

КАЧЕСТВО ВОДЫ И ВОДНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ

7.1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

В данной главе рассматриваются основные спектры отбора проб для определения качества воды и конкретные вопросы, связанные с отбором проб в реках, ручьях, озерах, водохранилищах и подземных водах. Более подробное описание этого вопроса можно найти в ссылках (WMO, 1988; UNEP/WHO/UNESCO/WMO, 1992) и в более специализированных публикациях по качеству биологической воды (American Public Health Association and American Water Works Association, 1999; Genin and others, 1997). Руководство по химическому или изотопному пробоотбору и методикам анализа представлено в обширном списке литературы, подготовленном Международным агентством по атомной энергии (МАГАТЭ).

7.2 ОСОБЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К МОНИТОРИНГУ КАЧЕСТВА ВОДЫ

Существует несколько методов мониторинга качества воды. Мониторинг может осуществляться через сеть стратегически расположенных станций с длинным рядом наблюдений, через повторную выборку краткосрочных обследований или, чаще всего, путем сочетания обоих методов.

При расположении станций и взятии проб следует учитывать следующие факторы:

- а) доступность пункта взятия проб и его состояние до лабораторной (для разрушающихся проб);
- б) наличие персонала, фондов, средств для обработки полевых и лабораторных данных;
- в) межведомственные соображения;
- г) тенденции в изменении населения;
- д) климат, географию, геологию;
- е) потенциальный рост центров (индустриальных и муниципальных);
- ж) безопасность персонала.

Число наблюдений зависит от назначения сети, назначения, предполагаемой станции отбора проб, уровня взятия проб, пространственной изменчивости изучаемых параметров, и что самое главное, от имеющихся фондов. При отсутствии достаточной исходной информации число взятия проб принимается произвольно на основе знания местных условий. Это число может быть скорректировано после значительного

числа взятых и анализированных проб и после того, как было отмечено, какие вещества присутствуют, в каких концентрациях и каких видовых изменений.

На выбор стратегии отбора проб также влияют существующее и планируемое использование воды, стандарты или нормы качества речной и озерной воды, доступность потенциальных участков отбора проб (в том числе, кому принадлежит земля, дороги, взлетные площадки), наличие электричества, наличие данных о качестве воды. Рисунок 1.7.1 показывает очередность действий для выбора участка отбора проб.

7.2.1 Параметры качества воды

Параметры, характеризующие качество воды, могут иметь несколько классификаций. Они могут классифицироваться:

- а) по физическим свойствам (температура, электропроводность, цвет, мутность);
- б) в качестве элементов состава воды (например, pH, щелочность, жесткость, окислительно-восстановительный потенциал, химическое потребление двуокиси углерода);
- в) по органическим химическим компонентам, таким как растворенный кислород, карбонаты, бикарбонаты, хлориды, фтористые соединения, сульфаты, нитраты, соединения аммония, калия, магния, натрия, фосфаты и тяжелые металлы;
- г) по органическим химикатам (такие как фенолы, хлорированные углеводороды, полициклические ароматические углеводороды и пестициды);
- д) по биологическим компонентам как по микробиологическим, таким как фекальные колиформы, так и по макробиотическим, таким как черви, планктон, рыбы и протисты.

7.2.2 Качество поверхностных вод

Число точек программы точно определяют оптимальное место для отбора проб в речной или озерной системе. Например, для того чтобы определить влияние притока в реку, в которую он впадает, пункты отбора проб должны быть расположены выше и ниже мест впадения притока в реку. В других случаях место и число взятия проб будут определяться из-за загрязнения водоемов или требованиями определенного использования водных объектов, например,

допуск и расход поверхностных вод может определить для мониторинга, типичные места отбора проб, количество проб, частота проведения анализов и параметры, необходимые для анализа.

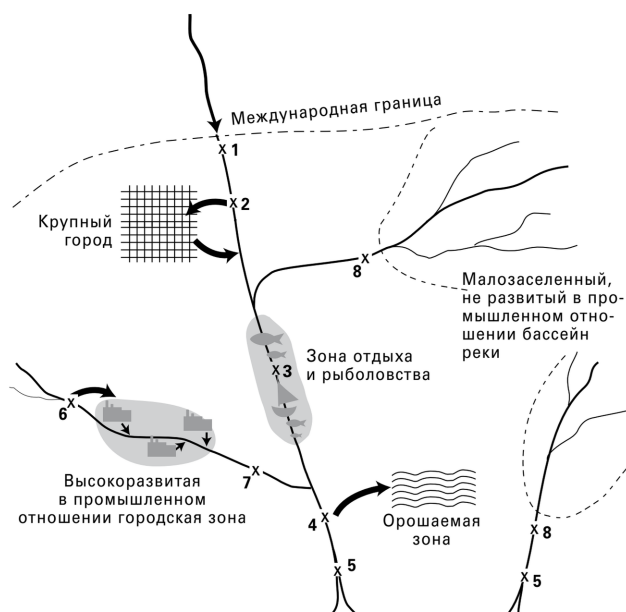
Стратегия взятия проб различна для разных видов среды и водных объектов, например: для воды, наносов или биоты. Если цели исследования касаются влияния деятельности человека на качество воды в бассейне данной реки, бассейн может быть разделен на две части — естественную и подвергшуюся влиянию. Последняя может быть впоследствии подразделена на стационарные зоны и зоны, влияние на которые меняется, типичные сельскохозяйственные, зоны проживания людей и промышленные зоны. В изучении

