

**Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение
высшего профессионального образования
Уральский государственный педагогический университет**

Геоэкология и природопользование

**Методические рекомендации для студентов
географо-биологического факультета**

Екатеринбург 2012

УДК502.211(075)

ББК Б

Г35

Составитель: Мельчаков Юрий Леонидович, д.г.н., профессор кафедры физической географии

Рецензент: Донских Татьяна Александровна, к.г.н., доцент кафедры физической географии

Г35 Геоэкология и природопользование [Текст] : методические рекомендации для студентов географо-биологического факультета / Урал. гос. пед. ун-т ; сост. Ю. Л. Мельчаков. – Екатеринбург : [б. и.], 2012. – 66 с.

Данные методические указания предназначены для студентов географо-биологического факультета.

УДК502.211(075)

ББК Б

© Мельчаков Ю. Л., 2012

© ФГБОУ ВПО «УрГПУ», 2012

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие.....	4
Методы оценки состояния атмосферного воздуха.	
Практические работы.....	5
Рекомендации по снижению вредного воздействия загрязненного атмосферного воздуха на здоровье человека...	31
Методы оценки химического и биологического загрязнения природных вод. Практические работы.....	44
Рекомендации по улучшению качества питьевой воды.....	56
Вместо заключения.....	63
Литература.....	64

ПРЕДИСЛОВИЕ

Для успешного освоения курса «Геоэкология и природопользование» необходимо кроме проработки лекционного материала и соответствующей литературы выполнить целый ряд практических занятий.

Идея написания рекомендаций родилась на основе авторских исследований по загрязнению окружающей среды, которые проводились в разных регионах страны, большей частью на Урале (Свердловской, Челябинской и Оренбургской областях), а также в Мурманской и Тюменской областях, начиная с начала восьмидесятых годов. В эти же годы автор приступил к сбору и анализу разноплановой экологической информации по данной тематике.

Кто-то из древних мудрецов советовал: “Человек! Помоги себе сам”. Возможно ли это в рассматриваемом контексте? Думается, что да. Конечно, определение качества окружающей человека среды – сложнейшая задача. Самый первый уровень ее решения – это установить, насколько массивно загрязнение¹.

Существующие научные методики можно упростить настолько, что они станут понятны любому образованному человеку. Пусть не очень глубокая, но объективная оценка хотя бы некоторых параметров качества среды позволит предложить рекомендации, выполнение которых уменьшит ее вредное воздействие. В этом мы и видим цель настоящей работы.

¹ На данном этапе не ставится цель определить, например, массообмен тяжелых металлов в определенных ландшафтно-геохимических условиях (причем предполагается исследование разных форм этих металлов, с учетом как природных, так и антропогенных воздействий). Такие исследования выполняют с использованием современных сложных методик, на аппаратуре, стоимость которой оценивается многими тысячами долларов, в течение, как правило, нескольких лет напряженного труда. Подобные задачи решают научные работники, и итогом их трудов обычно являются кандидатские и докторские диссертации. Очевидно, что для многих все это недоступно.

Методы оценки состояния атмосферного воздуха. Практические работы

В арсенале современной науки имеется целый комплекс методов. Мы рассмотрим лишь некоторые, наиболее важные.

Оценка химического загрязнения приповерхностной атмосферы

Первый метод – определение концентрации загрязнителей в атмосферном воздухе и сравнение ее со значениями ПДК

Наверное, проще всего понять суть данного метода на примере определения концентрации пыли. Используется несложное оборудование, причем главным инструментом является обычный пылесос. С помощью специальных насадок фильтр плотно прикрепляется к концу шланга, который подсоединяется к «втягивающему» отверстию. Пылесос включается на 20 минут и пыль оседает на фильтре. Используются мелкопористые фильтры (ФПП-15), притягивающие к себе пылинки. Если предварительно определить точный вес чистого фильтра и повторно взвесить уже загрязненный фильтр, то разница в весах даст количество осевшей пыли. Согласно требованиям, перед обоими взвешиваниями фильтр должен доводиться до абсолютно сухого состояния: фильтр помещается в сушильный шкаф, в котором поддерживается температура в диапазоне 100 – 105 градусов, на четыре – шесть часов. Затем фильтр быстро переносится в эксикатор (сосуд с плотно притертой крышкой, воздух в котором не содержит водяных паров благодаря специальным веществам), и через 20 - 30 минут фильтр взвешивается на аналитических весах. Заметим, что в лабораториях Гидрометслужбы доведение вещества до абсолютно сухого состояния не практикуется, необходимо это делать при проведении «тонких» научных исследований.

Для всех пылесосов, которые используются для данной цели, предварительно определяется «всасывающая способность», т.е. уже известно, какой объем воздуха проходит через пылесос с фильтром за единицу времени. Если, например, пылесос «прокачал» 10 куб. метров воздуха и на фильтре осело 3 мг цементной пыли, то концентрация пыли составит 0,3 мг/куб. м, т.е. на уровне максимально разовой ПДК.

Анализ воздуха выполняется на высоте 1 метр, и этому есть обоснование. При ветре шланг пылесоса направляется навстречу ветру. Отбор ведется три раза в сутки: в 7, 13 и 19 часов.

Любая пыль, особенно производственная, состоит из большого числа химических элементов и их соединений, очень многие из которых представляют серьезную опасность как для здоровья людей, так и для животных и растений. В частности, в сфере воздействия предприятий цветной металлургии в пыли определяют медь, никель, кобальт, свинец, марганец и другие тяжелые металлы. Степень обогащения пыли металлами может быть очень высокой. Например, в районе размещения комбината Южуралникель (г. Орск

Оренбургской области) автор определил среднее содержание водонерастворимого никеля в пыли, выпадающей в зону радиусом полкилометра от комбината, равное 1,38%. Эта пыль по содержанию никеля не уступает многим никелевым рудам.

Значит, оценка загрязнения атмосферного воздуха пылью будет комплексной, если определять ее элементный состав. Существуют методы, позволяющие это делать весьма точно (химические, спектрографические, атомно-абсорбционные и др.); мы их здесь не рассматриваем.

Конечно, в воздухе определяются и концентрации других загрязнителей: сернистого газа, оксидов азота, фенола, аммиака, формальдегида и т.д. Методика их определения имеет существенные отличия от рассмотренной выше, в целом она сложнее. Применяются жидкости-поглотители или сорбционные трубки. Последние представляют собой стеклянные цилиндры, причем их небольшая часть заполнена битым стеклом. Перегородки с небольшими отверстиями не позволяют стеклышкам высыпаться. Специальные растворы заливаются в битое стекло и через них прокачивается воздух. В результате происходят химические реакции. Затем по количеству прореагировавших соединений в растворе судят о содержании загрязнителя в воздухе: если после прокачивания воздуха количество определенного соединения существенно уменьшилось, следовательно, содержание загрязнителя в воздухе высокое (конечно, используются чисто количественные критерии).

Полученные количественные показатели сравнивают с предельно-допустимыми концентрациями (ПДК). Подчеркнем, что они определяются применительно к человеку. Это значит, что одни и те же концентрации могут по-разному влиять, например, на человека и животных. Например, известно, что соединения мышьяка однозначно являются канцерогенными для человека, что не было установлено в опытах над животными.

Читатель, конечно, отметил ряд трудностей, которые, как кажется, делают невозможным практическое использование рассмотренного метода. Нами разработан его упрощенный вариант, реализация которого приведет к получению достаточно ценной информации.

Первая практическая работа по оценке загрязнения атмосферного воздуха

Цель: оценить запыленность приземных слоев воздуха.

Оборудование: пылесос или электрощетка; фильтры ФПП-15; насадка, закрепляющая фильтр на шланге пылесоса или щетке; аналитические весы, конверты для фильтров.

Предложенная методика основана на экспериментах, проведенных нами с использованием пылесоса «Урал» и электрощетки «Ветерок». Однако и другие аналогичные бытовые приборы пригодны для решения поставленной задачи. Эмпирически установлено, что удобнее пользоваться электрощеткой: она намного легче и компактнее, а меньшая мощность электродвига-

теля в данном случае не имеет принципиального значения. Сделанные ниже пояснения относятся именно к электрощетке.

Вначале прибор готовится к работе: надо снять собственно щетку, отсоединить защитный мешочек. Затем линейкой определяется радиус насадки (он должен быть на 0,5 – 1 см больше отверстия), после чего ее можно изготовить из любого подходящего материала: полиэтиленовой крышки, баночки из-под зубного порошка и т.д. Насадка состоит из двух частей: внутренней и внешней, причем внутренний радиус последней равен радиусу отверстия щетки (см. рис. 1).

Рис. 1. Внутренняя (1) и внешняя (2) насадки

Фильтр ФПП-15 перед исследованием надо разъединить, «пергаментная» половинка не нужна, а собственно фильтр взвесить. С учетом нашего опыта сушильный шкаф не нужен, если микроклимат помещения не сильно изменяется во времени (что и реально наблюдается во время всего отопительного сезона). Если фильтры находились вне помещения, то их надо «выдержать» несколько часов в том помещении, где находятся аналитические весы. Запись делается в отдельной тетради, в которой указывается номер фильтра и вес до четвертого знака, фильтры помещаются в пронумерованные конверты. Непосредственно перед замером фильтр вставляется между половинками насадки, сама насадка прижимается металлическим стержнем длиной 8 - 8,5 см (или стержнем шариковой ручки), который закрепляется фиксаторами защитного мешочка. Итак, адаптированная электрощетка готова к работе.

Район обследования, конкретные цели определяет сам исследователь, исходя из собственных интересов. Поскольку неизвестно, какой объем воздуха прокачивает Ваша щетка или пылесос (паспортные данные здесь не помогут), нет возможности определить концентрацию пыли в определенном

объеме. Однако для неспециалиста важна прежде всего сравнительная оценка запыленности воздуха (или другого параметра), т.е. определение одной из условных градаций: воздух чистый, малозагрязненный, умереннозагрязненный, сильно загрязненный и чрезвычайно загрязненный. Рассмотренный метод позволит получить такую информацию. Например, Вас интересует уровень запыленности Вашей улицы, Вашего дома или даже воздуха на том этаже, на котором Вы живете. Эту задачу можно решить двумя путями. Если в городе имеются посты наблюдений за чистотой атмосферного воздуха (об этом нетрудно узнать или по линии Гидромета, или через экологические комитеты), то надо выбрать ближайший и рядом с ним согласно вышеуказанным рекомендациям осуществить сбор пыли на фильтр. Источник электроэнергии выбирается на месте, например, во всех коммерческих киосках имеются электророзетки. Пылесос или щетка включается на строго определенное время, причем это время должно быть меньше максимально допустимого согласно паспорту прибора: ведь прокачивание воздуха через фильтр вызывает повышенную нагрузку на электродвигатель. Однако и слишком короткий временной интервал нецелесообразен, т.к. известно, что чем дольше осуществляется отбор проб воздуха, тем более верный результат будет получен. Затем фильтр осторожно извлекается, сворачивается вчетверо и помещается в подготовленный конверт. Скреплять сложенный фильтр не надо, т.к. его сложенные поверхности как бы прилипают друг к другу. Затем аналогичная работа повторяется в интересующих Вас местах, при этом разницу во времени надо свести к минимуму. Перед взвешиванием фильтры “выдерживаются” несколько часов в том помещении, где находятся аналитические весы. После взвешивания определяется “чистый” вес пыли.

Затем надо воспользоваться результатами замеров на посту Гидрометслужбы или ведомственного поста за тот же день и час (учтите, что в системе Гидромета часы отбора 7, 13 и 19 часов). Далее выполняются простейшие расчеты. Например, специалисты определили содержание пыли в воздухе у поста равной $0,15 \text{ мг/м}^3$, а соотношение веса пыли на фильтре у поста к аналогичному за окном Вашей квартиры составило 3 : 1, тогда искомая концентрация составит $0,05 \text{ мг/м}^3$. Понятно, что это не совсем точный результат, но точность можно повысить, если замеры выполнить многократно.

Второй путь решения поставленной задачи более прост, подчас он единственно возможный в рамках описанного метода. Для получения качественной характеристики - сравнительной оценки запыленности – можно обойтись и без данных Гидромета. Для этого надо выбрать участки заведомо сильнозапыленные, участки относительно чистые, а затем те, которые, собственно говоря, Вас и интересуют. После обследования этих районов определяется соотношение весов пыли на фильтрах; оно и даст ответ на поставленный вопрос.

Здравый смысл подсказывает, что чем меньше различия в запыленности разных районов и чем меньше сама запыленность, тем труднее выполнить поставленную задачу: разброс значений весов пыли на фильтрах будет небольшим. Из сказанного следуют практические рекомендации: 1) один из

выбранных районов должен быть действительно “грязным”; 2) в теплое время года различия установить легче, чем в холодное: обычно воздух более запылен (причем по нашим наблюдениям апрель – самый “пыльный” месяц); 3) обследованию должна предшествовать безветренная или маловетренная погода без существенных осадков, такой же погода должна быть и во время замеров; 4) исследование правильнее выполнить в один из рабочих дней в часы пик работы автотранспорта.

Для того, чтобы найти “точку отсчета”, нужно определить фоновые значения запыленности. Выбор фонового участка – довольно сложная задача. В первом приближении фон можно определить как район, в котором хозяйственная деятельность человека не привела к заметному загрязнению окружающей среды. В рекомендациях для работников системы Гидромета сказано конкретно: это районы, удаленные от промышленных центров примерно на 20 км (Временные методические рекомендации..., 1983). Однако последнее определение вызывает целый ряд возражений, и главное из них следующее: существенное загрязнение от крупных источников наблюдается и дальше 20 км (об этом подробнее см. ниже).

В заключение заметим, что концентрации ингредиентов в воздухе изменчивы во времени, погодные условия играют очень большую роль. Так, при нахождении обследуемого участка вблизи источника загрязнения, уровень загазованности и запыленности во многом будет определяться направлением ветра: если участок находится на наветренной стороне, то воздух может быть в это время весьма чистым, и наоборот. Помощь в оценке погодных условий окажут нижеизложенные рекомендации (см. главу 3).

Второй метод – определение атмосферных выпадений на земную поверхность и сравнение их с фоновыми значениями

Объективная оценка загрязнения атмосферы с помощью первого метода предполагает неоднократное обследование участка. Причина – в большой изменчивости концентраций ингредиентов. Поэтому желательно найти такой показатель, который бы являлся результирующим разных степеней загрязненности за достаточно продолжительный отрезок времени. Этому требованию полностью отвечает метод анализа величин атмосферных выпадений.

Какая связь между выпадениями многих ингредиентов и их концентрациями в воздухе? Как было установлено в результате многочисленных экспериментов, прямая. И эта связь выражается математическими формулами, которые мы здесь не рассматриваем. Следовательно, определив величины атмосферных выпадений на интересующем нас участке и сравнив их с фоновыми значениями, мы получим объективные показатели загрязненности атмосферы. Заметим сразу, что сравнивать надо именно с фоновыми значениями, а не с ПДК (как в первом методе): предельно-допустимые выпадения наукой еще не определены, хотя и имеется много экспериментальных данных.

Для того, чтобы лучше понять природу атмосферных выпадений, полезно разобраться с весьма простыми, на первый взгляд, вопросами: “Что

представляют собой атмосферные примеси?” и “Как они выводятся из атмосферы?”. Начнем по порядку. Как естественные, так и искусственные примеси состоят из аэрозолей (или пыли) и газов. Аэрозоли определяются как системы, в которых твердые или жидкие частицы рассеяны в воздухе (шире – в любой газовой среде). Их размеры крайне невелики: от сотысячных долей миллиметра до сотых долей миллиметра, причем последним присвоен ранг гигантских частиц. Разница между аэрозолями и пылью в их размерах: пылевые частицы обычно намного крупнее. Известно, что в атмосфере происходят сложные преобразования поступивших туда соединений, в частности, газы могут переходить в аэрозоли. Например, сернистый газ (SO_2) может превращаться в твердые аэрозоли – сульфаты (SO_4) или жидкие – серную кислоту (H_2SO_4), токсичность которой выше, чем сернистого газа. Объясняется это следующим. Атмосфера представляет собой систему, обладающую окислительными свойствами, поэтому все реакции, связанные с изменением ее валентного состояния, идут в сторону образования сульфатов как высшей формы окисления серы. Ученым удалось подсчитать время жизни диоксида серы относительно процесса окисления: за среднюю величину принимается 70 часов (Глобальный..., 1983).

Нетрудно понять, что примеси как естественного, так и искусственного происхождения должны каким-то путем выводиться из атмосферы. Действительно, самоочищение атмосферы – одно из многих проявлений саморегуляции географической оболочки, и, в частности, атмосферы Земли. Рассмотрим механизмы выведения примесей.

1. Вымывание примесей атмосферными осадками – для большинства районов Земли наиболее важный процесс. Ученые установили, что каждый литр атмосферных осадков при падении с высоты один километр оmyвает 326 м^3 воздуха, при этом часть аэрозолей захватывается. Чтобы лучше представить масштабы этого явления, приведем цифры: на каждый кв. метр поверхности выпадает на Среднем Урале около 500 литров осадков в год, а на Северо-Западе России около 600 литров. Кратко поясним: каждый выпавший миллиметр осадков превращается применительно к площади 1 кв. метр в 1 литр.

Эффективность вымывания зависит от сравнительных размеров капель и частиц. При обычном дожде частицы диаметром меньше 4 мкм не будут эффективно вымываться из атмосферы: аэрозоли остаются в обтекающей каплю воздушном потоке. По мере увеличения размера частиц эффективность их захвата возрастает. Даже при несильном дожде из атмосферы в течение часа вымывается половина содержащихся в ней частиц диаметром более 10 мкм (Баттан, 1967).

Установлено, что снежинки могут захватывать гораздо больше аэрозолей, чем капли, поскольку первые падают медленнее и площадь захвата снежинок больше.

Кроме захвата аэрозолей, при образовании и выпадении осадков происходит и другой процесс самоочищения атмосферы. Внутри облака капельки образуются в результате конденсации на мельчайших частицах радиусом 0,1 – 1,0 мкм. Они называются ядрами конденсации. Ими могут быть как ча-

стицы естественного происхождения, так и техногенные серусодержащие аэрозоли, некоторые соединения азота. При достижении определенных размеров облачные капли превращаются в дождевые. Когда они выпадают на землю, то уносят с собой соединения серы и азота.

2. Сухое осаждение под действием силы тяжести.

3. Сухое осаждение вследствие соударений с препятствиями на земной поверхности.

Как известно, и газы выводятся из атмосферы. Механизмы их выведения следующие.

1. Влажное осаждение при выпадении осадков - наиболее эффективный процесс. Еще М.В. Ломоносов заметил: “Когда дождь с высоты падает через атмосферу, то принимает в себя сернистые и соляные пары” (Черняева, 1979).

