль над загрязнениями». Нужно помнить о серьезности ситуации. Нужно учитывать имеющийся опыт и отрицательный, и положительный. Нужна большая работа.

Стремление к геохимическому идеалу. Мониторинг. После всего сказанного вполне закономерна постановка вопроса об **оптимальном содержании химических элементов в разных компонентах ландшафта** — в почве, водах, воздухе, растениях и животных — таком содержании, которое наилучшим образом обеспечивало бы потребности человека. Этим решалась бы отчасти и проблема долголетия, потому что, как было показано выше, многие заболевания связаны с недостатком или избытком микроэлементов. Советский геохимик А. И. Перельман писал о проблеме оптимального геохимического ландшафта еще в 1961 г.

Вряд ли существуют на земном шаре такие естественные ландшафты, где все необходимые для жизнедеятельности человека элементы содержались бы в идеальных

концентрациях и соотношениях. Да и для того, чтобы определить эти концентрации и соотношения, предстоит еще большая работа как в научно-теоретическом, так и в прикладном плане.

Первые шаги, приближающие к «геохимическому идеалу»: фторирование питьевой воды (для предупреждения порчи зубов), йодирование поваренной соли, микроудобрения, добавки микроэлементов в корма домашних животных, промывание засоленных грунтов.

Внесение микроудобрений должно базироваться на исследованиях буквально ювелирной точности. Так, французские специалисты установили, что незначительная добавка хрома резко (на 40 %) увеличивает урожай картофеля, причем рекордный сбор клубней был отмечен при его внесении в почву в количестве 40 г на 1 га. При дальнейшем росте концентрации хрома урожай начинал снижаться.

Существование идеальных геохимических ландшафтов будущего немислимо без четко работающей системы наблюдения, контроля и управления состоянием окружающей среды. Такая система получила название «мониторинг» (от английского слова *monitoring* — наблюдение, контроль, проверка). Можно говорить о мониторинге на местном, региональном и глобальном уровнях.

Система мониторинга уже действует в ряде регионов. Излишне говорить о том, как велико ее значение в нынешний критический период техногенного воздействия на природу. Очень важно точно установить пути распространения различных загрязнителей, их допустимые и критические концентрации в воздухе, почве, растениях, атмосферных осадках, поверхностных и грунтовых водах, дальность переноса, способность биосферы к самоочищению.

Восемь автоматических станций наблюдают за качеством воды в бассейне Москвы-реки. Отбор проб и их анализ производятся каждые три часа. Результаты немедленно передаются в центр переработки информации. С помощью лазеров в Москве контролируется выброс из заводских труб и определяется концентрация загрязняющих веществ в воздухе. После введения в действие с 1981 г. Закона СССР «Об охране атмосферного воздуха» качество воздушной среды контролируется более чем в 450 городах нашей страны.

Автоматизированная система для контроля над загрязнением атмосферы создана в Нидерландах. Двести кон-

трольных станций передают информацию компьютеру в Национальном институте здравоохранения. Ежечасно определяется средний уровень загрязнений, и если он в каком-нибудь пункте превысит допустимые пределы, то на электрифицированной карте страны загорается лампочка — сигнал тревоги.

Здесь уместно сказать о высокой точности современных инструментальных методов и химических анализов. Приходится учитывать такие факторы, вызывающие погрешности, как тончайшие пылинки, витающие в воздухе лабораторного помещения, или мельчайшие капельки слюны, попавшие на образец при кашле и чихании.

И все же по отношению к некоторым загрязнителям живые организмы часто являются наиболее чувствительными, а иной раз просто незаменимыми «приборами». Недаром существует понятие «биологический мониторинг».

Попугаи реагируют на ничтожное содержание в воздухе синильной кислоты. Канарейки и тараканы — прекрасные индикаторы на рудничный газ. Служебные овчарки в Таллине контролируют состояние газовой сети.

Токийские биологи специально вывели сорт бегонии, очень чувствительной к фотохимическому смогу. Малая примесь озона в воздухе уже через 6 ч вызывает появление на листьях белых пятен, которые, если в воздухе есть и другие загрязнители, превращаются в водяные пузыри. Проходит еще несколько дней, пузыри лопаются и на их месте возникают дыры.

Грибок плесени *Aspergillus niger* испытывает заметное угнетающее влияние со стороны цинка при ничтожной концентрации последнего — 1 : 50 000 000.