кислотных отложений в жидком фазе является чувствительность земной поверхности к отложениям. Рисунки I.7.2 и I.7.3 дают примеры того, как разработать пробоотборные станции в озерных и речных системах, чтобы они максимально отвечали своему назначению.

Сбор соответствующей информации о районе проведения мониторинга является важным этапом в оценке качества воды. Искомая информация включает в себя геологические, гидрологические и климатические спектры. Кроме того, к факторам относятся демографические условия и планируемое использование воды (существующие водозборы и сбросы, дренажные скважины, планы ирригации, регулирования стока).

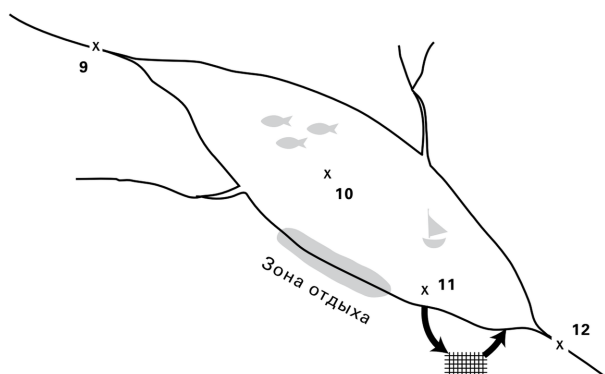


Рисунок I.7.1. Схема для выбора участков отбора проб на качество воды



Станция	Критерий
1	Непосредственно ниже по течению от международной границы
2	Водозабор для снабжения крупного города
3	Зона для рыболовства, отдыха и развлечений
4	Водозабор для крупномасштабной сельскохозяйственной ирригации
5	Зона выклинивания пресной воды в главной реке при приливных явлениях
6	Водозабор для снабжения крупных промышленных объектов
7	Ниже по течению от сброса промышленных стоков и на важном притоке, влияющем на главную реку
8	Базовая станция, вода в естественном состоянии

Рисунок 1.7.2. Участок мониторинга: реки



Станция	Критерий
9	Основной питающий приток озера
10	Общее качество воды в озере
11	Водозабор для снабжения крупного города
12	Вода, вытекающая из озера

Рисунок 1.7.3. Участок мониторинга: озера

Р состояние вниз по течению до мест полного перемешивания поверхностных вод примерно пропорционально скорости течения и квадрату ширины русла реки. На мелководных реках вода достигает вертикальной однородности ниже источника загрязнения. Перемешивание воды по ширине обычно достигается гораздо медленнее. Таким образом, бывает, что на широких реках с быстрым течением на протяжении многих километров от точки поступления загрязнения и вниз по течению реки, полного перемешивания так и не происходит. Озера могут подвергаться вертикальной стратификации по причине температуры или поглощения большого количества соленой воды.

Для определения репрезентативности проб в водном сечении реки рекомендуются различные методы, например, шесть проб анализируются в двух экземплярах — в трех местах по ширине реки и в двух глубинах — или пробы берутся на средней глубине через каждую четверть ширины реки, или в других, равных друг от друга состояниях по ширине реки. Если же нельзя получить репрезентативные пробы, рекомендуется выбрать другой участок, рядом с этим или ниже по течению. Другой альтернативой состоит в получении средневзвешенной пробы, составленной из проб, взятых на вертикалях водного сечения реки.

Продольное перемешивание нерегулярных или циклических сбросов в реку будет иметь второстепенное влияние на положение мест взятия проб. Это влияние должно быть учтено при определении частоты взятия проб и интерпретации полученных данных.

Для озерных станций рекомендуются следующие процедуры: отбор проб в течение 5 дней подряд в самое теплое время года и в течение 5 дней подряд каждые 3 месяца. Другой метод заключается в том, чтобы брать пробы, по крайней мере 6 раз в год, вместе с дополнительной произвольной пробой в течение следующих периодов: во время открытой воды перед летней стратификацией, после летней стратификации в период перемешивания подо льдом, также в период снеготаяния и дождевых паводков.