2. Поглощение или реакция на поверхности земли.

3. Переход в аэрозоли.

4. Утечка в космическое пространство.

В течение последних десятилетий специалисты опробовали целый ряд методических приемов, которые позволяют определить количественные и качественные характеристики потока вещества из атмосферы на земную поверхность. Основная идея этих методов – в создании условий, при которых атмосферные выпадения эффективно бы улавливались. Так, например, если выпадения улавливаются на 50%, то и показатели загрязнения атмосферы будут наполовину занижены. Далее, обязательно нужно знать площадь улавливающей поверхности (назовем ее ловушкой) и время экспозиции, т.е. сбора выпадений. При наличии этих сведений можно рассчитать интенсивность атмосферного потока, выраженную, например, в кг/га x месяц.

Подытожим результаты многолетних работ специалистов и рассмотрим основные геохимические ловушки.

1. Планшеты, покрытые марлей. Они устанавливаются на определенной высоте на специальных столиках. Эффективность захвата невысокая, поэтому поток аэрозолей определяется как произведение реального, эмпирического потока на условный коэффициент захвата. Последний определяется опытным путем: сравнивая с известной интенсивностью потока в максимально одинаковых условиях. Заметим, что всегда шероховатая поверхность земли, растительность, различные строения и т.п. выполняют аналогичную роль в природе. Специалистами было установлено, что высота планшета над землей имеет важное значение. Для того, чтобы сократить попадание почвенной пыли, планшеты устанавливаются на высоте обычно не ниже одного метра. При проведении специальных исследований (например, когда надо оценить развевание почвы в зависимости от ветра определенной силы) высота может быть и ниже метра.

2. Планшеты с липкой поверхностью. Это могут быть обычные стекла определенных размеров, покрытые чистым вазелином (т.е. таким, в котором содержится минимальное количество примесей); их устанавливают также на определенной высоте. Аэрозоли и пылевые частицы, соприкасаясь с липкой поверхностью, захватываются и не могут “улететь” дальше, подобно насеко-

тому на липкой бумаге. Затем вазелин анализируется на содержание интересных элементов. Такие планшеты можно использовать только в теплое время года.

3. Планшеты с закрепленными на них специальными фильтрами ФПП-15. Фильтроткань двуслойная: одна сторона марлевая, вторая напоминает очень мягкую бумажную салфетку, именно она и является рабочей поверхностью. Эффективность захвата очень высокая. Фильтры определенных размеров прикрепляются к столику кнопками.

Все три рассмотренные ловушки позволяют захватывать только сухие выпадения. Их главный недостаток заключается в том, что выпадение жидких осадков приводит к ошибкам в определении атмосферного потока.

Для сбора жидких выпадений используются другие приспособления.

4. Эмалированные или полиэтиленовые ведра, а также банки, снабженные воронками. Конечно, ведра и банки захватывают и сухие выпадения в периоды между дождями, причем какая-то часть осевший частиц будет выдуваться ветром.

5. Кюветы, т.е. ванночки для сбора проб снега и дождя. Известно, что плотность снега невелика, в среднем $0,2 \text{ г/см}^3$, поэтому возможно использование только достаточно больших кювет. В арсенале контролирующих организаций имеются кюветы площадью $0,12 \text{ м}^2$.

Опыт показывает, что наиболее эффективными ловушками являются универсальные, т.е. те, которые захватывают и сухие, и жидкие выпадения. Известны два вида таких ловушек, причем оба, по сути дела, как бы изобретены природой.

6. Кюветы или другие емкости, наполненные дистиллированной водой. Наверное, это самые эффективные уловители: и капля дождя, и пылинка оказываются захваченными водной поверхностью. Емкости заполняются водой с таким расчетом, чтобы дожди не переполнили их. Единственный серьезный недостаток заключается в том, что в наших климатических условиях ловушки можно использовать только в теплое время года.

Аналог рассмотренной рукотворной ловушки – это все акватории, свободные ото льда. Атмосферный воздух при контакте с водой эффективно очищается, а поверхностные воды (а, значит, частично и подземные) – загрязняются. Видимо, рассмотренные процессы для природы в целом нельзя оценить однозначно как положительные или отрицательные. Однако во многих конкретных случаях нетрудно дать определенно отрицательный ответ. У нас в средней полосе России практически всегда соседствуют рядом источник или источники загрязнения и акватория водохранилища, пруда или озера (убедиться в этом нетрудно, достаточно взглянуть на карты достаточно крупного масштаба). В Свердловской области таких примеров немало. Так, от Среднеуральского медеплавильного комбината (СУМЗа) – одного из крупнейших загрязнителей Европы – до северо-западного берега Волчихинского водохранилища менее восьми километров. Нетрудно выстроить в логическую цепочку известные факты: СУМЗ, выбрасывающий в атмосферу через высокие трубы только за полгода десятки тысяч тонн вредных веществ, –

северо-западные ветры, повторяемость которых в теплое время года одна из наибольших, – значительные, около 30 км², размеры акватории водохранилища – использование водохранилища для питьевых нужд Екатеринбурга. Вывод относительно изменения качества воды напрашивается сам собой. Тем не менее, заметим, что атмосферная составляющая загрязнения водохранилища до сих пор не определена.

7. Снежный покров. Он, по мнению специалистов, является исключительно благоприятным объектом при изучении загрязнения природной среды и, прежде всего, атмосферного воздуха. Объясняется это следующим. Обладая высокой сорбционной способностью, снег способен захватывать во время падения с большой высоты существенную часть твердых и жидких ингредиентов, а также частично поглощать газовые примеси. Затем все они оказываются на поверхности земли. Кроме того, в снежном покрове накапливаются также пыль и аэрозоли, постепенно оседающие в периоды между снегопадами. Таким образом, в течение всей зимы загрязнение атмосферы как бы проектируется на однородном по свойствам естественном планшете – снежном покрове, который сохраняет информацию о составе атмосферы до снеготаяния. Задача исследователя – взять эту информацию. Решение этой задачи схематично можно показать следующим образом. Снег отбирается снегоотборником – пластмассовой (полистироловой) или металлической трубой с известной площадью поперечного сечения. Нижняя часть полученного керна (0,5 – 1 см) отбрасывается во избежание загрязнения пробы частицами почвы. Рекомендуется отбирать средние значения проб: несколько кернов складываются в один полиэтиленовый мешок, при этом керны отбираются в вершинах мысленно построенного квадрата (если 4 пробы), треугольника (если 3 пробы). Затем при определенном режиме снег растапливается, и талая вода анализируется на содержание в ней примесей.

Исходя из того, что брошюра написана для начинающих исследователей, причем, как правило, ограниченных в оборудовании, реактивах и т.д., мы предлагаем неширокий спектр исследований. Возможности же рассмотренного метода намного шире.

Вторая практическая работа – оценка чистоты атмосферы

Цели: количественно оценить запыленность приземной атмосферы за весь зимний период, кислотность талых снеговых вод, определить минерализацию снежного покрова и величину поступления солей на земную поверхность.

Оборудование: пробоотборник – пластмассовая или, хуже, металлическая труба сечением примерно 50-100 см² и высотой 50-100 см; жесткая (пластмассовая, фанерная или металлическая) лопатка к пробоотборнику; новые полиэтиленовые пакеты; полиэтиленовые или стеклянные воронки диаметром 10-15 см; столовая ложка; пинцет; фильтры “синяя лента”, если их нет, то фильтры с более крупными порами; полиэтиленовые пакетики или конверты для фильтров; стеклянные двух или трехлитровые банки; мерный цилиндр или иная мерная емкость; аналитические весы; универсальная инди-

каторная бумага. Если ставится задача определения минерализации талых снеговых вод, то дополнительно потребуются: стакан или чашка для выпаривания; водяная баня; термостат (сушильный шкаф с регулируемой температурой); эксикатор.

Начальный этап работы весьма ответственен: от того, насколько он будет продуман, в значительной мере зависит и достоверность полученных результатов в целом. В самом начале надо разработать программу исследований, определить объект исследования. Возможно, таковыми будут район Вашего проживания, садовый участок, места отдыха, конкретное промышленное предприятие или их сочетание, автодороги как внутри города, так и за его пределами.

Главное требование к обследуемым участкам: они должны иметь ненарушенный снежный покров, причем глубина снега должна “вписываться” в обычные для данного района параметры. Часто местами отбора проб являются площадки среди деревьев или кустов, где снег предохраняется от развеивания и в то же время эти площадки открыты для свободного осадения снега. Ошибочные результаты скорее всего будут получены, если площадки находятся под густыми кронами деревьев, особенно темнохвойных, в дворах-колодцах, под нависающими козырьками крыш, на лыжне, рядом с дорогами. Надо постоянно задавать себе вопрос: “Будет ли являться выбранный участок представительным (типичным) для обследуемого района?”

Далее, еще до получения конкретных результатов, весьма полезно представить общую картину распределения антропогенного загрязнения в пространстве. Тогда выбор участков не будет случайным. Поясним это на конкретном примере. Допустим, рядом с Вашим домом находится завод или комбинат с дымящими трубами. Попадет ли дом в зону максимального загрязнения? Специалисты эмпирически нашли определенные зависимости между высотой труб и локализацией максимальных концентраций в приземном слое атмосферы. Так, если дымовые трубы невысокие (10 - 15 метров), то максимальные концентрации отмечаются в непосредственной близости от предприятия. При высоких дымовых трубах максимальные концентрации создаются уже на расстоянии 10 - 14 h от источника загрязнения, где h - высота трубы. Сведения о высоте труб обязательно есть на предприятиях, однако можно выполнить простые расчеты и самостоятельно, если знать длину тени от трубы и длину тени от предмета известной высоты (решается с помощью пропорции). Затем внутри зоны максимального загрязнения надо выбрать участки для обследования через определенное расстояние (“шаг”). За пределами указанной зоны “шаг” увеличивается: он тем больше, чем дальше участок находится от объекта изучения. Все намеченные участки наносят на карту, план или схематичный чертеж.

В разных направлениях от объекта обычно обследуется разное количество участков. Зависит это от многих причин. В качестве рекомендации мы предлагаем воспользоваться “антирозой ветров”. В литературе не встречается этот термин, хотя он как никакой другой точно отражает вкладываемый в него смысл. Строится “антироза” на основании данных о повторяемости ветров,

графическим выражением которой и является роза ветров, т.е. сначала нужно построить векторы по восьми румбам, а затем придать им противоположное направление; концы векторов соединяются (см. рис. 2).

Рис. 2. Построение “антирозы ветров” по данным метеостанции “Свердловск-город” (вверху – розы ветров в январе и июле, внизу – “антирозы ветров” в те же месяцы)

Обязательно надо учесть внутригодовые различия направлений ветров, для решения поставленных целей данные по повторяемости ветров за зимние месяцы осредняются, таким образом получается “антироза ветров за зимний период” (“зимняя антироза ветров”). Необходимые данные можно получить на метеостанции.

Советуем “антирозу” вычерчивать на кальке или иной прозрачной основе. Тогда при наложении ее на карту или схему сразу будет четко прослеживаться пространственное распределение атмосферных загрязнителей. Если изучается крупный источник загрязнения атмосферного воздуха, то логичнее взять для “антирозы” достаточно мелкий масштаб: тогда “антироза” захватит большой район; и наоборот. Здесь мы подходим к следующему важному вопросу: “Насколько далеко прослеживается влияние города?” Ответить на этот вопрос необходимо и для того, чтобы заранее выбрать фоновые участки. Понятие “фон” мы уже определяли в первой практической работе, это точка отсчета, с ней и сравнивают полученные в загрязненных районах результаты. Полезно учесть имеющуюся информацию по Ленинграду. В городе средняя минерализация атмосферных осадков за год составляет 45 мг/л, в 10-15 км уменьшается в 2,5 раза, и только на расстоянии около 100-150 км она уменьшается до 10 мг/л (Баландин, Бондарев, 1988). Следовательно, второй по величине город России загрязняет окружающую среду ориентировочно на 100 -

150 км. Приведем также другой факт: облачно-дымовые шлейфы от труб промышленных предприятий прослеживаются на протяжении 100-200 км, ширина их – от 10 до 40 км (Мазуров, 1991).

Результаты, в целом сопоставимые с приведенными данными, получены с помощью искусственных спутников Земли “Метеор-Природа”. Граница пятен загрязнения городов может находиться в 26-59 км от центра города в зависимости от численности населения и плотности застройки (см. табл. 1).

Характерной чертой техногенеза 20 века является то, что часто отдельные ореолы вокруг городов и поселков могут сливаться, образуя огромные пятна загрязнения. Так, в Центральном экономическом районе обнаружено пятно площадью около 180 тыс. км² (Прохоров, 1993).

Если исследуется влияние крупного предприятия типа комбината, для которого характерна сложная технология и множественные источники выбросов в атмосферу, то предварительно выделяются отдельные объекты внутри комбината. К примеру, на металлургическом комбинате можно выделить доменный и мартеновский цехи, коксовые батареи и агломерационную фабрику.

Таблица 1

Площади застройки, ореолы загрязнения и удаленность их от края городских центров

Население, тыс. чел.	Средняя площадь застройки, км ²	Наибольшая удаленность края ореола от городского центра, км	Наименьшая удаленность края ореола от городского центра, км
Более 1000	179	59	13
999-500	74	44	12
499-100	34	33	10
99-50	22	26	2

Примечание. Источник: Прохоров Б.Б. Жизнь среда горожан / Природа, 1993, №3, с. 45.

Чаще всего снегогеохимические исследования выполняются во второй половине зимы. Объяснение простое: чем больше время экспозиции естественного планшета, каким и является снежный покров, тем будут более достоверными результаты. По возможности, отбор правильнее всего выполнить в короткий период, предшествующий началу интенсивного снеготаяния. Обязательно нужно помнить, что во время полевых работ средние дневные температуры должны быть отрицательными.

Сама техника снегоотбора следующая. Пробоотборник вдавливаются вертикально вниз до земли, если есть наст, то он разрушается вращательными движениями. Снег с одной стороны пробоотборника отбрасывается ло-

паткой, затем отборник немного, на один-два сантиметра, приподнимается и под него вставляется та же лопатка. Полученный керн снега помещается в полиэтиленовый пакет, в него же – еще два или больше кернов, отобранных на исследуемой площадке размером примерно 10 x 10 метров. Количество кернов зависит от ряда причин: толщины снежного покрова, плотности снега, размеров пробоотборника: все это и определяет массу одного керна. Наш опыт показывает, что при площади поперечного сечения отборника, равной 100 см², оптимальное количество кернов составляет три единицы. Чем больше кернов в одной средней пробе (при небольшой площади пробоотборника), тем больше достоверность результатов при прочих равных условиях, однако резко увеличивается трудоемкость операции.

Сразу в пакет кладется этикетка с номером образца, пакет завязывается (или, что намного удобнее, используются заранее заготовленные резинки: не забывайте, все это делается при минусовых температурах). В полевом дневнике отмечаются: номер образца, дата, количество кернов, описание площадки, а также делается схематическая зарисовка, абрис, т.е. плановая привязка к известным объектам. Последнее нередко помогает при интерпретации уже полученных результатов. При этом полезно помнить правило: запись должна быть такой, чтобы в ней разобрался не только автор.

Методически правильный пробоотбор – отнюдь не простое дело, здесь много нюансов. Надо себя постоянно контролировать, каждое действие должно быть обоснованным.

Аналитическая обработка проб снега – очень ответственный этап работы, от которого во многом зависит объективность полученной информации. Здесь нет мелочей, поэтому работу надо выполнять скрупулезно. Пробы удобнее обрабатывать в лаборатории, однако пригодны и другие помещения, например, кухня. В любом случае помещение не должно быть задымленным или пыльным.

Собственно обработка проб заключается в следующем. Пробы переносятся в банки или другие емкости, при этом пинцетом выбираются растительные остатки. Фильтр предварительно взвешивается на аналитических весах. Рекомендуется перед взвешиванием фильтр свернуть (см. рис. 3) и на его верхнем крае пастой подписать номер пробы, а в аналитической тетради в таблице и вес. Взвешенный фильтр закладывается в воронку (см. рис. 3), при этом фильтр должен плотно прилегать к ее стенкам, воронка вставляется в банку или бутылку таким образом, чтобы оставался зазор между воронкой и горловиной сосуда: через него будет выходить воздух по мере наполнения сосуда водой. Замечено, что без зазора фильтрование сильно затянется или даже совсем прекратится. Исследователи, обладающие технической жилкой, наверняка смогут ускорить весьма длительный процесс фильтрации. Например, сотрудники института экологии применяли следующую методику. В тефлоновых цилиндрах с плотно закручивающимися крышками создавалось повышенное давление (использовался обычный автомобильный насос), и талая вода быстро просачивалась через лавсановые фильтры и далее через отверстия.

Рис. 3. Подготовка фильтра к работе

Выполнение операции фильтрования следует проводить по мере таяния пробы снега, т.к. при хранении талой воды даже в течение нескольких часов на стенках сосуда, у поверхности талой воды, может образоваться жирная сажистая пленка углеводородных соединений. Эта пленка захватывает часть взвешенных в воде мелких твердых частиц и, соответственно, искажает истинные величины содержания в пробе ингредиентов. Необходимо следить также за тем, чтобы фильтр был заполнен водой не более чем на 3/4: заполнение фильтра водой до краев или, тем более, ее перелив, недопустимы. При сливе воды ком снега надо придерживать ложкой, иначе снежная масса повредит фильтр (заметим, что намокший фильтр очень непрочный, поэтому не рекомендуется даже касаться его руками). Самая ответственная часть фильтрования – выведение остатков осадка твердых частиц из емкости на фильтр. Делается это после того, как вся вода пробы профильтрована. Для вывода осадка на фильтр емкость, где находился снег, ополаскивают небольшой порцией фильтрата (10-15 мл), слегка взбалтывают у дна, не размазывая осадок по стенкам, и резким движением переводят раствор на фильтр. Здесь нужен определенный навык, чтобы “не промахнуться” и не было “всплеска”. Этот прием повторяют неоднократно до полного выведения частиц из емкости. Чистота смыва осадка контролируется просмотром банок на свет. Перевод осадка на фильтр производится только фильтратом.

По окончании фильтрования измеряется объем фильтрата и сразу определяется рН с помощью универсальной индикаторной бумаги. После опускания полоски бумаги ее быстро извлекают и сравнивают с прилагаемой к набору цветовой шкалой.