Мхи и лишайники обладают высокими поглощающими свойствами по отношению к тяжелым металлам. Лишайники «чувствуют» металлургическое предприятие за много десятков километров. В одном из промышленных районов Англии для определения степени загрязненности воздуха кадмием, свинцом и цинком использовался мох сфагнум, широко распространенный и в нашей стране. Сфагнум вывешивался в нейлоновых сетках на срок от 20 до 50 дней. Произведенный потом спектрографический анализ установил величину поглощения металлов, по которой можно определить их концентрацию в воздухе.

Ихтиологи из американского управления по охране среды испытывали разные виды пресноводных рыб в качестве

контролеров качества воды. Найден количественный показатель — число движений, при помощи которых рыба избавляется от посторонних частиц, попавших в жабры. Эти движения получили у экспериментаторов условное название «кашель». Чем выше уровень загрязнения медью и ртутью, тем больше приступов «кашля». Наиболее подходящими кандидатами в «живые» приборы оказались окунь, пескарь и форель — их можно помещать для контроля в бассейны ниже очистных сооружений.

...Время от времени в газетах появляются заметки о современных левшах — умельцах, которые размещают многофигурные композиции и пространные тексты на рисовом зерне или на срезе человеческого волоса. Посетители выставок выстраиваются в очередь, чтобы взглянуть в окуляр. Люди удивляются. Иной раз звучит вопрос:

— Зачем это?

Сверхминиатюры — лишь одна сторона деятельности мастеров, которые нередко работают и в области микро-техники, в том числе и в связи с проблемой контроля за состоянием окружающей среды. Приведем пример.

Два электрода и крошечное передающее устройство вживляются в обонятельные доли мозга рыбы — осуществлено слияние живого и электронного приборов. Загрязнители, присутствующие в воде, меняют биоэлектрическую активность мозга. Эти сигналы передаются на расстояние, улавливаются приемно-регистрационной системой и сразу превращаются в цифры и графики. Поскольку в таких опытах использовалась форель, особенно требовательная к качеству воды, оказалось возможным улавливать примеси в концентрации одна стомиллионная доля грамма на 1 л.

«Живые» приборы позволяют заглянуть в прошлое, узнать, как менялось загрязнение воздуха во времени. В ФРГ — в Бонне, Кельне и Ахене — взяли пробы древесины вековых дубов и определили, как менялось содержание свинца, цинка, железа и марганца в годовых слоях разного возраста. Потом на основе этих данных были построены кривые хода концентрации металлов в воздухе, начиная со второй половины прошлого столетия.

Наконец, и сам человек может действовать как «живой» прибор. Для слежения за уровнем техногенного загрязнения атмосферы муниципалитет города Мангейма в ФРГ оформил на службу 80 человек, отличающихся особенно острым

обонянием. Они проживают в разных частях города и трижды в день в определенное время приносятся к уличному воздуху и высказывают мнение о его качестве. Эти сведения сопоставляются с данными наблюдений 20 метеопостов, расположенных в черте города, что позволяет быстро выявить те предприятия, которые загрязняют атмосферу.

Наблюдения за качеством среды из космоса. Особая роль в наблюдении за распространением загрязнений принадлежит космической съемке. Аппаратура, установленная на спутниках, позволяет определить содержание в атмосфере окиси и двуокиси углерода, сернистого газа, окислов азота. Спутники фиксируют лесные пожары, пыльные бури, болезни растений, определяют биологическую продуктивность, прослеживают распространение теплых вод, сбрасываемых электростанциями.

На космических фотографиях отчетливо оконтуривается зона «красных грязей» — сбрасываемых в море промышленных отходов итальянской компании «Монтекати-на». Эти отходы содержат кадмий и ванадий. На снимках, переданных спутником «Лэндсат-1», хорошо виден красный след загрязнений длиной 25 км и шириною 250 м, тянущийся за судном. Этот корабль, занимавшийся «пиратскими выбросами» в 40 км к северу от Корсики, был застигнут на месте преступления 26 октября 1972 г.

Нет сомнения в том, что методы космического наблюдения за состоянием природной среды будут становиться все более и более тонкими.

Итак, благодаря разным видам мониторинга в будущем в любой момент времени можно будет получить объективную картину: какие элементы содержатся в ландшафте в избытке, какие в недостатке, каковы тенденции, каков «запас прочности», что нужно добавить и в каком количестве, что нужно изъять, удалить из ландшафта... Человек будет создавать оптимальные геохимические условия в своем «доме» — среде своего обитания.

Человек меняет геохимическую картину мира. Естественные геохимические ландшафты нарушаются техногенными аномалиями часто с явно отрицательными влияниями на живое вещество. Осознана необходимость борьбы с загрязнением среды, ясна стратегия этой борьбы. Остается одно — бороться! Чтобы в будущей среде обитания человека ноосфере — сфере разума — все благоприятствовало жизни во всем ее богатстве.