Подобным образом, если возможно, следует брать дополнительные пробы в реках после штормов, во время половодья и дождевых паводков. Если построить графическую связь параметров во времени, то среди произвольных колебаний можно заметить циклические вариации.

Для того чтобы обнаружить циклические явления, необходимо, чтобы интервал между взятием проб был не больше одной трети времени с момента короткого цикла, и отбирать пробы следует в течение периода, который был бы по крайней мере в 10 раз больше, чем

время с много длинного цикла. Поэтому при начальном обследовании долгосрочные циклы не получают подтверждения, но они становятся заметны во время работы сети. Для обнаружения циклических вариаций желательнее брать пробы произвольно, т. е. в разные дни недели и в разное время суток.

7.2.3 Качество осадков

Некоторые спектры качеств осадков, особенно обособленные для отбора проб, рассмотрены в разделе 3.16. Обычно участки для взятия проб надо подбирать так, чтобы они дали точную и репрезентативную информацию о временных и пространственных изменениях химических элементов, представляющих интерес. Необходимо принимать во внимание следующие факторы: преобладающие направления ветра, источники соединений, представляющих интерес, частоту выпадения осадков (дождя, снега, град) и другие метеорологические процессы, влияющие на осадки. Следует также учитывать и местные условия:

- в пределах 1 км от участка взятия проб не должно быть никаких движущихся источников загрязнения, например: стоявшего воздуха, наземного или водного транспорта;
- в пределах 1 км от участка взятия проб не должно быть наземных складов сельскохозяйственных продуктов, жидкого топлива или каких-либо других инородных материалов;
- пробоотборники должны быть установлены на плоской поверхности земли с нерушенным почвенным покровом, предпочтительнее с травяным, окруженным деревьями, на расстоянии не менее 5 м от пробоотборника. Поблизости не должно быть рыхлимых ветром источников загрязнения, таких, как обретенные поля или дороги без покрытия. Особенно следует избегать зон сильной турбулентности, т. е. зон сильных вертикальных турбулентных потоков, водоворотов с подветренной стороны гор, обдуваемых ветром горных вершин или крыш зданий;
- в пределах 5 м от участка не должно быть объектов более высоких, чем пробоотборник;
- если поблизости имеется объект более высокий, чем пробоотборник, то расстояние, на котором он может находиться, должно быть не меньше чем равное их высоте, умноженной на 2,5. Особое внимание необходимо уделять высотным проводам;
- коллектор пробоотборника должен быть расположен на высоте не менее 1 м от земляного покрова, чтобы в него попадало как можно меньше песка, пыли или брызг;
- для автоматических пробоотборников, для их крышек и датчиков, в ряде случаев и для летнего охлаждения и зимнего таяния требуется электроэнергия. Если используются электролинии, провод

не должны быть над головой; если используются генераторы, то их выпускные трубы должны находиться далеко и с подветренной стороны от коллектора;

- расстояние от проблемы в масштабе континента, надо сказать, что предпочтительно, чтобы участки отбора проб не ходились в удаленной сельской местности, вдали от источников загрязнения, не менее чем в 50 км с наветренной стороны и в 30 км в других направлениях.

Возможно, не всегда все эти условия могут быть выполнены. При описании станции следует учитывать эти рекомендации и указывать точные характеристики каждого участка, выбранного для отбора проб.

В случае крупных озер, осадки над озером могут быть не такими сильными, как у берега, и доля крупных частиц в них может быть меньше. Для пробоотбора в середине озер надо установить пробоотборник на буе, на скале, на отмели или на небольшом острове.

Отбор проб осадков может производиться для каждого эпизода дождя или для месячного периода. В последнем случае пробы дождя хранятся для последующего анализа в течение того же периода. Анализ проб, взятых во время выпадения осадков, позволяет определить загрязняющие вещества, связанные со штормом, ливневым дождем или снегопадом, анализ траектории ветра поможет определить вероятные источники загрязнения. Однако этот режим пробоотбора отличается большой чувствительностью. Частоту пробоотбора осадков так же, как и при отборе проб поверхностных вод, статистический учет тоже такой же.

7.2.4 Качество подземных вод

Качество подземных вод постоянно меняется и ухудшается в результате человеческой деятельности. Точечными источниками локального загрязнения являются выгребные ямы и септические емкости, коммунальные стоки и сточные емкости, загрязнения с открытых свалок и со свалок с грунтовой сыпкой, стоки с животноводческих ферм, промышленные стоки, охлажденный возвратный сток в поглощающие скважины и утечки с танкеров или трубопроводов. На более значительных территориях может наблюдаться снижение качеств подземных вод в результате возвратных вод с мелиорируемых полей, подпитки водоносных горизонтов обретенными сточными водами или загрязненными промышленными стоками, поступления в пресные водоносные горизонты приграничных морских вод или минерализованных вод из других водоносных горизонтов.