Затем фильтр с осадком просушивается: фильтр оставляется в воронке, вставленной в пустую бутылку на необходимое время. Сверху воронка закрывается полотенцем или листом бумаги. Высушенный фильтр извлекается из воронки пинцетом, осторожно складывается и взвешивается, вес записы-

вается в аналитической тетради. Загнутые концы фильтра закрепляются скрепкой через полоску кальки или полиэтилена, удобно использовать и степлер. Фильтр вкладывается в конверт или полиэтиленовый пакетик с этикеткой. Если есть уверенность в том, что работа выполнена методически правильно, то целесообразно фильтры сохранить: впоследствии может появиться возможность определить вещественный состав пыли, а такие данные очень важны для целей мониторинга чистоты атмосферы. В таком случае полиэтиленовый пакетик необходимо запаять. Заметим, что некоторые ученые часть образцов пыли не анализируют, а специально оставляют “в наследство” нашим потомкам: им, возможно, будет интересно узнать состав примесей атмосферы второй половины XX века, тем более что они смогут “взять” больше информации из имеющихся образцов.

В фильтрате определяется сумма растворимых веществ (синонимы: “минерализация”, “сухой” или “плотный” остаток) - величина, характеризующая количество растворенных веществ в известном объеме воды, обычно в литре. Если есть основания предположить, что солей в воде очень много, то берут небольшой объем воды (например, 0,2 л), если наоборот - то, соответственно, анализируемый объем увеличивается (в некоторых случаях до пяти литров). Для начинающего исследователя, которому трудно сделать такую прикидку, посоветуем взять один литр пробы, а затем, уже после получения первого результата, при необходимости ввести корректировку. В любом случае объем исследуемой пробы должен быть весьма точно определен (с точностью до 5 мл) и перенесен во взвешенный стакан или чашку для выпаривания. Затем воду полностью выпаривают на водяной бане и стакан (чашку) с остатком переносят в термостат, где плотный остаток сушится при температуре 105° в течение двух-четырех часов. После охлаждения в эксикаторе стакан взвешивается. В итоге рассчитывается вес сухого остатка в одном литре воды. Например, в 800 мл воды определили 40 мг растворенных солей, значит, сухой остаток равен 50 мг/ л. Для исключения ошибок в расчетах советуем составлять пропорцию:

$$\begin{array}{l} 0,8 \text{ л} - 40 \text{ мг} \\ 1,0 \text{ л} - \quad x \text{ мг} \end{array}$$

Закончив аналитическую работу и выполнив указанные расчеты, можно приступить к расчетам величин атмосферных выпадений пыли и растворимых веществ. Рассмотрим конкретный пример. Исходные данные: площадь пробоотборника равна 100 см², отобрано три керна снега, общий вес пыли в снеге составил 693 мг, анализируемый снег лежал 5,5 месяцев (отсчет ведется со срока установления устойчивого снежного покрова, который регистрируется на метеостанциях). Расчет: на 100 см² площади выпало 231 мг пыли, соответственно на 1 га – 231 кг. За один месяц атмосферные выпадения составили 42 кг/га (231 : 5,5), за один день – 1,4 кг/га. Для получения ориентировочных величин допускается результат экстраполировать на целый год (42 кг/га x 12 мес. = 504 кг/га x год).

Аналогично рассчитывается величина выпадений растворимых солей. Если площадь пробоотборника равна 100 см^2 , то пересчеты на площадь 1 га делать очень просто: мг веса заменяются на кг/га.

Для правильной интерпретации результатов определения кислотности (рН) талых снеговых вод нужно иметь начальные представления об этой величине¹. Итак, первое замечание: рН - показатель концентрации водородных ионов, конкретно – это отрицательный логарифм концентрации иона водорода в воде (растворе). Нейтральное значение рН = 7, соответственно $(\text{H}^+) = (\text{OH}^-)$. Чем более значительна концентрация водородного иона, тем более кислые воды и тем меньше абсолютное значение рН (например, рН питьевого уксуса равен 3,1, желудочного сока – 1,7, электролита аккумуляторной батареи – 1). И наоборот: рН больше 7 свидетельствует о щелочной реакции среды (например, рН крови человека равен 7,3, морской воды – 8,3, аммиака – 11,8). Второе замечание. Углекислый газ – химическое соединение природного происхождения, наиболее существенно влияющее на рН. CO_2 растворяется в воде атмосферных осадков, при этом устанавливается значение рН, равное 5,65 (при $t^\circ = 20^\circ$). Именно это значение является равновесной точкой для осадков, когда $(\text{H}^+) = (\text{HCO}_3^-)$, в отличие от нейтральной точки, когда рН = 7,0. Опытным путем установлено, что в наиболее чистых осадках, при минерализации от 10 до 20 мг/л, отмечается равновесное значение рН, соответствующее естественному состоянию атмосферы. Указанное равновесное значение рН довольно устойчиво, и наблюдаемые изменения CO_2 в атмосфере на нем мало отражаются (Лавриненко, 1971).

Растворение техногенных твердых, газообразных и жидких веществ, а также соединений природного происхождения в атмосферных осадках во многом определяется величиной рН, и сама величина рН в результате этого процесса может изменяться. Если рН атмосферных осадков меньше 5,65, то это свидетельствует о закислении осадков, значения рН больше 5,65 – о подщелачивании их. Значит, если в воздухе больше кислых примесей, чем щелочных, то и осадки будут кислыми, если больше щелочных – осадки щелочные.

Когда подкисляются осадки? Чаще всего тогда, когда в воздухе наблюдаются повышенные содержания оксидов серы и азота, т.к. в атмосфере образуются аэрозоли серной и азотной кислоты. О кислотных (кислых) осадках написано очень много, и это закономерно: слишком велико их негативное влияние на природу. Здесь мы лишь заметим, что они характерны для районов, в которых в значительных масштабах сжигается ископаемое топливо, выплавляются цветные и черные металлы, осуществляется переработка нефти и производство серной кислоты. В крупных городах большой вклад в подкисление осадков вносит автотранспорт: при его работе в воздух выбрасываются оксиды азота.

Каковы пределы подкисления осадков? В литературе нередко можно встретить разные данные рН со словами “самые кислые”. И все же, рекорд-

¹ Различные аспекты проблемы кислотности природных объектов рассмотрены в нашей брошюре: Мельчаков Ю.Л. Эколого-химический словарь-справочник / Урал. гос. пед. ун-т. Екатеринбург, 1997.

ное значение рН дождя, насколько нам известно, равно 2,4, зарегистрировано оно в США (Rao, 1984). Для сравнения заметим, что кислота в автомобильном аккумуляторе имеет значение рН, равное 1.

Если в Ваших пробах определены значения рН, близкие к 5,65, то это может ввести в заблуждение и вывод о чистоте осадков окажется преждевременным. Причина кажущегося парадокса в том, что атмосферные осадки вымывают и кислые, и щелочные примеси, и при условии их соизмеримых количеств в осадках происходит нейтрализация, следовательно, значения рН будут в диапазоне от 5,3 до 5,9. Однако чаще всего какая-то из примесей преобладает. Например, вблизи Уфалейского никелевого комбината (УНК) на Среднем Урале мы определили среднее значение рН снеговых вод, равное 6,38, т.е. четко выражено подщелачивающее влияние УНК. Не сразу удалось объяснить, почему вблизи источника выбросов в атмосферу сернистого газа нет не только кислотных осадков, но и даже нейтральных. “Виновата” оказалась пыль, по составу щелочная (а это мы узнали, добавив ее к дистиллированной воде), которая не только нейтрализовала действие серной кислоты, но и подщелачивала осадки.

Приведем другие результаты наших исследований на Среднем Урале, которые, надеемся, помогут начинающим исследователям в интерпретации собственных изысканий. На условно фоновых участках рН изменялся от 4,80 до 6,04, причем средние значения составили 5,01-5,10 соответственно в марте и декабре. Там же минерализация снеговых вод составила от 20 до 40 мг/л, в загрязненном районе от 60 до 70 мг/л. Особенно впечатляют величины атмосферных выпадений пыли за зимний период в зоны умеренного и сильного воздействия УНК – от 1400 кг/га до 66 кг/га соответственно в пяти километрах и ста метрах от комбината. Только за один зимний период непосредственно у комбината выпало почти 7 кг/м² пыли. Другой пример. На оживленном пр. Космонавтов г.Екатеринбурга студентами педуниверситета определен соответствующий показатель, равный 900 кг/га и даже более 1 т/га, что приближается к характеристике зоны сильного воздействия комбината.

Реально масштабы загрязнения еще выше: нами “учтена” пыль размером крупнее 1-2,5 мкм (именно такой размер пор у фильтра “синяя лента”), а более мелкие пылинки “проскочили” через фильтр.

Третья практическая работа – оценка чистоты атмосферы

Цели: оценить запыленность приземных слоев атмосферы, кислотность дождей, определить величину поступления солей на земную поверхность за весь теплый период или отдельный месяц.

Оборудование: литровые пакеты из-под молока; фильтры “синяя лента” или другие с более крупными порами; полиэтиленовые пакетики или конверты для фильтров; стеклянные двух или трехлитровые банки; полиэтиленовые воронки; мерный цилиндр или иная емкость; аналитические весы;

стакан или чашка для выпаривания; термостат; эксикатор. Также потребуется дистиллированная вода, минимум три литра.

Необходимость летних исследований объясняется тем, что атмосфера зимой и летом (точнее, в холодный и теплый периоды года) загрязнена существенно по-разному. Действительно, зимой на полную мощность работают тепловые электростанции и котельные, с другой стороны, летом значительные площади “пылят” (это терриконы, свалки, дороги). Зимой снег и снежный покров очищают воздух и от пыли, и от газов, летом аналогичную роль выполняют листопадные деревья, а также кустарники и травы. Таким образом, экстраполировать зимние результаты на весь год не совсем верно.

Для реализации поставленных целей необходимы ловушки, которые захватывают и твердые, и жидкие выпадения. Самыми удобными являются литровые молочные пакеты, заполненные дистиллированной водой. Предварительно пакеты проверяются на водонепроницаемость, для подстраховки в каждый пакет можно вставить специально сделанные пакеты-вкладыши.

На каждый обследуемый участок устанавливаются по четыре скрепленных между собой канцелярскими скрепками пакета, в них наливается дистиллированная вода примерно на $3/4$ объема, затем пакеты закрепляются подручными средствами, например, камнями. Для снижения загрязнения проб от земли, на которой находятся пакеты, рекомендуется их устанавливать на некоторой высоте (от полуметра и выше).

Время экспозиции описанных ловушек может быть разным. Но, очевидно, что чем больше экспозиция, тем объективнее результаты. По мере испарения содержимого пакета нужно доливать дистиллированную воду. Затем вода с атмосферными “добавками” анализируется также, как и снеговая (см. вторую практическую работу). Единственное различие – нельзя определить кислотность атмосферных осадков, т.к. они перемешаны с дистиллированной водой. При необходимости анализируют дождевую воду, которую собирают в любые подходящие емкости.

Третий метод – визуальные наблюдения за снежным покровом

Выше были рассмотрены некоторые инструментальные методы контроля химического загрязнения атмосферы. Однако, объективную информацию получают также и с помощью визуальных наблюдений. В частности, накоплен обширный материал по загрязнению многих регионов по наблюдениям из космоса. Но узколокальные наблюдения, которые в контексте данной брошюры наиболее важны, возможны и без сложного оборудования.

Четвертая практическая работа – оценка чистоты атмосферы

Цель: дать оценку запыленности приземных слоев атмосферы.

Оборудование: саперная или детская снеговая лопатки.

Возможны два варианта визуальных наблюдений. Первый – наблюдения разрезов снежного покрова. Саперной лопаткой выкапывается в снегу

шурф (яма), по возможности с отвесной стенкой и затем внимательно рассматриваются слои снежного покрова. Он в условиях запыленной атмосферы напоминает слоеный пирог, причем обычно темные слои тоньше светлых. Причина “слоености” простая: во время обильных снегопадов накапливается слой внешне чистого снега без инородных включений, который сверху перекрывается загрязненным слоем, соответствующим периоду без осадков. В условиях запыленной атмосферы “слоеность” будет четкой, а в условно чистых районах – малозаметной или вообще незаметной.

Второй вариант - наблюдения за динамикой схода снежного покрова. Необходимые условия для проведения исследования: слабопересеченный рельеф и небольшая лесистость района обследования. Обоснование метода простое: чем выше запыленность атмосферы, тем больше пыли в снежном покрове, тем меньше отражательная способность снега и, следовательно, он быстрее растает. Каждый наверняка наблюдал в конце зимы на дорогах и около них более быстрый сход снежного покрова, но там определяющее влияние оказывают антигололетные вещества. Как пример оценки влияния производства на запыленность атмосферы приведем результаты наших наблюдений в степном Зауралье, в районе Южно-Уральского никелевого комбината (г. Орск Оренбургской области). В конце марта 1989 года в заснеженной степи, при приближении к комбинату (в трех-четыре километра от него), появились первые проталины, а еще через 0,5-1 км снежный покров почти полностью сошел. Таким образом, довольно резко выделилась двух-трехкилометровая зона вокруг комбината. В черте же города сплошного схода снежного покрова не наблюдалось, что обусловлено различной инсоляцией. Следовательно, используя данную методику, можно в короткий промежуток времени (но обязательно в сходных физико-географических условиях!) обследовать на предмет загрязнения пылью окрестности нескольких промышленных предприятий.

Четвертый метод – биоиндикация

Выше были рассмотрены методы, применение которых оправданно как на Земле, так и на любой безжизненной планете: эти методы не учитывают реакцию живых организмов на загрязнение среды. И здесь открывается широкое поле деятельности для исследователей. Действительно, описанные ранее методы контроля обеспечивают надежную идентификацию и количественное определение вредных веществ в окружающей среде, но не позволяют оценивать суммарное действие этих веществ на живой организм. Методы биоиндикации, напротив, обеспечивают возможность оценивать влияние токсикантов на организмы в зависимости от дозы и, что очень важно, от времени.

Биоиндикацию принято делить на специфическую и неспецифическую. Специфическая биоиндикация предполагает однозначную связь между реакцией организма и конкретным загрязнителем. Так, шпинат реагирует на озон и окислы азота, а люцерна и табак чувствительны к озону. Однако специфическая биоиндикация имеет очень существенный недостаток: подобрать био-

логический тест к каждому из тысяч соединений, присутствующих в окружающей среде, практически невозможно. Поэтому более перспективно использовать неспецифические реакции организма.

Биоиндикаторами служат растения и животные, причем с первыми легче работать. Конечно, не все растения можно использовать в указанных целях. Необходимо, чтобы соблюдались по крайней мере два требования: наименьшая изменчивость и наибольшая чувствительность к изменениям уровня загрязнения.

Указанным требованиям отвечают лишайники. Как известно, это низшие растения-симбионты, представляющие собой совместно существующие гриб и водоросль. Лишайники, особенно их отдельные виды, можно сравнить с очень чувствительными приборами, с той лишь разницей, что если обычный прибор «зашкаливает», то его аналог – лишайник – погибает.

Из всех компонентов загрязнения воздуха самое отрицательное влияние на лишайники оказывает двуоксид серы. При этом другие ингредиенты: оксиды азота и углерода, соединения фтора – пагубны в меньшей степени.

Имеются сведения, что некоторые виды лишайников выпадают из экосистемы при повышении концентрации сернистого газа в атмосферном воздухе до 0,01-0,02 мг/куб. м, т.е. в околофоновом диапазоне. Если мы сравним со среднесуточной ПДК сернистого газа (0,05 мг/куб.м), то можно допустить, что в диапазоне концентраций 0,02 – 0,05 здоровье человека не пострадает (если уповать на объективность ПДК), а лишайники погибнут¹. Доказано вредное действие сернистого газа на многие виды лишайников при условии превышения уровня этого газа 0,08 – 0,10 мг/куб. м, а концентрация 0,5 мг/куб.м губительна для всех без исключения видов лишайников.

Итак, при определенных концентрациях сернистого газа лишайники погибают и образуются «лишайниковые пустыни». По мере удаления от источника загрязнения начинают появляться наиболее устойчивые к загрязнению так называемые накипные лишайники (их название весьма удачно: они подобно накипи плотно прилегают к стволам деревьев и особенно к камням), затем появляются листоватые и, в последнюю очередь, кустистые лишайники.¹

Нетрудно заключить, что отсутствие лишайников и степень их разнообразия позволяют судить об уровне загрязнения воздуха. Вначале «зоны лишайников» были выделены шведскими учеными в Стокгольме. Затем подобные исследования активно проводились во многих странах, в том числе и у нас – во всех биосферных заповедниках, Саяно-Шушенском и Кроноцком заповедниках, на Урале и особенно Эстонии (наверное, там «плотность» исследований на единицу площади была наибольшей). Сформировалось целое направление в науке, получившее название «лихеноиндикация» (в переводе с латинского лишай – лишайник).

¹ В этой связи вспоминается дискуссия на защите диссертации эстонки С.Лийв, когда известный ученый проф. П.Л.Горчаковский по этому поводу заметил, что лишайники погибают, а люди все-таки живут. На это соискательница ответила: «Это большая радость, что люди живут».

¹ Мы должны быть благодарны ботаникам за то, что они придумали столь удачные названия: даже далекий от ботанической науки человек без особого труда различит эти группировки.

Важным достоинством метода является то, что он позволяет получить среднюю многолетнюю картину пространственного распределения загрязнений, в отличие от большинства инструментальных методов². Так, анализ пробы воздуха даст оценку качества воздуха в данный момент (своеобразный моментальный снимок), липкие планшеты или фильтроткань – в лучшем случае, за недели, анализ снеговой пробы – за период обычно менее полугода.

Мы понимаем, что возможности использования лишеноиндикации начинающими исследователями ограничены: главная трудность заключается в определении вида лишайника. С учетом этого и разработана предложенная ниже практическая работа.

В перспективе, видимо, будут широко изучаться высшие грибы в качестве индикаторов техногенного воздействия на окружающую среду. Наличие или отсутствие определенных видов грибов свидетельствует об экологической обстановке района. Однако этот вопрос менее изучен, чем реакции лишайников на загрязнение среды. При этом важные положения нового направления в биологической науке уже четко сформулированы и не подлежат сомнению. Так, состав почвы влияет на химический состав грибов даже в большей степени, чем на зеленые растения. Один и тот же вид гриба в зависимости от субстрата, на котором он развивается, условий питания может быть ядовитым или съедобным. Грибы характеризуются избирательной способностью к накоплению химических элементов, в том числе и опасных для здоровья человека (Добротина, Юлова, 1993). Мы убеждены, что каждый нормальный человек должен взять за правило не собирать грибы в условиях значительного загрязнения окружающей среды (особенно атмосферы: атмосферное загрязнение часто является первичным и доминирующим), а это обычно окрестности большинства предприятий, города (в том числе и небольшие) и их окрестности, а также автодороги с интенсивным движением. К сожалению, это правило очень часто нарушается. К примеру, в непосредственной близости от Уральского алюминиевого завода и Красногорской ТЭЦ (мощнейшее двойное загрязнение!) нам неоднократно встречались грибники. Самое печальное заключается в том, что это могут быть не только малообразованные и бескультурные люди. Например, специалисты-изыскатели, с которыми мне довелось работать в Мурманской области, с увлечением собирали грибы в 20 км от мощнейшего загрязнителя природы – комбината «Североникель».