ЛИТЕРАТУРА

Число публикаций, посвященных рассмотренным в этой книге проблемам, очень велико. Здесь приводятся лишь некоторые работы главным образом обобщающего характера. Каждая из них содержит многочисленные ссылки на другие источники и в свою очередь снабжена библиографией. Поэтому любознательный читатель сможет быстро подобрать названия работ по интересующему его вопросу.

Баделов С. Т. Геохимические циклы важнейших рудообразующих элементов. Ташкент, Фан, 1982.

Беус А. А., Грабовская Л. И., Тихонова Н. В. Геохимия окружающей среды. М., Недра, 1976.

Браун Х. Производство промышленных материалов человеком как процесс в биосфере.— В сб.: Биосфера. М., Мир, 1972.

Вадковская И. К., Лукашов К. И. Химические элементы и жизнь в биосфере. Минск, Вышэйшая школа, 1981.

Вернадский В. И. Биосфера. М., Мысль, 1967.

Вернадский В. И. Очерки геохимии. М., Наука, 1983.

Виноградов А. П. Геохимия редких и рассеянных элементов в почвах. М., Изд-во АН СССР, 1950.

Войткевич Г. В., Мирошников А. Е., Поваренных А. С., Прохоров В. Г. Краткий справочник по геохимии. 2-е изд. М., Недра, 1977.

Глазовская М. А. Техногенез и проблемы ландшафтно-геохимического прогнозирования.— Вестник Московского университета. География, 1968, № 1.

Голубев В. С. Динамика геохимических процессов. М., Недра, 1981.

Добровольский В. В., Савельева Л. Е. Автотранспортное загрязнение свинцом окружающей среды за рубежом.— В сб.: Геохимия техногенного преобразования ландшафтов. М., 1978.

Добровольский В. В. География микроэлементов. Глобальное рассеивание. М., Мысль, 1983.

Ковальский В. В. Геохимическая экология. М., Наука, 1974.

Ландшафтно-геохимическое районирование и охрана среды. М., Мысль, 1983.

Мал юга Д. П. Биогеохимический метод поисков рудных месторождений. М., 1963.

Перельман А. И. Геохимия. М., Высшая школа, 1979.

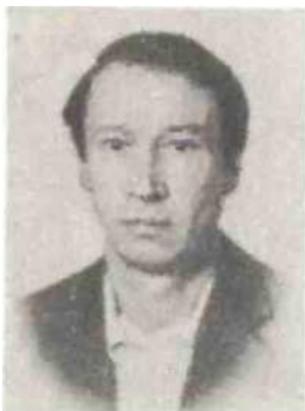
Перельман А. И. Геохимия природных вод. М., Наука, 1982.

Семененко Н. П. Геохимия сфер Земли. Киев, Наукова думка, 1983.

Симонов А. И., Орадовский С. Г., Юшак А. А. Современное состояние химической загрязненности вод Северной Атлантики.— Метеорология и гидрология, 1974, № 3.

Юсупов Р. Г., Дженчураев Д. Д., Хатамов Ш. Геохимические особенности среднеазиатского мумиё.— Геохимия, 1979, № 10.

25 коп.



**ЛЕВ ГЕОРГИЕВИЧ БОНДАРЕВ - ДОЦЕНТ
КАФЕДРЫ ОБЩЕЙ ФИЗИЧЕСКОЙ
ГЕОГРАФИИ, ПАЛЕОГЕОГРАФИИ И РА-
ЦИОНАЛЬНОГО ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ
ГЕОГРАФИЧЕСКОГО ФАКУЛЬТЕТА МГУ.
НАУЧНЫЕ ИНТЕРЕСЫ: ГЕОМОРФОЛОГИЯ,
ГЛЯЦИОЛОГИЯ, ПАЛЕОГЕОГРАФИЯ,
ТЕХНОГЕННОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ НА ПРИРОДУ.
УЧАСТНИК МНОГИХ ЭКСПЕДИЦИЙ В
ГОРНЫЕ РАЙОНЫ СРЕДНЕЙ АЗИИ. АВТОР
БОЛЕЕ 100 ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ, В
ТОМ ЧИСЛЕ КНИГ "ВЕЧНОЕ ДВИЖЕНИЕ"
(1974), "ЛЕДНИКИ И ТЕКТОНИКА" (1975),
"СУША, ОТВОЕВАННАЯ У МОРЯ" (1979) И ДР.**