Пятая практическая работа – оценка чистоты атмосферы

Цель: оценить загазованность приземных слоев атмосферы.

По карте, картосхеме или плану проложите маршруты таким образом, чтобы они пересекали предположительно выделенные зоны сильного, уме-

² Здесь необходимо сделать оговорку. Анализ ледниковых кернов (колонок), торфяных залежей позволяет также получить аналогичные характеристики.

ренного и слабого загрязнения атмосферы и наметьте точки обследования. При этом воспользуйтесь указаниями, приведенными во второй практической работе.

Затем можно приступить к непосредственному выполнению задания. Оно заключается во внимательном обследовании камней, живых и мертвых деревьев на предмет наличия на них лишайников. Удобно на схеме отмечать локализацию участка номером, а в полевом дневнике делать описания. Указывается наличие накипных, листоватых или кустистых лишайников, их обилие. При этом можно использовать градации: «лишайники отсутствуют», лишайники встречаются «очень редко», «редко», «довольно часто», «часто» или пятибальную шкалу, в которой «часто» соответствует пяти баллам. Описания целесообразно делать как можно полнее: отмечать вид субстрата, размеры, цвет лишайников, прилагать к описаниям зарисовки и фотографии. Желательно определять видовое название лишайников: в этом случае научная ценность полученных результатов резко возрастет.

Результаты наблюдений наносятся на картосхему условными знаками. Например, разными значками можно показать наличие накипных, листоватых и кустистых лишайников, а цифрами – их обилие. На основании этих данных и делаются выводы о загазованности атмосферы. Так, на большей части города лишайников может не быть вообще – значит, «лишайниковой пустыне» соответствует очень сильная загазованность атмосферы. Наличие только накипных лишайников укажет на сильное загрязнение, появление листоватых лишайников докажет уменьшение степени загазованности атмосферы. Если часто встречаются кустистые лишайники и к тому же по их внешнему виду заметно, что они хорошо себя чувствуют, значит, атмосфера не загазована.

Еще раз подчеркнем, что лишайники – индикаторы загазованности атмосферы. Поэтому появление в последние десятилетия большого числа новых, часто опасных химических соединений в окружающей среде может и не вызвать ответной реакции лишайников¹. Однако в большинстве случаев в городах идет параллельное загрязнение атмосферы и газами, и другими вредными веществами.

Шестая практическая работа – оценка чистоты атмосферы (по Корнер и др., 1991).

Цель: оценить загазованность приземных слоев атмосферы.

Оборудование: рейка длиной 2 м, размеченная через 10 см; линейка длиной 50 см; 5 конвертов на каждый участок обследования.

В качестве биоиндикатора используется состояние (внешний вид) хвои сосен. Данная работа также не предполагает наличия каких-либо серьезных

¹ Например, студенты географо-биологического факультета Уральского педуниверситета сравнительно недавно обнаружили наличие лишайников совсем недалеко от центра г. Каменска-Уральского – крупного загрязителя среды на Среднем Урале, т.е. там, где их не должно быть вообще.

ботанических познаний, ее смогут выполнить даже школьники среднего звена, а с определенными оговорками – и младшеклассники.

По карте, картосхеме или плану наметьте участки обследования так, чтобы они оказались удаленными друг от друга на расстоянии 1,5-3 км в сильно загрязненных местах (вблизи от населенных пунктов, промышленных предприятий, автомагистралей и пр.) и 10-15 км в районах, слабо затронутых деятельностью человека. Планируйте работу так, чтобы все обследование намеченной территории провести за 2-5 дней.

В районе намеченного участка найдите участок леса, где растут молодые сосенки; их легко отличить от ели: у сосны иголки прикреплены по две вместе, а у ели – по одной. Для участка нужно оценить степень вытоптанности: 1 – вытаптывания нет, 2 – вытоптаны тропы, 3 – осталось только немного травы вокруг деревьев, 4 – ни травы, ни кустарничков нет. При высокой вытоптанности территории (3-4) экспресс-оценка воздушного загрязнения невозможна, и нужно более подробное исследование.

Выберите пять молодых деревьев доступной для Вас высоты (1-1,5 м). Это обычно 8-15-летние сосенки с 8-15 мутовками боковых побегов на главном стволе: в год образуется одна мутовка. Деревца, на которых Вы будете проводить наблюдения (измерения), должны отстоять друг от друга на 10-20 м (можно и дальше). Хорошо, если они будут разной высоты (возраста).

У каждого деревца внимательно рассмотрите верхушечную часть стволика, найдите участок центрального побега предыдущего (второго сверху) года (см. рис. 4). Все хвоинки на этом участке тщательно осмотрите для определения класса повреждения и усыхания (см. рис. 5). Учтите, что шипик на конце хвоинки всегда более светлый, поэтому его окраска не включается в оценку.

По частям стволика в верхушечной части за последние годы нужно оценить, сколько лет на нем сохраняется хвоя (максимальный возраст хвои) – см. рис. 6. Каждая мутовка, считая сверху – это год жизни. Если на самом нижнем из охвоенных участков часть хвоинок опала, нужно оценить примерную долю сохранившихся (1/5 - 1/3 - ...).

Рис. 4. Схема строения верхушки молодой сосны к осени 1998 г.
Цифрами указан год прироста. Хвоинки удалены

Рис. 5. Класс повреждения хвои (I – хвоинки без пятен; II – хвоинки с небольшим числом мелких пятнышек; III – хвоинки с большим числом черных и желтых пятен, некоторые из них крупные, во всю ширину хвоинки) и класс усыхания (1 – нет сухих участков, 2 – усох кончик 2 – 5 мм, 3 – усохла треть хвоинки, 4 – вся хвоинка желтая или более половины ее длины – сухая)

Рис. 6. Схема определения продолжительности жизни хвои сосны. Цифрами указан возраст в годах. Дробь вычисляется примерным соотношением числа еще сидящих хвоинок и их исходного числа на данном годичном приросте

Тогда полный возраст хвои будет определяться числом участков ствола с полностью сохраненной хвоей плюс доля сохраненной хвои на следующем за ними (см. рис. 6: например, $3 + 1/2 = 3.5$ года: верхушечная часть и два участка между мутовками с полностью сохранившейся хвоей и на следующем участке – половина хвои).

Используя полученные оценки, можно получить значение класса загрязнения воздуха по следующей таблице (см. табл. 2), где римскими цифрами обозначены: I – идеально чистый воздух, II – чистый, III – относительно чистый (“норма”), IV – загрязненный (“тревога”), V – грязный (“опасно”),

VI – очень грязный (“вредно”), “ – “ – невозможные сочетания. В местах, где заметно влияние промзоны или автомагистрали, обычно воздух загрязненный (IV класса). Зоны с непосредственным влиянием промышленного загрязнения – V или VI класс. Идеально чистый воздух (I) – в лесных районах, удаленных от промцентров и дорог.

Пример использования таблицы. Допустим, что хвоя держится на дереве два года, имеет класс повреждения “2” (несколько мелких пятен), значит, можно считать, что воздух в этой местности относительно чистый (III класс). Обычно это соответствует воздуху рекреационных пригородных зон, крупных парков города. Если определяется I класс, то воздух считается идеально чистым, что соответствует таежным районам, удаленным от промышленных центров.

Таблица 2

Экспресс-оценки загрязнения воздуха

Максимальный возраст хвои	1-й класс повреждения	2-й класс повреждения	3-й класс повреждения	4-й класс повреждения
4	I	I-II	III	III-IV
3	I	II	III-IV	III-IV
2	II	III	IV	IV
2	-	IV	IV-V	IV-V
1	-	IV	V-VI	V-VI
1	-	-	VI	VI

Если все деревья на участке высокие - не нужно стараться их наклонить (можно сломать, что недопустимо). Те же наблюдения можно сделать, используя один из боковых побегов на четвертой сверху мутовке.

Правильность определения класса загрязнения проверяется по лишайникам (см. пятую практическую работу).

Для более подробной биоиндикации воздушного загрязнения выполняется следующая работа. У каждого деревца нужно измерить высоту – при помощи рейки и линейки от земли до кончика верхушки (с точностью до 1 см) длину 4-х верхних участков ствола, за последние 4 года прироста (каждый год отдельно), начиная сверху (см. рис. 4 – схема строения). На каждом участке в средней его части выбрать самую большую пару хвоинок, оторвать и измерить длину (по одной из них). Хвоинки тщательно осмотреть для определения класса повреждения и усыхания (рис. 5). По результатам осмотра соответствующего участка побега оценить класс опада хвои:

- 1 – вся хвоя держится на побеге,
- 2 – меньше 1/2 хвои осыпалось (остались рубцы от опавших хвоинок),
- 3 – примерно 1/2 хвои осыпалось,
- 4 – остались единичные хвоинки,
- 5 – осыпалась вся хвоя.

После измерений все 4 пары хвоинок по одной паре с каждого сегмента складывают в конверт, на котором надписывают номер участка и дерева. Все результаты измерений записывают в анкету. В ней же указывается максимальный возраст хвои на дереве, а также длины четырех побегов (выбрав на деревце боковую ветвь из четвертой мутовки, считая сверху, измерить длины последующих четырех побегов).

В анкете нужно указать также район, область, ближайший населенный пункт и расстояние до него, номер точки обследования. К анкете прилагается картосхема с указанными на ней номерами точек обследования.

Заканчивая обзор методов и практических работ по оценке загрязнения воздуха, заметим, что комплексные исследования позволят дать наиболее объективную картину, поэтому рациональнее всего организовать работу целой команды экологов. Тем не менее, много полезной информации сможет получить и исследователь-одиночка.

Рекомендации по снижению вредного воздействия загрязненного атмосферного воздуха на здоровье человека

Приходится констатировать, что реальные возможности улучшения окружающей среды и снижения ее негативного воздействия ограничены в силу объективных причин. Еще раз подчеркнем, что рекомендации относятся не к окружающей среде вообще (это отдельная тема, и она неплохо раскрыта в литературе), а к узколокализованной на уровне человека.

Все знают, что вдыхать загрязненный воздух небезопасно для здоровья. Многие смирились с этим как неизбежным злом нашей технократической цивилизации, кто-то вообще об этом не думает (и других проблем хватает), кто-то надеется, что с оздоровлением экономики начнут решаться и экологические проблемы, а, значит, дышать станет легче. Но складывается впечатление, что наши власти ясно дали понять своему народу, что какие бы проблемы у него (народа) не возникали – это его проблемы. Не нравится дышать грязным воздухом – покупайте жилье за городом, в офисе велика загазованность с улицы – покупайте кондиционер и т.д. А уж если Вам *все* не нравится – пожалуйста, граница открыта, поезжайте, например, в чистую Новую Зеландию или, еще лучше, на Огненную Землю.

Но неужели совсем ничего нельзя сделать? Задайте себе этот вопрос. Все нижеизложенное – попытка доказать, что не надо сидеть сложа руки; лишь размышляя и действуя, можно что-то изменить в плане оздоровления окружающей среды. Для начала познакомьтесь с нашими предложениями.

Итак, начнем с самого простого. Не будем дожидаться, пока местными СМИ будут регулярно и оперативно передаваться предупреждения об опасных с точки зрения условий рассеивания вредных примесей днях недели, а может быть, даже и часах¹. Не надо быть специалистом-метеорологом, чтобы в общих чертах оценить рассеивание техногенных веществ. Известно, что рассеивание в основном зависит от скорости и направления ветра, температурной стратификации и влажности воздуха. В городах, где преобладают низкие холодные выбросы промышленных предприятий, наивысшие концентрации вредных примесей в воздухе наблюдаются при скоростях ветра 0-1 м/с. В районах размещения промышленных предприятий с высокими трубами и горячими выбросами повышенные концентрации отмечаются при скоростях ветра 4-5 м/с.

Далее. Высокий уровень загрязнения отмечается в антициклонах и теплых секторах циклонов преимущественно при слабых скоростях ветров южной четверти. Напомним читателю, что антициклон – это область повышенного давления воздуха, с максимальным давлением в центре, причем в антициклоне господствуют нисходящие движения воздуха, характерна ясная или малооблачная погода без существенных осадков, со слабым ветром или вообще безветренная. Циклон, напротив, – область пониженного атмосферного

¹ В Екатеринбурге по местному телевидению в прогнозе погоды на следующий день это сообщают, но, увы, как мы заметили, часто этот экологический прогноз не сбывается.

давления, с восходящими потоками воздуха. При прохождении молодого циклона увеличиваются облачность, выпадают атмосферные осадки, изменяется температура, понижается давление, усиливается ветер. Однако все изложенное – схема, т.к. циклон – неоднородное образование и при его прохождении отмечаются три типа погоды: погода теплого фронта, внутримассовая и погода холодного фронта. Теплый фронт вызывает образование слоистых и слоисто-дождевых облаков, выпадение осадков обложного характера, усиление ветра. Затем погода “успокаивается”, т.к. в это время над районом проходит теплый сектор циклона и нет взаимодействия контрастных воздушных масс. Именно этот тип погоды неблагоприятен с точки зрения рассеивания вредных примесей. Вслед за теплым сектором циклона устремляется холодный фронт с увеличением облачности, осадков, падением, а затем резким возрастанием давления, что усиливает ветер, причем характер его шквалистый. Знакомая картина, не правда ли? Для большинства людей фронтальная погода – плохая, а внутримассовая – хорошая. Однако с точки зрения экологической ситуации все наоборот.

Следующий фактор, влияющий на загрязнение воздуха, – температурная стратификация, т.е. распределение температуры воздуха в атмосфере по вертикали. С рассматриваемой точки зрения наиболее важны инверсии температуры – чем выше, тем теплее, при них ослабляется беспорядочный обмен масс воздуха и, следовательно, уровень загрязнения возрастает (см. рис. 7 и 8). Как узнать, наблюдается инверсия или нет?

Рис. 7. Обычное распределение температуры воздуха с высотой

Рис. 8. Инверсионное распределение температуры воздуха

Конечно, наиболее надежный способ – это замеры температуры на разных высотах, например, на телевышке или очень высокой трубе, но мы, естественно, не рекомендуем этого делать. По нашему мнению, с учетом некоторых фактов можно достаточно надежно во многих случаях ответить на поставленный вопрос. Так, чаще всего приземные инверсии связаны с выхолаживанием воздуха у земной поверхности и проявляются главным образом зимой, особенно ночью. Они охватывают слой воздуха мощностью обычно десятки метров. Образованию инверсий способствуют понижения рельефа (долины, межгорные котловины), где обычно застаивается охлажденный воздух (см. рис. 9).

Рис. 9. Застаивание воздуха в долине, ведущее к накоплению загрязняющих веществ

Метеорологам давно известен факт образования “купола тепла” – теплый воздух над городом оформляется в виде купола (в крупных городах мира разности температур между их центральными районами и окраинами достигают 4-6 градусов, а в отдельных случаях даже более). Этот купол на высоте 200-300 метров ограничен инверсией температуры – как следствие, увеличивается загрязнение атмосферы. Однако ситуация осложняется тем, что в крупных и особенно крупнейших городах вследствие нагрева воздуха инверсии в холодное время года заметно слабее, чем за городом.

Туман и дымка – часто следствия инверсий. Заметим здесь же, что и сам туман усиливает загрязнение. При этом большая часть примесей переходит в его капли. Растворение в них сернистого газа приводит к образованию аэрозоля серной кислоты. Растворяются в каплях тумана и оксиды азота.

Другие пути образования инверсий, например, адвекция (горизонтальное перемещение) теплых воздушных масс над холодной поверхностью, труднее распознаваемы и потому мы их не рассматриваем.

Кратко остановимся на инверсиях, образование которых связано с опусканием воздуха в антициклонах. Попадая в нижние слои атмосферы, где давление выше, воздух сжимается, и его температура растет. Оседание воздуха обычно не доходит до самой поверхности земли. Вследствие того, что прогретый воздух остается на некоторой высоте, может возникнуть температурная инверсия. Она делает атмосферу устойчивой и ограничивает перемещение нижних загрязненных слоев воздуха с основной его массой.

Высокая прозрачность воздуха, которая обычно связана с антициклонами, также способствует образованию инверсий вблизи земли. Если вверху воздух чистый и сухой, то земля быстро теряет тепло путем излучения. В результате на нижних нескольких сотнях метров создается температурная инверсия, и под ней будет накапливаться загрязнение.

Посоветуем также наблюдать за формой дымовых факелов. Одна из форм – подынверсионная – соответствует сильному задымлению или большой загазованности. Внешний вид ее следующий: верхняя часть дымового облака находится почти по прямой и примерно на высоте трубы, а нижняя кромка дыма опускается от вершины трубы почти до поверхности земли.

Резюмируя, заметим, что когда вертикальные перемещения невелики, а ветра нет или почти нет, все природные механизмы рассеивания вредных веществ как бы парализованы. Однако источники загрязнения продолжают функционировать, и если это будет продолжаться достаточно долго, концентрация загрязнителей достигнет опасного уровня.

Влияние повышения влажности воздуха в данном контексте можно определить как отрицательное. Как известно, при достижении насыщения воздуха водяными парами образуются туманы. В городах их образование усиливается за счет обилия аэрозолей техногенного происхождения, выполняющих роль ядер конденсации. В частности, капельки кислот (серной, азотной и др.) притягивают молекулы воды и образуют капельку тумана, отсюда и название – городской туман. Один из наиболее распространенных видов смога – влажный смог лондонского типа – и есть сочетание городского тумана с примесью дыма и газов. Если верить Ф.Пфейферу – известному у нас популяризатору метеорологии – во время смога в Лондоне нередко даже прекращались занятия в школах, т.к. несмотря на электрическое освещение в классах школьники не видели своих учителей (Пфейфер, 1966). Хотя лондонский смог стал хрестоматийным примером, название это сейчас не соответствует действительности: в столице Великобритании в результате решительных мер по охране воздуха смог стал такой же редкостью, как раньше голубое небо. Причем такая кардинальная перемена произошла уже к началу 70-х годов. Нам, россиянам, остается порадоваться за англичан, а может быть, и позавидовать им: у нас смог наблюдается во многих городах. Например, в июле 1998 г. в Первоуральске наблюдался смог такой интенсивности, что в одном

из детских садов шесть детей были отправлены домой из-за приступов удушья, а с деревьев внезапно облетела листва¹.

Вообще на морских побережьях туманы наблюдаются очень часто. Известно, что если в воздухе присутствуют частицы морской соли, то вода конденсируется на них при относительной влажности 75% (Баттан, 1971). Следовательно, смог – не только антропогенно предопределенное явление.

Полезно также хотя бы приблизительно определять прозрачность воздуха². Взвешенные в воздухе частицы ухудшают видимость, т.к. они отражают и поглощают свет. Мы видим предмет в том случае, если отраженный им свет достигает наших глаз. Аэрозоли мешают распространению световых лучей. Каждая пылинка, аэрозоль поглощает ничтожное количество световой энергии, гораздо большее количество света она отражает по всем направлениям (рассеивание света). Понятно, что если таких частиц в атмосфере какого-то района очень много, то в результате распространение световых волн сильно меняется, видимость сокращается.

В чистом и сухом воздухе можно видеть примерно на двести километров вокруг. По всей вероятности, это гипотетически возможная величина. Известно, что, например, в первой половине нашего столетия обычной для Южной Аризоны была видимость свыше 120 км. Причины отличной видимости: сухость климата пустыни в сочетании с большой плотностью почвы и высоким сцеплением ее частиц. Если исключается вторая причина (как, например, в пустыне Колорадо), то резко возрастает запыленность атмосферы (Баттан, 1967). Славятся своей чистотой воздуха также высокогорья и высокие широты. Однако и там ощущается нарастание запыленности. Так, И.С.Соколов-Микитов отмечал в 1930 г. необычайную отчетливость очертаний берегов на Земле Франца-Иосифа, точно здесь само собой исправлялось зрение, но уже с начала 50-х годов экипажи самолетов стали сообщать о появлении в Арктике дымки, снижающей видимость до 10 км и менее (Баландин, Бондарев, 1988).

Любопытный пример относительно дальности видимого горизонта есть у А.П.Чехова. Путешествуя в конце прошлого века по Сахалину, он в своих путевых заметках отметил, что залив Анива просматривается от обоих мысов, а между ними расстояние 100 км. Спасибо уважаемому Антону Павловичу за ценное наблюдение. Интересно, а как обстоят дела на Сахалине столетие спустя? В Японии природа как-будто специально создала прекрасный объект для наблюдений: священная гора Фудзияма находится примерно в 90 км от столицы. В прошлом веке вершину горы можно было видеть примерно 100 дней в году, а в 70-х годах нашего столетия – от 20 до 48 дней, причем налицо положительная тенденция в течение этого десятилетия¹.

¹ «Уральский рабочий», 05.11.1998.

² Ученые считают, что значения дальности видимости могут быть использованы для анализа долговременных тенденций в загрязнении атмосферы.

¹ Число дней заимствовано у Р.Баландина и Л.Бондарева: см. список литературы, комментарий мой, Ю.М.

Понятно, что когда атмосфера загрязнена дымом, пылью, дымкой или туманом, прозрачность воздуха ухудшается, т.е. уменьшается видимость. Во многих городах видимость не превышает 15 км. В их окрестностях она по понятным причинам возрастает². Итак, видимость – это наибольшее расстояние, на котором можно невооруженным глазом различить какой-либо объект. В дневное время рассматриваются темные объекты, ночью – источники света умеренной яркости.

Как пример, рассмотрим дымку – слабое помутнение воздуха у земной поверхности. Возникает она тогда, когда концентрация аэрозолей (естественных и искусственных) велика, но относительная влажность недостаточна для образования тумана: частицы поглощают молекулы воды в количестве, недостаточном для появления капелек тумана.

Другая загрязняющая примесь, которая ухудшает видимость, – это дым. Он состоит из мелких частиц копоти и золы, попадающих в атмосферу при различных процессах сгорания. В городах часто дым находится в воздухе одновременно с пылью, дымкой или туманом.

Опасность дыма, как и вообще взвесей, в том, что частицы могут переносить другие загрязнители, растворенные в них или приставшие к их поверхности (см. рис. 10)

Рис. 10. Летучая зола с угольной электростанции (увеличение в 2000 раз). Поверхность золы адсорбирует множество других веществ (по Небелу, 1993)

Итак, Вами выполнена оценка метеоусловий и сделан вывод об опасном уровне загрязнения. Это сигнал к ответным действиям. В частности, всем надо сократить свое пребывание на открытом воздухе, особенно – больным, пожилым людям и детям. Неразумно заниматься бегом не только по загазованным, но и внешне чистым улицам, даже если Вы занимаетесь спортом регулярно: скорее, от этого будет больше вреда, чем пользы. В равной мере

² Так, мы со студентами с г. Волчихи в окрестностях Екатеринбурга наблюдали объект, расположенный на расстоянии примерно 40 км и, видимо, это не предел.

это относится и к прогулкам. Проветривание помещений, тем более частое, наверно, также неразумно.

Если в Вашем районе имеются места складирования отходов, то запыленность будет резко возрастать в ветреную погоду, что отнюдь небезопасно¹.

В неблагоприятные с точки зрения загрязнения воздуха периоды целесообразно обратить внимание на состав пищи, особенно детей. Польза молочных продуктов в выведении вредных веществ известна давно. А вот об антимуtagenных свойствах аскорбиновой кислоты ученые узнали совсем недавно. Аскорбиновая кислота совершенно безвредна, поэтому ее целесообразно применять в качестве профилактического средства ежедневно по 0,5 г (Доклады АН, 1991).

Заметим также, что витамин С участвует во многих биохимических реакциях, помогая разрушать многие вредные вещества, поступающие в организм с пищей и с загрязненным воздухом. Известно, что потребности курильщиков в аскорбинке вдвое выше, чем у некурящих. А ведь курение (добровольное загрязнение организма) и вдыхание загазованного и задымленного воздуха (чаще не добровольное, а вынужденное) по своим последствиям во многом сходны. Следовательно, в любом случае применение витамина С пойдет на пользу².

Вообще, затрагивая проблему влияния на здоровье загрязнения воздуха, заметим следующее. Среди загрязняющих воздух газов есть и смертельно ядовитые при высоких концентрациях, но такие концентрации вне помещений почти никогда не достижимы; поэтому смерть, связываемая с загрязнением воздуха, как правило, не результат отравления. Однако дополнительный стресс для человека в ослабленном состоянии может оказаться летальным.

Многие тяжелые металлы и другие вещества в высоких концентрациях канцерогенны. Обычно считается, что их небольшие содержания во вдыхаемом воздухе являются причиной раковых заболеваний. Однако по этому вопросу в последние годы появились разные мнения. Так, считается, что убедительных однозначных доказательств нет. Единственный фактор, бесспорно коррелирующий с числом опасных легочных заболеваний, – это табакокурение. У некурящих, которые живут в условиях городского загрязнения, и тех, кто дышит чистым “сельским” воздухом, легочные заболевания находятся примерно на одном уровне (Небел, 1993). Однако курильщики в загрязненном воздухе больше подвержены заболеваниям легких, чем при отсутствии загрязнения (см. рис. 11).

¹ Так, пылью, поднятой ветром с хранилища отходов Среднеуральского медеплавильного завода, надышалась жительница одного из районов Первоуральска. С токсикологическим отравлением ее доставили в больницу. Случилось это в 1998г. Природоохранная прокуратура направило в суд дело по факту загрязнения воздуха: согласно технологическому процессу отходы полагалось поливать водой, однако этого не делалось.

² Лауреат двух нобелевских премий Л. Полинг в начале 70-х годов впервые провозгласил необходимость применения больших доз витамина С, т.е. таких доз, которые невозможно «запихнуть» в поливитамины или обычные таблетки аскорбинки. Через несколько лет появился витамин С именно в супердозах. Самой удачной на сегодняшний день формой считаются таблетки УПСА – С. Витамин С способен не только бороться с вирусной инфекцией, но и предупреждает некоторые виды рака, атеросклероз, бесплодие у курильщиков, а также снижает темпы старения и увеличить продолжительность жизни («Аргументы и факты», №23, 1996).

Рис. 11. Заболеваемость хроническим бронхитом у людей, живущих в сельской местности и городах с сильным загрязнением (по Небелу, 1993)

Некоторые тяжелые болезни также отягощаются курением: пневмокониоз – “черная болезнь” легких – диагностируется почти исключительно у курящих шахтеров, различные заболевания легких у работающих с асбестом чаще встречаются у курящих. Как это объяснить? Это эффект, возможно, объясняется подавлением у курильщиков работы крохотных ресничек у клеток, выстилающих проходы в легких и в норме удаляющих из них чужеродные частицы (рис. 12).

Рис. 12. Внешний вид легкого и его строение. А – нормальное легкое. Б – легочная ткань больного эмфиземой, хроническим заболеванием легких, в процессе которого часть их разрушается. Курение способствует развитию эмфиземы и других заболеваний легких. В – схема строения легких (по Небелу, 1993).

Следовательно, в организме курящих эти частицы остаются гораздо дольше, чем у некурящих (Небел, 1993).

Следующие рекомендации касаются квартиры или дома, где вы живете. Наверное, всем известна английская поговорка “Мой дом – моя крепость”. Но и эта крепость оказалась для многих нездоровой и даже подчас губительной: ученые определили это как синдром больных зданий. Во-первых, определите “врагов” Вашей “крепости”. В экологическом смысле это и промышленные предприятия с дымящими трубами, и автомагистрали с большим числом машин, и дымящие помойки и еще многое другое. Для чего это надо? Например, на юго-западе от Вашего дома находятся дымящие трубы завода или ТЭЦ, работающая на природном газе, с клубящимися парами воды и невидимыми вредными загрязнителями. При юго-западном или близком к нему направлении форточки комнат, в первую очередь выходящих на юго-запад, должны быть плотно закрыты, а сами окна всегда тщательно заклеены. Помогут и опущенные жалюзи. В ветровой тени, с другой стороны дома, концентрации ингредиентов будут намного ниже. Если запомнить расположение источников загрязнения атмосферы и взять за правило определять направление ветра регулярно, то описанные контрмеры будут выполняться почти автоматически.

Второй совет – использовать на форточках марлю: обычно от надоедливых насекомых прикрепляют сетку. Видимо, надо смириться с тем, что циркуляция воздуха через форточку станет несколько хуже, особенно в безветренную погоду, но зато огромное число пылинок осядет на марле вместо их попадания в комнаты. Если Вы не использовали ранее марлю в этих целях, попробуйте и убедитесь, во что превратится через некоторое время некогда чистая ткань. Может быть, неэстетично иметь на форточке грязную тряпку, но именно она более эффективно захватывает пылинки. В рассматриваемом контексте марля имеет и другое применение: при сильной задымленности и запыленности рекомендуют дышать через увлажненную марлевую повязку.

Для тех, кто вынужден проживать совсем рядом с оживленными автомагистралями или другими источниками загрязнения воздуха пылью, можно порекомендовать следующее. Проветривать комнаты все равно приходится, особенно летом – значит, надо попытаться очистить воздух, поступающий извне, хотя бы от крупной пыли. Для этого модифицируйте обычный форточный вентилятор: во-первых, поверните его на 180° для того, чтобы воздух поступал снаружи, во-вторых, с внешней стороны укрепите марлю в несколько слоев (сколько конкретно – можно узнать только эмпирически).

Конечно, наилучший эффект даст кондиционер, если он Вам по карману. Кстати, неверно ограничиваться только установкой и подключением специалистами кондиционера, иначе со временем дорогостоящий прибор превратится в рассадник болезнетворных бактерий. Почему? Да потому, что кондиционер, как и вентилятор, засасывает вместе с пылью и микробы. Они попадают в отстойники, размножаются, и после этого кондиционер выдает в помещение большое количество микроорганизмов.

Рынок предлагает также освежители воздуха. Несомненно, может сыграть свою положительную роль и аквариум, особенно большой. Намного бо-

лее эффективен модифицированный аквариум: в нем находится фонтанчик, создающий купол воды, и “комнатные” аэрозоли просто обречены рано или поздно оказаться в воде (а значит, пора беспокоится уже о здоровье аквариумных рыбок).

Следующая рекомендация касается использования электрообогревателей из категории тепловентиляторов или радиаторов с открытой спиралью. В холодные дни, обычно в сентябре (а иногда и в мае) многие жители квартир вынуждены их включать. При этом первое время отчетливо чувствуется неприятный запах, который потом как будто пропадает. Причина проста: на спирали накапливается пыль, которая при высоких температурах превращается в аэрозоли. Подчеркнем, что они обычно обогащены соединениями тяжелых металлов и другими вредными веществами (см. выше). Конечно, можно использовать обогреватели других конструкций, например, масляные радиаторы: на их сравнительно слабонагретых поверхностях подобных процессов не происходит, но они менее эффективны и требуют большего времени для нагревания комнаты. Есть и другой выход: после вынужденного перерыва перед началом эксплуатации нужно тщательно прочистить внутреннюю часть тепловентилятора, например, “продуть” пылесосом где-нибудь вне помещения (обычный режим работы пылесоса, как нам кажется, менее эффективен); очистить от пыли радиатор со спиралью еще проще, например, влажной тряпкой (естественно, с отсоединенной от розетки вилкой).

Коснемся и проблемы уборки квартиры. Несмотря на наличие пылесоса, многие хозяйки не спешат выбрасывать веник: подчас с его помощью можно очень быстро навести относительный порядок. Но вот если его не смачивать, то вреда от такой уборки будет больше, чем пользы¹. Когда велика запыленность, все мы выполняем функцию пылесоса: через наш нос со скоростью около 3 м/с проходит невообразимое количество пыли.

Отечественные пылесосы, к сожалению, тоже не экологичны: при работе они поднимают в воздух мельчайшую пыль, которая может находиться в воздухе несколько дней. Но ведь не все могут позволить себе купить новый импортный экологичный пылесос, особенно тогда, когда старый исправен. На этот случай наш совет: перед включением пылесоса откройте все форточки (а может быть, и окна), тогда образовавшимся сквозняком пыль “выдует” из Вашей квартиры.

Все знают, как быстро накапливается пыль в квартире. Наверно, пора объявить войну всем накопителям пыли. Может быть, имеет смысл вообще отказаться от ковров и паласов. Здесь мы коснемся проблемы аллергии. Увы, по последним данным, 17% россиян страдают от аллергии. Аллергенов много, причем важную роль играет домашняя пыль. Это целый комплекс аллергенов, главным из которых являются клещи домашней пыли: микроскопические членистоногие, которые питаются чешуйками слущенного рогового слоя кожи человека. Обитают они в кроватях и постельных принадлежно-

¹ Известный биолог Н.В.Тимофеев-Ресовский (по прозвищу Зубр) не зря ругал лаборантов, подметающих биостанцию сухим веником.

стях – там, где человек теряет наибольшее количество роговых чешуек во время сна. В одном грамме пыли из матраца может быть от двух до пятнадцати тысяч клещей. Так вот, экскременты клещей являются сильными аллергенами. Поэтому аллергологи советуют:

хорошо проветривать постель, а простыни, одеяла и подушки как минимум дважды в неделю выбивать, матрац чистить;

регулярно стирать одеяла, покрывала и шторы в спальне;

спальные принадлежности, содержащие шерсть, хлопок, перо и пух птицы, заменить на синтетические.

Установлено, что в контакте с химическими веществами-загрязнителями воздействие аллергенов увеличивается. Вот почему в экологически неблагоприятных городах уровень аллергических заболеваний возрастает в два и более раза.

Для аллегриков (да и не только) отметим еще один факт. В современных квартирах относительная влажность снижается до 30%¹, т.е. она почти такая же, как обычно бывает в пустынях. Для человека же оптимум составляет примерно 60%. В результате подсушивается нежная оболочка трахей, особенно страдают аллегрики и дети. Решить проблему можно по-разному: используя искусственные или естественные увлажнители воздуха (комнатные растения, особенно те, которые завезены из влажных тропических регионов Земли), периодически разбрызгивая воду или поместив банки с водой со свисающей марлей на батарее. Последнее, конечно, неэстетично, но эффективно. Если в холодную погоду (даже в сырую) интенсивно проветривать помещение, то влажность воздуха при этом не увеличится, а уменьшится. Это закономерно: градиент давления пара будет направлен наружу и ощущение некоторой свежести окажется обманчивым.

О пользе регулярного проветривания помещения знают все. Чем лучше изолировано помещение, тем чаще надо его проветривать. Но не всем известно, что тепло держится в основном в стенах и мебели, а не в воздухе; поэтому, если открыть окно или дверь на 15-30 секунд, то потери тепла будут невелики при полной смене воздуха.

О вреде курения мы уже говорили. Но если никак не удастся побороть эту зловредную привычку, то надо постараться свести до минимума урон здоровью окружающих. Известно, что в квартирах курят очень многие, при этом успокаивая близких, что делается это в определенном месте, чаще на кухне. Увы, дверь на кухню часто открывается, да и сами двери обычно недостаточно эффективно изолируют кухонное помещение.

Кухни с газовыми плитами - местный источник загрязнения. В продуктах сгорания природного газа содержатся канцерогены и мутагены. Особую опасность представляет нахождение на кухне будущих матерей. Даже ставится вопрос о замене в России всех газовых плит электрическими в законо-

¹ В деревянных домах такой проблемы не существует. При высокой температуре воздух отнимает влагу у дерева и таким образом создается автоматическое регулирование влажности воздуха.

дательном порядке ¹. Замеры, выполненные специалистами еще в 70-х годах, показали, что в воздушной среде кухни при работающей газовой плите и закрытой форточке концентрация бенз-а-пиренов (опаснейших канцерогенов!) более чем в три раза превышает предельно допустимую концентрацию.

Загрязнение от сжигаемого газа существенно увеличивается при неправильной регулировке соотношения «газ – воздух», в частности, образуется копоть. Цвет пламени в таком случае имеет красноватый оттенок. Требуется совсем несложная процедура регулировки: горелка извлекается и в ее нижней части немного приоткрывается или закрывается окошечко для воздуха. Осторожному человеку лучше обратиться к специалистам. Широкое использование зажигалок вместо спичек приводит к некоторому загрязнению помещений газом (что, наверное, тоже не добавляет здоровья): сначала дается подача газа, а лишь потом загорается пламя. Небесполезно в такие моменты задерживать дыхание. Заканчивая «кухонную» тему, посоветуем всем взять за правило держать дверь на кухню плотно закрытой.

Несколько замечаний по поводу использования искусственных ионизаторов воздуха. Их применение оправданно только при условии чистоты воздуха помещения. В противном случае они могут навредить здоровью, т.к. усиливают обмен токсических веществ. Давайте не будем забывать о природных ионизаторах – растениях. Давно известно, что наряду со многими положительными эффектами присутствия растений в помещениях есть и эффект ионизации воздуха: выделения отрицательно заряженных ионов, благотворно влияющих на здоровье.

Итак, мы навели порядок в собственной квартире и вышли на улицу. Посоветуем проанализировать свой обычный маршрут. Нельзя ли его изменить, если он проходит по загазованным улицам? Правда, часто возможности маневра ограничены в силу объективных причин ¹. Думается, продумывать свой маршрут полезно и автолюбителям. Водители-профессионалы часто могут сделать большой крюк, чтобы избежать “пробок” на более коротком пути. Выигрывают при правильно выбранном маршруте все: и водители, которым не приходится задыхаться в “пробках”², и пешеходы, не говоря уже о жителях близлежащих улиц.

Наверное, все замечали, какое облако дыма выбрасывают многие автомобили, когда водители резко нажимают на акселератор: при трогании с места, переключении скоростей; особенно это заметно в морозную и тихую погоду. Затем возникшие клубы дыма довольно быстро рассеиваются. Полезно выработать у себя привычку задерживать дыхание в те моменты, когда с Вами поравняется автомобиль, или когда он рядом с Вами трогается с места. Конечно, это выполнимо, когда автомобили не идут сплошным потоком, и

¹ В.Благих. Домашний газ: страдает генетика человека // Авок. 1992, № 6, с. 33.

¹ Профессор московского педуниверситета В.В.Добровольский шутил по этому поводу: ”Выбор невелик: или идти по загазованному проспекту, или между домов, мимо помоек”).

² Кстати, находясь в автомобильной пробке, большинство водителей пристраивает свой авто к самой выхлопной трубе впереди стоящей машины (как-бы кто-нибудь не «втиснулся» из левого ряда). Может, пора изменить и этот наш родной негуманный по отношению к себе и другим менталитет.

есть время “отдышаться”. После задержки дыхания вдыхать надо обязательно носом, тогда часть пылинок осядет в носовой полости; при вдыхании ртом задержка пыли менее эффективна. После вынужденных прогулок по задымленным улицам (равно как и “пыльной” работы) полезно промывать нос (советуют даже с мылом).

При выработке собственных рекомендаций полезно знать, какие газы тяжелее воздуха, а какие – легче. Определяют это путем сравнения молекулярного веса газа с молекулярным весом смеси газов, которую мы называем воздухом. В нем кислород содержится главным образом в молекулярной форме (O_2). Молекула кислорода состоит из двух атомов и имеет молекулярный вес 32,0. Азот, которого в атмосферном воздухе намного больше, чем всех других газов, также имеет молекулу, состоящую из двух атомов (N_2); его молекулярный вес равен 28,0. “Сухой воздух” имеет молекулярный вес 28,9. Эту величину легко получить, зная, что воздух состоит из 78% N_2 и 22% O_2 (в данном случае можно пренебречь наличием других примесей). Аналогично рассчитываются молекулярные веса распространенных газов: HF (фтористый водород) – 20; CO – 28,0; CO_2 – 44,0; NO_2 – 46,0; O_3 – 48,0; SO_2 – 64,0. Кроме первых двух, все отмеченные газы тяжелее воздуха и потому они стелются над землей.

Резюмируя, заметим, что в каждом конкретном случае могут быть предложены свои рекомендации. Важно задуматься над этими вопросами. А вот здесь-то и нужна перестройка нашего сознания, нашего отношения к собственному здоровью. Именно в этих вопросах пример цивилизованных стран поучителен: в Лондоне, например, велосипедисты подчас пользуются респираторами, и никого это не шокирует.

Методы оценки химического и биологического загрязнения природных вод. Практические работы

Поверхностные и подземные воды, как и приземный воздух, являются объектом массивированного антропогенного загрязнения. Если даже предположить, что будут минимизированы объемы сточных вод от промышленных предприятий, бытовые стоки, смыв с полей удобрений и ядохимикатов, – вода все равно будет существенно загрязненной вследствие мощного потока вещества из атмосферы. Она же уже несколько десятилетий загрязнена над всей обитаемой сушей, хотя и в разной степени.

Главный санитарный врач России Г. Онищенко утверждает, что в настоящее время только 1% питьевой воды можно брать на питьевые нужды без дополнительной очистки¹. Каждый второй житель России пьет грязную воду и поэтому болеет. Проблема эта глобальная: Всемирная организация здравоохранения подсчитала, что более половины всех заболеваний человека обусловлены употреблением недоброкачественной воды.

Иллюзии технократов 60-70-х годов нашего столетия относительно безотходных технологий сейчас окончательно рассеялись. Специалисты по водоочистке утверждают, что очистить сточные воды можно до состояния, приближенного к дистиллированной воде, однако тут же добавляют, что цена такой водоподготовки будет такой, что почти любое производство станет убыточным.

Потребителя воды, как правило, интересуют два показателя: химическое и биологическое загрязнение². Исторически так сложилось, что в индустриальных районах средней полосы России и Севера на первом плане чаще всего стояло химическое загрязнение. Это легко объяснить как климатическими условиями, так и тем, что последнее более заметно. Однако это не означает, что опасности биологического заражения не существовало раньше, и эта проблема, например, очень резко обозначилась на Среднем Урале в середине 90-х гг.

Рассмотрим последовательно оба вида загрязнения.

Химическое загрязнение. Содержание вредных веществ в воде определяется их концентрацией, выраженной в мг/л или мкг/л. Как и для атмосферного воздуха, используются значения предельно допустимых концентраций (ПДК). При этом ПДК может быть разной в зависимости от назначения водоемов: водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового назначения и водных объектов, используемых для рыбохозяйственных целей.

Самыми опасными регионами с точки зрения химического загрязнения питьевой воды в нашей стране являются Кемеровская, Курганская, Воронежская, Челябинская, Свердловская области, города Санкт-Петербург и Москва¹. Проф. Ю.Прокопенко приводит следующий перечень негативных

¹ Интервью с Г.Онищенко в телепередаче «Здоровье» 15.05.1998 г.

² Первые стандарты по качеству воды были утверждены в СССР и США в 1937 г.

¹ Телепередача «Здоровье» 15.05.1998.

последствий от грязной воды вообще, без привязки к каким-то конкретным регионам: снижение уровня гемоглобина в крови, активности ферментов тканевого дыхания, увеличение склеротических процессов, нарушение процессов в нервной системе, а для детей – это прежде всего задержка умственного развития (курсив мой – Ю.М.). В Липецкой области и Красноярском крае вода настолько жесткая, что вызывает образование камней в почках и изменение состава крови человека². Среди загрязнителей важную роль играют тяжелые металлы. Они отрицательно влияют на печень, почки, центральную нервную систему. Кроме того, они повышают риск онкологических заболеваний, а генетические последствия отравления тяжелыми металлами могут проявиться через 20 и более лет у потомков.

Для сравнительной оценки качества и определения тенденции специалисты используют критерии загрязненности вод по индексам загрязнения вод (ИЗВ) – см. табл. 3.

Для иллюстрации приведем данные по Свердловской области (видимо, в других областях с развитыми промышленностью и сельским хозяйством картина примерно такая же). Специалисты оценивают качество поверхностных вод как очень низкое, особенно рек Чусовая, Исеть и Тагил. Например, Чусовая ниже Первоуральска характеризуется шестым и седьмым классами (в частности, ПДК по Cr^{6+} превышена до 1500 раз); Исеть уже у ст. Палкино, т.е. до Екатеринбурга, соответствует пятому классу, а в черте города и до д. Колюткино – седьмому классу; р.Тагил до г.Н.Тагил - пятый и шестой классы, ниже города – седьмой класс. Относительно чистые реки области: Сысерть и Вагран.

Таблица 3

Классификация качества поверхностных вод суши по ИЗВ

Класс качества вод	Качество вод	Величина ИЗВ
1-й	Очень чистая	Менее или равна 0,3
2-й	Чистая	От 0,3 до 1
3-й	Умеренно-загрязненная	От 1 до 2,5
4-й	Загрязненная	От 2,5 до 4
5-й	Грязная	От 4 до 6
6-й	Очень грязная	От 6 до 10
7-й	Чрезвычайно грязная	Более 10

Примечание. ИЗВ – индексы загрязнения вод.

Казалось бы, что если удастся очистить воду от нежелательных примесей, т.е. довести питьевую воду до стандартов ПДК (например, используя бытовые фильтры), то и проблема химического загрязнения будет решена. Увы, это не так. Некоторые специалисты даже считают, что самое опасное для че-

² Справедливости ради отметим, что внутри отмеченных регионов наверняка есть большие различия, особенно в столь огромном, как Красноярский край.

ловека свойство воды – это не загрязнение, а ее физиологическая неполноценность (Волков, 1997). Можно соглашаться или не соглашаться с таким категоричным утверждением, однако примем как аксиому: в питьевой воде содержание некоторых элементов не должно быть ниже определенного уровня. Так, при недостаточном содержании кальция и магния ослабляется иммунная система, нарушается обмен веществ и наблюдаются другие нежелательные последствия. Значит, вне зависимости от наличия фильтра, потребитель такой воды рискует заболеть по крайней мере по двум причинам: из-за снижения иммунитета и воздействия находящихся в воде *в допустимых нормах* токсических веществ.

Проиллюстрируем сказанное цифрами (см. табл. 4).

Таблица 4

Некоторые показатели состава питьевой воды в г. Екатеринбурге
(по Волкову, 1997)

Наименование показателя	Изменчивость содержания в течение года, мг/л	Минимально допустимая концентрация, мг/л
Кальций	17,7 – 35,6	60,0
Магний	4,8 – 8,4	6,0
Сухой остаток	106 – 245	100-200
Фтор	0,05 – 0,2	0,5

Примечание. Минимально допустимые концентрации рекомендованы Всемирной организацией здоровья.

Второй интегрирующий показатель качества питьевой воды – **биологическое загрязнение**. Питьевая вода, очевидно, должна быть безопасной в эпидемическом отношении. Давно известно, что именно водным путем передаются большинство кишечных инфекций: холера, брюшной тиф, сальмонеллез, дизентерия и др. Доказана роль воды при распространении эпидемического гепатита А и полиомиелита, являющихся вирусными заболеваниями, большой группы так называемых антропозоонозов, передающихся от больных животных человеку. Определенное значение имеет водный фактор и в передаче аденовирусных инфекций, амебиаза, лямблиоза и большой группы гельминтозов (Протасов, Молчанов, 1995). Г.Онищенко информирует, что в 1997 г. зарегистрировано почти 74 тысяч случаев заболевания гепатитом А, причем большая часть – это гепатит А, который передан через воду.

Среди наиболее опасных регионов – Чечня, Дагестан и в целом юг России. Там питьевая вода содержит огромное количество болезнетворных микробов. Каждый год в нашей стране возникают эпидемии болезнетворных микробов, которые распространяются с помощью воды.

В сравнении с указанными регионами Свердловская область более благополучна. Однако известны следующие факты. В одном из микрорайонов г. Режа вода из-под крана стала источником вспышки лямблиоза. В Асбесте и

Арамиле зарегистрированы вспышки заболевания ротовирусной кишечной инфекцией, переносчиком которой стал городской водопровод. Самое печальное в том, что в Асбесте заболевали и грудничковые дети. Заметим, что ротовирус отличается от большинства кишечных инфекций: наиболее благоприятные для него условия зимой, а не летом, он не боится хлора и не гибнет в молочнокислых продуктах. В г. Богдановиче от кишечной инфекции пострадали дети из детского дома: в водопровод попали фекальные воды из-за разрыва канализации. В Екатеринбурге и области пик заражений гепатитом А от недоброкачественной воды был в 1995 г. (тогда в 23 % проб воды был обнаружен антиген гепатита А).

Как же попадают инфекции в водопровод? Рассмотрим простейшую и типичную ситуацию. Водопроводные сети, оставаясь без давления (в кране нет холодной воды), оказываются незащищенными от попадания в них заразы извне через неплотности и трещины в трубах (состояние сетей, как правило, ужасное и людям впечатлительным не рекомендуется рассматривать вблизи вскрытые во время ремонта коммуникации). Если бы напор в сети был постоянным, то вода могла просачиваться из них, но никак не наоборот. В пустую же трубу, находящуюся под землей, могут попадать грунтовые, сточные, а то и фекальные воды (как это случилось в г. Богдановиче – см. выше). По данным эколога В.Волкова, в г. Екатеринбурге трубы с питьевой водой *десятки тысяч раз* (курсив мой, Ю.М.) пересекают канализацию (Волков, 1997).

Итог таков – тридцать городов и поселков Свердловской области признаны территорией риска¹.

Очевидно, что вода из источников должна подвергаться обработке. Действительно, существует сложная система водоподготовки. Очистные водопроводные сооружения (часто они называются фильтровальными станциями) могут удалять из воды взвешенные вещества (осветление), катионы кальция и магния (умягчение), отдельные виды солей (обескремнивание, обезжелезивание), снижать общее содержание солей в воде (обессоливание), устранять растворенные в воде газы (дегазация) и, наконец, уничтожать содержащиеся в воде микробы (Справочник, 1990).

Для задержания находящихся в воде взвешенных веществ применяют специальный метод осветления – коагулирование, который способствует повышению эффективности процесса фильтрования, обесцвечиванию воды и освобождению ее от бактерий. Есть и новинки. Так, на выставке “Чистая вода Урала” демонстрировался новый коагулянт – оксихлорид алюминия. В результате его применения меньше добавляется хлора, трубы меньше подвергаются коррозии.

С целью обеззараживания воды используют хлорирование (в качестве реагента используется газообразный хлор), озонирование, бактерицидное об-

¹ Остряки не прошли мимо темы “Грязная вода”. Родилась такая легенда. Иностранец, находящийся в Екатеринбурге по делам своей фирмы, послал нашу водопроводную воду на анализ в родную страну. Ответ не заставил себя ждать: в такой воде купаться не рекомендуется. А вот уже и черный юмор: «Покойный перед смертью пил воду из-под крана».

лучение воды и другие методы. Заметим, что наиболее традиционным методом является хлорирование: в 1896 г. было впервые выполнено обеззараживание воды активным хлором. Хлор сыграл в борьбе с инфекционными заболеваниями гораздо большую роль, чем антибиотик пенициллин. Свободный хлор убивает встречающихся в воде лямблий, гельминтов, кишечную палочку и другие болезнетворные организмы, однако хлорирование не уничтожает возбудителей вирусного гепатита.

Обработка подземных вод для хозяйственно-питьевых водопроводов заключается лишь в обеззараживании воды. Если используются подземные воды большой жесткости или содержащие железо, то в схему их обработки включают сооружения для умягчения или обезжелезивания воды (Справочник, 1990).

Важно знать, что иногда загрязнение питьевой воды может происходить даже при ее очистке. В середине семидесятых годов было обнаружено, что при хлорировании воды, содержащей природные органические вещества, образуются токсичные примеси хлоруглеводороды (Коноплев, Булгаков, 1989). Если же при хлорировании присутствуют окислы железа, тогда образуются канцерогенные бифенилы (Худолей, 1992).

Исследования показали, что среди людей, употребляющих хлорированную воду, процент заболеваний раком мочевого пузыря и прямой кишки почти в два раза выше, чем у тех, кто употреблял обесхлоренную воду. Кроме того, хлорорганические соединения накапливаются в печени и в сочетании с другими неблагоприятными факторами могут вызвать цирроз и рак печени. Также известно, что хлор, растворенный в питьевой воде, в желудке человека реагирует с жирами с образованием соединений, которые являются непосредственной причиной атеросклероза и, как следствие, большинства сердечно-сосудистых заболеваний.

Эта проблема усугубляется еще и тем, что из-за увеличения загрязнения приходится добавлять все большие дозы хлора¹.

В ряде стран, в частности, на Украине в г. Ильичевске опробован в качестве обеззараживающегося реагента диоксид хлора, который, по имеющейся информации, не имеет указанных выше побочных действий. В Екатеринбурге планируется осуществить в ближайшие годы переход к этому реагенту.

За качеством поверхностных вод ведут регулярные наблюдения специалисты Госкомгидромета. Пробы воды отбирают на анализ один раз в месяц, а в половодье – чаще. Качество питьевой воды контролируется специалистами санэпиднадзора. Так, в Екатеринбурге пробы отбираются из колонок ежедневно. Контролируются и скважины. Однако специалисты констатируют, что существующая система контроля качества питьевой воды не позволяет в полной мере определить степень ее безопасности для здоровья населения. Так, ВОЗ рекомендует осуществлять контроль примерно по ста показателям, отечественный же ГОСТ 2874-82 “Вода питьевая” содержит нормативы по 28

¹ В частности, добавка хлора стала отчетливо заметной в Каменск-Уральском в конце 90-х гг., хотя местные жители ничего не почувствовали.

показателям (Протасов, Молчанов, 1995). Здесь же заметим, что, согласно официальным данным, предприятия сбрасывают в водоемы 5-6 млн соединений, реально же, по мнению видного специалиста-гидролога проф. А. Черняева, на порядок больше. Даже теоретически проконтролировать такое количество соединений невозможно. Следовательно, стремиться надо к тому, чтобы постоянно совершенствовать технологии производства и в перспективе добиваться полного прекращения сбросов.

Проф. А.Черняев утверждает, что существующая в России система охраны природы, основанная на ПДК и ПДС (предельно допустимых сбросов), узаконила загрязнение природы. По его мнению, задача нашего российского руководителя – уложиться в принятые нормы. На Западе действует иная система, основанная на стимулировании предприятий экономическими методами: тех, которые постоянно совершенствуют технологию основного производства, снижая тем самым потребление свежей воды и сокращая сброс загрязненной. Мы же, к огромному сожалению, повторяем тот путь, который развитые страны уже прошли, повторяем и их ошибки – строим ресурсопоедающую экономику, к решению проблем охраны природы подходим с технократической позиции. “Водоканал”, руководящий системой водообеспечения, продает воду предприятиям в 10-20 раз дороже, чем индивидуальным потребителям. При таких условиях экономия воды невыгодна. Также невыгодно, если объем сточных вод будет уменьшаться, особенно с предприятий, которые за это платят высокую цену. В результате – порочный круг: чем больше воды потребляется, тем больше стоков сбрасывается, тем выгоднее тому, кто руководит этой системой. Это путь без будущего.

Первая практическая работа – биоиндикация загрязнения водоемов (по Корнер и др., 1991)

Цель: определить загрязненность различных водоемов.

Оборудование: ведро объемом около 5 л; шумовка или столовая ложка; закрывающаяся плотно посуда объемом около 0,2 л или новые полиэтиленовые пакеты – по числу проб; плоская неглубокая посуда (чашка Петри или белое блюдо); лупа с увеличением в два или четыре раза (лучше штативная); препаровальные иглы (можно использовать швейные иголки, насаженные на карандаш или деревянную ручку); тонкий пинцет; гербарная сетка.

Методика основывается на высокой чувствительности к загрязнению рясок – растений, живущих на поверхности воды. Именно поверхностный слой оказывается самым загрязненным в результате смыва удобрений и ядохимикатов с полей, выбросов промышленных и сельскохозяйственных предприятий. Ряски обитают повсюду, и этот метод позволит создать единую картину состояния водоемов. В свою очередь, водоемы и особенно – малые реки, являются не только основой водоснабжения, но их состояние отражает степень загрязненности всей территории.

При выборе маршрута заранее определите предполагаемые точки сбора. На участках, где можно ожидать наличие слабого однородного загрязне-

ния, точки обследования могут располагаться на расстоянии 2-3 км друг от друга; на сильно загрязненных участках – через 0,5-1 км. По возможности в каждой точке следует взять три пробы на расстоянии 2 - 3 м друг от друга. Каждая точка получает свой номер, повторные пробы можно обозначать буквой (например, 17 – а, 17 – б и т.д.). Обследование всего водоема (водоемов) следует проводить в течение 2-4 дней. Наиболее показательным сроком является вторая половина июля; дополнительно можно повторить работу в конце августа – начале сентября.

В районе предполагаемой точки обследования найдите бухточку или просто место со спокойным замедленным течением. Все рясковые плавают на поверхности или слегка погружены в воду. Отдельные растения представляют собой зеленую округлую пластинку (щиток) размером 1-10 мм с дочерними щитками (“детками”), прикрепленными по бокам материнского щитка. Вырастая, “детки” отделяются и превращаются во взрослое самостоятельное растение, благодаря чему ряски быстро заполняют поверхность водоема. Быстрый рост и размножение рясок как раз и приводят к тому, что в них накапливаются разнообразные загрязняющие вещества.

Ведром соберите ряски с поверхности примерно $0,5 \text{ м}^2$. Все плавающие растения из ведра соберите шумовкой и вместе с небольшим количеством воды поместите в сосуд или полиэтиленовый мешок, на котором записан номер точки сбора и пробы. Одновременно в анкете с соответствующим номером нужно записать характеристику водоема, береговой и водной растительности, дату сбора. Дальнейший анализ проводится после возвращения из маршрута или на длительной стоянке. Это разбор пробы.

Разделите пробу на примерно равные четыре части (если растений мало – можно взять $1/2$ или даже всю пробу) с таким расчетом, чтобы в $1/4$ ($1/2$) было примерно 150-200 растений. Затем взятую часть разделите по видам, пользуясь следующей схемой-определителем:

А – корней на материнском щитке несколько (если корни не развиты: материнский щиток крупный – 5-10 мм) --

многокоренник обыкновенный

- корень один – см. В

В – щиток вытянутый, на верхушке заостренный –

ряска тройчатая

- щиток округлый – см. С

С – с нижней стороны щитка отчетливо выраженное вздутие -

ряска горбатая

- вздутия на нижней стороне нет –

ряска малая.

Проверить правильность определения поможет рис. 13.

Рис.13. Виды семейства Рясковых (слева направо: многокоренник, ряска тройчатая, ряска малая)

После разборки по видам нужно сосчитать и записать в анкете: число растений каждого вида, общее число щитков (материнских и деток) и среди них – число щитков с повреждениями. К повреждениям относятся: черные и бурые пятна (некроз) и пожелтение (хлороз). Количество и размеры пятен не учитываются.

Для экспресс-оценки полученных результатов можно использовать самый массовый вид (обычно это ряска малая). Определение качества воды проводится по таблице 6, в которой обозначены: 1 – очень чистая, 2 – чистая, 3 – умеренно загрязненная, 4 – загрязненная, 5 – грязная вода (“– “ обозначает комбинации, встречаемость которых исключается). Первая колонка в таблице (n_1) соответствует тем случаям, когда в целой пробе не удалось набрать 30 экземпляров даже наиболее массового вида.

Для более подробного анализа все разобранные по видам ряски надо разделить на 3 группы: мелкие – средние – крупные щитки, причем у всех видов ряски средними считаются щитки 3-4 мм длиной, у многокоренника – 5-8 мм (соответственно, щитки с длиной меньше средней, считаются мелкими, больше средней – крупными). Подсчитывается общее число щитков каждой размерной группы и число щитков с повреждениями среди них. Напоминаем: число экземпляров – это число отдельных растений (одно растение – материнский щиток с прикрепленными к нему детками, если детки есть), число щитков включает и материнские, и детки (суммарное количество). При подсчете и определении размерных групп удобнее брать пинцетом по одному растению и перекладывать в плоскую посуду (чашку Петри, блюдце). На дно блюдца или под прозрачную чашку Петри положить листок бумаги с отмеченными стандартными размерами. Определив размер щитка и наличие или отсутствие на нем повреждений, сразу сделать отметку в соответствующей графе анкеты.

Таблица 5

Экспресс-оценка качества воды					
	n_1	n_2	n_3	n_4	n_5
m_1	1-2	2	3	3	3
m_2	3	3	3	3	3
m_3	3	4	3	3	3
m_4	4	4	4	3	3

m_5	4	4	4	3	3
m_6	4	4	4	3	-
m_7	4	4	4	-	-
m_8	5	5	-	-	-

Примечания. n_1, n_2 и т.д. – отношения числа щитков к числу особей, где $n_1 = 0, n_2 = 1, n_3 = 1,3, n_4 = 1,7, n_5 = 2$; m_1, m_2 и т.д. – процент щитков с повреждениями, где $m_1 = 0, m_2 = 10, m_3 = 20, m_4 = 30, m_5 = 40, m_6 = 50, m_7 = 60, m_8 = 70$.

При желании обследование водоемов может быть проведено и еще более детально. Такая работа включает описание береговой и прибрежно-водной растительности с характеристикой полного видового состава и ее картирование. Нужно собрать гербарий всех видов растений для уточнения их определения. В описании рясковых проводится подробный анализ каждой пробы с полным подсчетом числа особей и щитков всех видов. Кроме того, подробно описывается случайная выборка в 30 растений из каждого вида по следующим признакам:

1. Длина материнского щитка и его повреждения (0 – нет, 1 – меньше 1/3 поверхности, 2 – больше 1/3; для хлороза и некроза отдельно).

2. Длина корня (у многокоренника – число корней и длина максимального).

3. Число деток.

4. Длина щитков деток (начиная с самых крупных).

Естественно, что общий объем работы сильно возрастает, поэтому ее удобнее разделить на части, каждую из которых выполняет отдельный исполнитель:

1. Описание береговой растительности;

2. Описание прибрежно-водной растительности;

3. Анализ рясковых.

Наиболее интересные данные могут быть получены при включении в обследуемый район участков с различной степенью и характером загрязнения, например, при сопоставлении водоемов с преобладанием загрязнения за счет смыва с сельскохозяйственных угодий и стоков от животноводческих сооружений и таких, на которых представлено промышленное или транспортное загрязнение. Очень желательно также найти и обследовать контрольные участки с минимальным загрязнением.

Вторая практическая работа – оценка соблюдения санитарных норм при водоснабжении

Цели: оценить санитарное состояние места размещения водозаборных сооружений (колодцев, скважин) и прилегающих к ним территорий, выяснить наличие зон санитарной охраны.

Читателю может показаться, что подобные исследования находятся в компетенции органов санэпиднадзора, а для других категорий населения – неактуальны. Однако не будем торопиться с выводами.

Многие горожане летний период или его часть проводят в сельской местности, а немалое число пенсионеров – почти все теплое время года. Понятно, что для питьевых нужд используется местная вода: чаще всего колодезная или, реже, артезианская из скважин. По нашим наблюдениям, районные центры санэпиднадзора обычно не проверяют качество воды источников с малым числом пользователей. Значит, гарантии того, что используется доброкачественная вода, нет. Расспросы местных жителей, как правило, ничего не дают, кроме ничем не подкрепленного утверждения: «Вода хорошая» (кстати, обычно в это свято верят). Как известно, большинство людей быстро привыкает к имеющейся воде (по личному опыту – примерно за неделю) и потому неудивительно единодушие жителей в оценке воды. Конечно, самое разумное: взять пробу воды в чистую полиэтиленовую бутылку емкостью 1,5 литра (причем бутылку надо несколько раз ополоснуть этой же водой) и сдать на полный анализ в районный центр санэпиднадзора. Увы, это многим не по карману (см. главу 1).

Поэтому мы рекомендуем выполнить собственные косвенные изыскания. Для сельских жителей, постоянно использующих подземные воды, предлагаемая работа тем более актуальна.

Идея практической работы следующая. Тот факт, что подземные воды являются наиболее надежным и чистым источником водоснабжения, известен с древних времен. Однако, защищены от загрязнения разные водоносные горизонты неодинаково. Почти непроницаемы для проникновения загрязнителей с поверхности подземные воды только тех горизонтов, которые перекрыты водоупорными слоями. Но и сюда могут попасть загрязняющие вещества при неудовлетворительном состоянии скважин. Значительно хуже защищены подземные воды первых от поверхности водоносных горизонтов. Обостряется проблема загрязнения в речных долинах, где подземные воды тесно связаны с поверхностными низкого качества: при интенсивной эксплуатации последние подтягиваются. Например, такая ситуация сложилась в г. Орске Оренбургской области, где для питьевых нужд используются так называемые подрусловые воды р. Урал.

По нашему мнению, на качество подземных вод в сильно освоенных районах влияют в основном три фактора: глубина колодца (скважины), соблюдение санитарных норм в районе источника и надежность изоляции источника от внешней среды. Анализ этих факторов и составляет основу практической работы. Заметим, что обследование предполагает прежде всего личные наблюдения, однако полезны и расспросные данные.

Итак, рассмотрим методику изысканий. Ясно, что чем глубже колодец (скважина), тем чище вода. Однако должна приниматься во внимание не только глубина колодца, но и уровень воды в нем. Например, на окраине Екатеринбурга мы наблюдали изменение уровня с пяти – семи метров от поверхности в конце зимы до двух – трех осенью, это естественно и легко объ-

яснимо. Важно здесь другое: при близком уровне воды вероятность загрязнения с поверхности возрастает, т.к. возможно поступление верховодки¹, которая может быть сильно загрязнена. Главное здесь – герметичность стенок колодца. Заметим, что в сборных колодцах сама конструкция предполагает отсутствие герметичности, а в ключевых деревянных колодцах, где стенки сруба по идее водонепроницаемы, все же находятся лазейки для воды. Во время высокого стояния подземных вод поступление слабо очищенной воды соответственно увеличивается.

Второй аспект обследования – выяснение эффективности санитарной охраны подземных источников. У артезианских источников должна быть зона санитарной охраны с радиусом не менее 30 метров вокруг скважины. Эта территория огораживается забором, защищается полосой зеленых насаждений, поверхностный сток отводится. Сама площадка должна быть замощена или заасфальтирована, на ней не должно быть никаких сооружений, не имеющих отношения к эксплуатации водопроводных сооружений. Воспрещается проживание людей и содержание скота. Есть также определенные ограничения для территории, примыкающей к описанной зоне: отвод загрязненных поверхностных стоков, канализование и т.д. Размеры этой территории определяются санитарными условиями, в которых находится скважина и водоносный горизонт, а также гидрогеологическими условиями: направлением потока подземных вод, мощностью и составом перекрывающих пород и т.д. (Справочник, 1990). Поэтому нельзя дать рекомендации по размерам этой территории без соответствующего изучения.

Колодцы также должны иметь санитарную зону. Путем обследования выясняется, нет ли в радиусе 30 метров от колодца скотного двора, уборной, выгребной ямы и т.д.

Третье – проверка надежности изоляции источника от внешней среды. Для скважин это сделать труднее и ненадежная изоляция становится очевидной тогда, когда заметно снижается качество воды. Согласно нашим наблюдениям за одной из скважин на окраине Екатеринбурга, весной и осенью ухудшалось качество воды. В эти периоды поверхностные воды (весной – талые снеговые, осенью – поднимающиеся болотные) попадали в скважину. При этом уменьшалась прозрачность, ухудшались вкусовые качества, а после кипячения и остывания воды на ее поверхности появлялась темноватая пленка.

Соблюдение требований изоляции легче проверить применительно к колодцам. Верхняя часть колодца должна быть на высоте примерно один метр над землей, снаружи обита плотно подогнанными досками, чтобы через щели сруба не проникали пыль, мусор, листья и т.д. Сверху должны быть плотно закрывающаяся крышка и навес. Согласно имеющимся требованиям, территорию вокруг колодцев осушают с помощью дренажа. Для создания гидроизоляционного замка вокруг колодцев выбирают грунт, траншею глу-

¹ Верховодка – это ближайшие к земной поверхности подземные воды, не имеющие сплошного распространения. Периодически накапливаются в основном в результате просачивания атмосферных или поверхностных вод и затем исчезают, испаряясь или перетекая в нижние горизонты.

биной примерно два метра заполняют глиной, утрамбовывают, а сверху покрывают камнем и бетоном¹.

После выполнения предложенной работы можно сделать некоторые выводы: относительно возможности дальнейшего использования конкретного источника подземных вод, при этом не исключено употребление воды только в бытовых целях; относительно отправки проб воды на анализ (правильнее – несколько раз в год, во все сезоны, но чаще весной) и т.д.

¹ Источник: Шепелев А.П. Как построить сельский дом. М.: Росагропромиздат, 1991.

Рекомендации по улучшению качества питьевой воды

Человечество столкнулось с проблемой некачественной питьевой воды еще на заре цивилизации. Те, кто игнорировали эту проблему (по незнанию или другим причинам), часто рисковали своим здоровьем. Приведем некоторые любопытные факты. В Древнем Риме использовались свинцовые водопроводные трубы¹. Химические анализы обнаружили высокое содержание свинца в скелетах представителей высшего класса римского общества². Другой факт уже из российской истории. Целое столетие (с первой половины XVII по первую половину XVIII вв.) Кремль снабжался водой, которая находилась в постоянном контакте со свинцом: и водонапорный резервуар, и лари были выложены листовым свинцом, а для подачи воды использовались также свинцовые трубы. Особенно токсичной вода была по утрам – после ночного неподвижного стояния в свинцовых резервуарах и трубах. В каких концентрациях присутствовал свинец? Можно только догадываться. А вот концентрации свинца в питьевой воде г. Лейпцига, когда вспыхнула «свинцовая эпидемия», были определены достаточно: они достигали 25 мг/л, причем «виноваты» оказались тоже водопроводные трубы (Бондарев, 1984).

Однако история дает нам и другие примеры. Мудрые египтяне в XV в. до н.э. использовали различные приспособления для очистки воды. Кипячение и фильтрация были известны в античности. Гиппократ известен и тем, что изобрел прибор для очистки воды.

После поучительного, на наш взгляд, экскурса в историю, можно задать такой вопрос: «Как же мы сейчас, на рубеже веков относимся к рассматриваемой проблеме?». По нашим наблюдениям, большинство потребителей воды смирились, как с неизбежным злом, с тем, что приходится пить не совсем чистую или совсем не чистую воду. На первый взгляд, они правы: где же взять воду первозданной чистоты, если кругом все (воздух, почвы, реки и озера) загрязнено, а современный уровень водоподготовки не позволяет полностью исключить из воды все опасные примеси? Все-таки водопроводная вода регулярно контролируется органами санэпиднадзора, а вышеперечисленные источники, как правило, нет. Известно, что, например, *в г. Екатеринбурге нет ни одного родника, который полностью соответствовал бы санитарным требованиям*¹ (курсив мой, Ю.М.) Небезразличные к собственному здоровью и, особенно, к здоровью своих детей пытаются найти выход из этой, казалось бы, тупиковой ситуации. Кто-то, например, не ленится хо-

¹ Кроме того, у зажиточных римлян было принято покрывать внутреннюю поверхность бронзовых кубков и иной посуды тонким слоем свинца – для того, чтобы устранить неприятный, «плебейский» привкус меди (Бондарев, 1976).

² Некоторые авторы даже выдвинули версию о том, что упадок Римской империи в какой-то степени был вызван свинцовым отравлением: в течение жизни многих поколений происходила медленная, но непрерывная интоксикация всей римской правящей элиты. Как следствие, падала их энергия, предприимчивость, жажда жизни (Бондарев, 1976). Корректно ли ставить вопрос: «Могли или нет те десятки килограммов, которые всосались в кровь и мозг римских правителей, перевесить груз социально-экономических проблем Римской империи?». Наверное, нет.

¹ Интервью с врачом гор. СЭС Т.Постоваловой в газете «Уральский рабочий» за 30 апреля 1997г.

доть за водой к ближайшему родничку (пусть даже он находится на разделительной полосе автострады)², немало и таких, кто привозит драгоценную жидкость из скважины коллективного сада, причем не только на машине, но и на общественном транспорте, а некоторые специально по выходным дням ездят с канистрой на электричке к проверенному водоисточнику. На окраинах городов, в частном секторе, многие предпочитают брать воду из колодцев, хотя и имеется водопровод.

Однако во многих случаях нет никакой гарантии, что замена водопроводной воды на альтернативный источник оправдана. В воде из скважины, пробуренной в коллективном саду у оз. Глухое, обнаружили большое содержание селена, а в расположенной на Широкой Речке – большое количество токсичных веществ³.

И все-же, подавляющее большинство видит решение проблемы в бытовом фильтре, и, соответственно, установив фильтр, перестают об этом думать: и других проблем хватает. Однако авторитетнейшие специалисты (например, профессора Черняев и Шахов) не считают установку фильтра решением проблемы. Красивая реклама подчас очень ловко скрывает «неудобные» для производителя вопросы. Так, импортные фильтры и фильтры, созданные, скажем, для Санкт-Петербурга, не подходят для воды екатеринбургской, хотя в рекламном буклете и подчеркнуто: фильтры прошли испытания в России и сертифицированы Госстандартом и Минздравом России. Почему? Да потому, что у нас свои, «родные» загрязнители, и «чужой» фильтр будет защищать воду лишь косметически. Далее, в том же буклете указано: картридж рассчитан на работу в течение 1 года (немало, не правда ли?). Однако, не зная состава воды конкретного потребителя, как можно устанавливать этот срок? Если превышен критический объем очищаемой воды, то фильтр начнет добавлять в воду захваченные ранее токсиканты (кстати, почему не предположить, что даже «с добавкой» из тех же размножившихся в питательной среде бактерий?). Чтобы этого не случилось, надо, как только фильтрующее волокно из белоснежного превратилось в равномерно окрашенное, заменить картридж. Кроме того, фильтры вместе с загрязнителями удаляют и те соединения, которые жизненно необходимы организму (а как же иначе: ведь фильтр не может «думать» и соответственно решать, кого пускать, а кого – задерживать; если бы такой «умный» фильтр изобрели, то это было бы революционным переворотом в данной индустрии).

Поскольку своевременная замена фильтроэлемента водоочистителя исключительно важна, добавим к сказанному следующее¹. В некоторых импортных приборах имеются механические счетчики воды. После пропускания заданного количества фильтруемой воды на табло водосчетчика выскакивает специальный значок, указывающий на то, что ресурс выработан и

² Это действительно так: именно к такому роднику никак не зарастет народная тропа на юго-западе Екатеринбурга.

³ Газета «Вечерний Екатеринбург», 9.06. 1993.

¹ Из интервью с зам. директора Центра Экологического Сервиса «Экология – Эксперимент В. Рыжковым («Двойной экспресс», № 35 – 36, 1998).

следует заменить фильтроэлемент. В некоторых водоочистителях применяют индикаторы, со временем меняющие свою окраску. И первый, и второй способ весьма относительно и ненадежны. Единственно надежный способ определения выработки ресурса – периодический химический анализ фильтруемой воды, что для большинства пользователей нереально. Выход один – чаще менять фильтрующий элемент. А при покупке лучше ориентироваться на приборы с ресурсом не более 3-х – максимум 4-х тысяч литров водоочистки.

Добавим от себя: возможны и другие наглядные способы оповещения потребителя о необходимости замены фильтра (например, прибор Rowenta имеет подвижный индикатор ресурса).

Более известны индивидуальные водоочистители для водопровода. Однако специалисты советуют пропускать через них и родниковую, колодезную воду. Не требуют большого напора фильтры “Бриз”, “Барьер”, “Кенвуд” и др.

Несколько слов о необходимости применения фильтров коллективного пользования в школах (других учреждений мы здесь не касаемся), где дети до сих пор часто пьют сырую воду. Поэтому устанавливаемые в школах фильтры должны и обеззараживать воду. Например, фильтр “Фонтанчик” УФ.00 производства Нижнетагильского медико-инструментального завода оборудован ультрафиолетовым стерилизатором. Однако мы вынуждены констатировать, что в обычных школах таких фильтров пока крайне мало¹. Заканчивая рекомендации по водоочистителям, подчеркнем, что пить сырую водопроводную воду после пропускания ее через индивидуальный водоочиститель нельзя: основное его назначение – очистка от химических примесей, а обеззараживание является вторичной функцией.

Другой простой способ водоподготовки в домашних условиях – отстаивание воды в открытых сосудах примерно в течение суток (это знают все любители аквариумных рыбок). Что же при этом происходит? Хлор, столь незаменимый пока у нас, после выполнения своей функции становится нежелательным компонентом (в главе 4 это подробно описано); при отстаивании воды он большей частью улетучивается. Железо, которым столь богаты наши воды вследствие дедовского способа транспортировки воды, частично выпадает в осадок, тоже относится и ко взвеси, а она может сорбировать, т.е. захватывать нежелательные примеси. По мнению специалистов², желательно перед употреблением создать условия для контакта воды с воздухом: ведь в многокилометровых трубах вода не имела такой возможности в отличие от природных поверхностных вод. Заметим, что одним из механизмов самоочищения речных вод является обогащение их кислородом на перекатах, при этом кислород выступает окислителем. Может быть, применение приборов для аэрации аквариумов улучшит качество нашей водопроводной воды?

Эффективным средством очистки питьевой воды является замораживание воды. Читатель, интересующийся географией, наверное, знает, что мор-

¹ Наши попытки изменить ситуацию к лучшему не увенчались успехом.

² Из беседы с профессором УГТУ-УПИ И.С.Шаховым.

ской паковый лед ¹ пресный, а молодой лед – соленый (как и, казалось бы, всегда должно быть: ведь морская вода соленая). Какой же «опреснитель» работает в океане? Конечно, это чисто природный процесс ². Вначале возникают пресные кристаллы, а между ними собираются капли крепкого рассола, которые оказываются как бы «плененными» внутри кусков льда. Рассол под действием силы тяжести стекает между кристаллами и лед постепенно опресняется. Как это не раз бывало, сама природа как бы подсказывала интересующимся, в каком направлении надо действовать. По мнению инженера А.Лабзы, наиболее перспективный метод очистки воды – вымораживание примесей. Ход рассуждений Лабзы следующий. Вода при замерзании выделяет вначале кристаллы чистого льда, очень маленькие по размерам, но непрерывно нарастающие. При этом «рассол» с примесями в виде растворенных солей, органических веществ и ядохимикатов вытесняется из пористой массы кристаллов пресного льда и сосредотачивается в центральной и отчасти нижней зоне замораживаемого объема исходной воды. Этот «рассол» замерзает в последнюю очередь ³.

Добавим к сказанному мнение физика Л. Тарасова (1988): «Кристаллическая решетка льда может образоваться лишь из атомов кислорода и водорода – она не допускает замены этих атомов какими-то другими. Сами кристаллы – всегда чистый лед».

Как конкретно реализовать описанную идею метода? Поделимся нашим опытом, опуская эксперименты, которые не увенчались успехом. Наиболее рационально для семьи из четырех - пяти человек использовать под воду две большие, по 20 литров, кастрюли с крышками, причем одна находится на морозе, а другая в это время оттаивает на кухне. Толщина образовавшегося льда должна быть примерно 2 см, затем во льду пробивается кухонным топориком отверстие, через которое и сливаются остатки незамерзшей воды. Затем лед тает при комнатной температуре и вода по мере необходимости расходуется. В теплое время года можно использовать морозильную камеру. Расход электроэнергии невелик: для приготовления 10 литров льда потребуется 1,5 киловатт-часа.

Замораживание воды дает еще одно преимущество: позволяет пить талую воду, которая оказывает благотворное воздействие не только на растения и животных, но и на людей. Об этом написано немало, хотя строго научного объяснения пока не найдено. При этом положительный эффект, а именно это для нас главное, бесспорно доказан. Ю. Андреев пользу талой воды объясняет двумя причинами. Обычная водопроводная вода представляет собой весьма разнородное образование молекул, значительная часть которых в силу своего несоответствия размеру мембран наших клеток не участвует в солевом

¹ Пак – многолетний тяжелый морской лед голубого цвета, просуществовавший более двух годовых циклов нарастания и таяния.

² Самоопреснение морского льда открыл в 1820 г. знаменитый русский капитан Ф.Ф.Беллинсгаузен.

³ Об этом методе очистки воды можно прочитать в следующих публикациях. 1. Андреев Ю. Три кита здоровья. // Нева, 1988, № 2, с. 146 – 152. 2. Чистая водица для здоровьица. // Вечерний Екатеринбург, 10 ноября 1993г. 3. Слюсарев С. Холодильнику, с любовью. В кн.: Не может быть. Вып. второй, 1991, с. 60 – 64.

обмене. Идеальной для организма могла бы быть такая вода, в которой все молекулы по размерам меньше отверстия этой мембраны. Это и есть талая вода. Второе важнейшее качество такой воды – большая внутренняя энергия. В талой воде движения молекул не гасят друг друга, а идут в резонанс, работают на одну и ту же волну. И когда человек (и не только он) пьет талую воду, он получает энергетическую подпитку¹.

Еще более убедительно можно доказать пользу талой воды путем сравнения количества изотопной разновидности воды (так называемой тяжелой воды) в обычной воде и талой. Доказано, что тяжелая вода², в которой «нормальный» водород протий, самый распространенный изотоп водорода, заменен на дейтерий, вызывает в больших дозах гибель организмов, а в меньших – действует угнетающе. Тяжелая вода – обязательный спутник воды обыкновенной (одна часть тяжелой воды на 6800 частей нормальной) и если бы ее содержалось еще меньше, то было бы лучше для всего живого. Так вот, в талой воде меньше тяжелой фракции (Мезенцев, 1969).

Ученые Томска исследовали, как влияет на жизнедеятельность животных и растений чистая снеговая вода. Обнаружено, что снеговая вода – в полном смысле слова «живая». Например, куры, которых поили талой водой, снесли за три с половиной месяца в два раза больше яиц, причем вес яиц увеличился. Увеличивался и вес новорожденных поросят (в полтора раза). Огурцы давали вдвое больший урожай, а те, у которых и семена замачивали снеговой водой – почти втрое больший по сравнению с контролем. Тоже показано на редисе (Мезенцев, 1969).

На основе приведенных данных появились на первый взгляд парадоксальные предположения. Например, о причинах сезонных перелетов птиц из южных благодатных стран, где всего хватает, в суровые северные широты ко времени таяния снегов и вскрытия рек¹. Может быть, инстинктивная тяга заставляет птиц лететь за тысячи километров, чтобы вывести здоровое и многочисленное потомство, одним из условий чего и является потребление талой воды.

Для жителей районов с повышенной радиацией А.Лабза рекомендует двухэтапное замораживание. Как уже отмечалось, температура замерзания дейтериевой воды равна плюс 3,8. Значит, она должна замерзнуть первой. Именно эту особенность тяжелой воды и использовал Лабза. Он пишет: «При искусственном замораживании воды ее тяжелая составляющая отлагается на стенках и дне сосудов, и, кроме того, зачастую образует тонкие ажурные пластинки. Их очень легко удалить: перелить еще незамерзшую воду в промежуточную емкость – кастрюлю, примерзшие к стенкам и находящиеся в середине сосуда ледяные пластинки растаять любым способом и вылить, в осво-

¹ Сам Ю. Андреев, голодая в лечебных целях, не испытывал чувства голода. По его мнению, причина этого заключалась в приеме талой воды. Более того, он отмечает, что после шести – семи месяцев применения талой воды ему стало хватать для сна пяти – шести часов.

² Тяжелая вода, хотя ни цветом, ни вкусом, ни запахом от обычной не отличается, имеет иные характеристики: плотность на 10% выше (отсюда и название), температура плавления +3,82, температура кипения 101,4 и т.д.

¹ Сравните количество птиц летом у нас в средних широтах и на юге России или Крыму и окажется, что юг намного беднее. Странно, но факт.

бодившийся сосуд вернуть недозамерзшую воду и снова отправить в морозильник».

Выскажем еще одно соображение. Талую воду, видимо, целесообразно пить периодически (например, декаду каждого месяца), постоянно – не следует, т.к. может нарушиться баланс минеральных веществ в организме. Сразу оговоримся, что, насколько нам известно, специальных исследований по этому вопросу не проводилось.

Согласно западным стандартам, обычной практикой является использование бутилированной воды, причем это может быть и талая вода с Пиренейских, к примеру, гор. У нас в стране тоже достаточно хорошо развит рынок бутилированной воды, но массового ее применения пока нет: сдерживает цена.

Здесь же коснемся проблемы тары. Не желательно хранить питьевую воду в эмалированной посуде, если заметно нарушено покрытие, также в алюминиевых канистрах (для их изготовления используют так называемый непищевой алюминий, и постоянное хранение воды в таких канистрах увеличивает риск заболевания алюминозом); безопасны фляги из пищевого алюминия, безусловно экологичны стеклянная посуда, полиэтиленовые и подобные им емкости, если на них указано: «для пищевых продуктов». Наверное, наиболее распространенной тарой сейчас являются пластиковые бутылки. Однако материал, из которого изготовлены некоторые бутылки, может причинить вред здоровью. Это поливинилхлорид, и бутылка из него примерно через неделю начинает выделять в жидкость канцерогенное вещество винилхлорид. Пищевые материалы, которые только и должны использоваться, безвредны. Способ опознания бутылки неизвестного происхождения – сильное нажатие на нее ногтем. На «опасной бутылке» появится белесый шрам, экологически безопасная останется гладкой¹. В рекомендациях 1994 года издания мы приводили такое мнение специалистов: при приготовлении чая не кипятить воду, а доводить ее до кипения, т.к. при кипячении хлор активно взаимодействует с органическими веществами и образуются вредные для здоровья хлорорганические вещества или, второй вариант, вообще не доводить до кипения. Сейчас мы, наоборот, настоятельно рекомендуем не пить сырую и «недокипяченную» воду: за несколько лет резко возрос риск инфекционных заболеваний (см. главу 4). Известно также, что если в воде присутствует антиген гепатита А, то полной уверенности, что он погибнет при кипячении нет: при температуре 100 градусов он может жить 5-6 минут¹. Употребление такой воды при условии слабого иммунитета может привести к заболеванию гепатитом А. Наверное, поэтому Главный государственный санитарный врач Свердловской области Б. Никонов призывает жителей «городов риска» Свердловской области

¹ Подробнее о маркировке бутылок: пищевых и непищевых – можно прочитать в статье «Бутылка массового поражения» (см.: «Наша газета», № 16, 1998г.). Сразу заметим, что, получив такую «неприятную» информацию, мы решили проверять приобретаемые бутылки, причем проверили не один десяток бутылок, купленных во временных торговых точках (вдоль оживленных автострад России и Украины). Результат: все бутылки выдержали тест, с чем мы себя и поздравили.

¹ Из беседы с начальником коммунального отдела ГорСЭС И.Плотниковым.

не пить сырую воду, причем кипятить ее нужно не менее 5 минут², а также делать прививки, причем привитые обладают невосприимчивостью пожизненно или, как минимум, на 20 лет. Однако денег у государства на бесплатные прививки нет, и каждый делает свой выбор. Для справки: лечение одного заболевшего гепатитом А стоит сейчас 10 тысяч рублей.

В южных регионах в потенциально опасных (с точки зрения наличия болезнетворных организмов районах) советуют пить воду, подкисленную сухим вином (примерно на одну треть от объема)³.

Здесь же коснемся вопроса бактерицидных свойств серебра. Известно, что еще в VI в. до н.э. персы знали об них: царь Кир во время походов сохранял воду в серебряных «священных» сосудах. Сохранились свидетельства о том, что военнопленные А. Македонского во время похода в Индию не страдали от кишечных заболеваний, причем пили они воду из серебряных кубков, в отличие от простых воинов. Однако из этого не следует, что серебряная посуда эффективно очищает воду от патогенных микроорганизмов. Можно лишь утверждать, что серебряные предметы при длительном контакте с водой лишь частично нейтрализуют эти организмы.

Если приходится брать воду из реки, ручья или озера, ее надо кипятить 10 минут. Для минимального химического обеззараживания воды можно бросить несколько кристалликов марганцовки, чтобы вода окрасилась в слабо-розовый цвет, и пить через 10-15 минут. Или размешать йод – 2 чайные ложки на ведро и, добавив 2-3 щепотки соли, чтобы быстрее осела муть, пить через 20 минут. Иногда применяют и перекись водорода. Понятно, что таким жестким обеззараживанием нельзя злоупотреблять, иначе сами реагенты нанесут вред здоровью.

² Импортные пластмассовые чайники, в короткой схватке победившие отечественных собратьев, этого времени не обеспечивают. Возможный выход: после автоматического отключения не сразу использовать кипятильник, а выждать некоторое время, периодически включая чайник.

³ Одна из немногих рекомендаций, выполнение которой не только полезно, но и приятно.

Вместо заключения

При написании методических рекомендаций самым трудным для автора была разработка рекомендаций. Нам не хотелось бы навязывать читателю свою точку зрения. Если какие-то советы кажутся незаслуживающими внимания – что же, есть и другие предложения. Можно и вообще их никак не воспринимать: немало людей придерживаются принципа «лучше не знать».

Мудрые люди давно заметили: «Каждый делает свой выбор», и хотелось бы, чтобы уважаемый читатель сделал правильный выбор, и если предложенная брошюра хотя бы в небольшой мере будет этому способствовать, то автор считает свою задачу выполненной.

Замечания – очевидно неизбежные – будут приняты с благодарностью по адресу: 620219, Екатеринбург, пр. Космонавтов, 26, Уральский гос. педуниверситет, профессору Ю.Л. Мельчакову.

Литература

- Баландин, Р. К. Природа и цивилизация [Текст] / Р. К. Баландин, Л. Г. Бондарев. М. : Мысль, 1988.
- Баттан, Л. Дж. Загрязненное небо [Текст] / Л. Дж. Баттан. М. : Мир, 1967.
- Бондарев, Л. Г. Ландшафты, металлы и человек [Текст] / Л. Г. Бондарев. М. : Мысль, 1976.
- Временные методические рекомендации по контролю загрязнения почв [Текст]. М. : Моск. отд. Гидрометеоцентра, 1983. Ч. 1.
- Волков, С. Н. Екатеринбург. Человек и город. Опыт социальной экологии и практической геоурбанистики [Текст] / С. Н. Волков. Екатеринбург, 1997.
- Глобальный биогеохимический цикл серы и влияние на него деятельности человека [Текст]. М. : Наука, 1983.
- Добротина, Н. А. Грибы – небезопасные индикаторы [Текст] / Н. А. Добротина, Г. А. Юлова // Природа. 1993. № 8. С. 59-65.
- Доклады АН СССР. 1991. Т. 316. № 3. С. 739-743.
- Коноплев, А. В. Физико-химические процесс и экотоксикологические ситуации [Текст] / А. В. Коноплев, А. А. Булгаков // Человек и стихия. 1989. С.7-10.
- Корнер, Т. В. Вариативные учебно-тематические планы и программы спецкурсов экологической подготовки учителей естественнонаучного цикла [Текст] / Т. В. Корнер, С. В. Алексеев, Н. В. Груздева. Л. : Академия педагогических наук, 1991.
- Лавриненко, Р. Ф. О закономерностях изменения рН в атмосферных осадках [Текст] / Р. Ф. Лавриненко // Труды ГГО. 1971. Вып. 254. С. 184-189.
- Мазуров, Г. И. Антропогенные облака [Текст] / Г. И. Мазуров // Человек и стихия. 1991. С. 15-17.
- Мезенцев, В. А. Энциклопедия чудес [Текст] / В. А. Мезенцев. М. : Знание, 1969. Кн. 1.
- Мельчаков, Ю. Л. Помоги себе сам или практические советы по оценке и улучшению качества среды [Текст] / Ю. Л. Мельчаков ; Урал. гос. пед. ун-т. Екатеринбург, 1996. Ч. 2. Радиация.
- Мельчаков, Ю. Л. Эколого-химический словарь-справочник [Текст] / Ю. Л. Мельчаков ; Урал. гос. пед. ун-т. Екатеринбург, 1997.
- Небел, Б. Наука об окружающей среде [Текст] : в 2-х т. / Б. Небел. М. : Мир, 1993.
- Протасов, В. Ф. Экология, здоровье и природопользование в России [Текст] / В. Ф. Протасов, А. В. Молчанов. М., 1995.
- Прохоров, Б. Б. Жизненная среда горожан [Текст] / Б. Б. Прохоров // Природа. 1993. № 3. С. 45.
- Пфейфер, Ф. Погода интересует всех [Текст] / Ф. Пфейфер. Л. : Гидрометеоиздат, 1966.

Справочник помощника санитарного врача и помощника эпидемиолога [Текст]. М. : Медицина, 1990.

Тарасов, Л. В. Физика в природе [Текст] / Л. В. Тарасов. М. : Просвещение, 1988.

Худолей, В. В. Экологическая онкология [Текст] / В. В. Худолей // Природа. 1992. № 6. С. 66-71.

Черняева, Л. Е. Химический состав атмосферных осадков [Текст] / Л. Е. Черняева, А. М. Черняев, А. К. Могиленских. Л. : Гидрометеиздат, 1978.

Rao, P. S. Air pollution and its problem [Text] / P. S. Rao // Everymans Sci. 1984. 29. N 4. 294 p.

Учебное издание

Геоэкология и природопользование

Уральский государственный педагогический университет
620017, г. Екатеринбург, пр. Космонавтов, 26