Пробы воды могут отбираться как из безнасосных протезисных скважин, так и из скважин, оборудованных

н сосом. Пробоотбор из колодц следует производить только после дост точно длительной отк чки воды, чтобы обеспечить з бор пробы из водоносного слоя, не из колодц . Это особенно в жно для открытых колодцев или для тех колодцев, стенки которых подвержены коррозии. Для необорудов нных скв - жин нужны порт тивные н сосы. Для пробоотбор н р зной глубине мех ническое или пневм тическое оборудов ние должно быть использов но для изоляции особых мест. Пробоотбор в неглубоких водоносных слоях и н сыщенных зон х между непроницаемыми слоями может быть произведен з счет понижения пьезометр н нужную глубину. Основные п р метры, используемые для определения к честв поверхностных вод, могут т кже использов ться для мониторинг подземных вод, з исключением мутности, котор я обычно не является проблемой.

Для пл ниров ния отбор проб из водоносного слоя требуется большое количество гидрологической информации. Н до обл д ть д нными об уровне воды, гидр влических гр диент х, скорости и н пр влении движения воды. Скорость движения подземных вод внутри водоносного горизонт очень изменчив . Он может н ходиться в предел х от $1 \text{ м} \cdot \text{год}^{-1}$ н р вни х до более чем $1 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$ в к рстовых водоносных слоях. Необходимо произвести инвент риз цию колодцев, буровых скв жин и родников, пит емых водоносным слоем, и учесть дет ли землепользов ния.

Уже имеющийся действующий колодец предст вляет собой недорогой в ри нт для отбор проб и определения уровня грунтовых вод, хотя т кие колодцы не всегда удобно р сположены и не всегда сдел ны из нез грязняющих м тери лов. Колодец, которым пользуются и из которого регулярно отк чив ют воду, предпочтительнее з брошенного колодц . З брошенные колодцы, которыми не пользуются, ч сто н ходятся в пл чевном состоянии, с поврежденными или протек ющими стенк ми и прорж вленным н сосным оборудов нием. В них ч сто быв ет трудно измерить уровень воды, и они небезоп сны.

Изменения, происходящие в подземных вод х, могут быть очень медленными и з ч стую пр вильно описываются н основ нии ежемесячных, сезонных и д же ежегодных пробоз боров. В некоторых случ ях, т ких к к ллювиевые водоносные горизонты с большим поступлением воды с поверхности, изменчивость по времени к честв воды может быть очень в жной.

7.2.5 Качество отложений

Большинство изложенных в предыдущих р здел х критериев отбор проб применимо и к отбору проб отложений (5.5.3 и 5.5.4). Поэтому здесь будут опис ны только некоторые дополнительные рекоменд ции.

Т м, где требуются д нные о переносе отложений в реке, уч стки отбор проб необходимо р спол г ть вблизи водомерных постов с тем, чтобы точн я информация о р сходе воды в реке могл быть получен в любое время. Следует избег ть р змещения пробоотборников вверх по течению, поблизости от слияния рек, ибо тогд они могут подверг ться влиянию подпор и з стоя воды. В рек х, слишком глубоких для переход вброд, уч стки отбор проб следует р спол г ть под мостом или под гидрометрической люлькой. Если проб берется с мост , то ее обычно берут н той стороне мост , котор я выше по течению. Пробоотбор в р йоне высокой турбулентности, н пример вблизи волнолом , ч сто быв ет нерепрезент тивным. Н до т кже обр щ ть вним ние н скопление твердых н - носов и мусор у волноломов, ибо это может сильно отклонять течение и, следов тельно, р спределение н носов. Сост вные пробы, полученные в результ те смешив ния воды из р зных точек отбор по водотoku, могут счит ться репрезент тивными по среднему р сходу н носов, если вод хорошо перемеш н .

Для взятия проб донных отложений в рек х с быстрым течением лучшими мест ми счит ются те, где скорость течения миним льн , т. е. н б р х в середине реки, при повороте или изгибе русл , н отмели или в других з щиченных мест х.

Уч стки отбор проб должны быть доступны во время п водков, ибо в это время скорость перенос отложений быв ет н ибольшей.

Для рек, при определении пик сток з грязняющих н носов, н до р ссм трив ть дв случ я:

- а) для з грязнения, идущего из точечного источник , пробоотбор следует проводить во время меженного сток , когд приток з грязнений меньше р зб влен;
- б) когд з грязнение идет из р ссеянных источников, н пример от стоков с сельскохозяйственных земель, обр бот нных удобрениями или пестицид ми, тогд пробоотбор следует проводить во время п водков, когд з грязняющие веществ вымыв ются из почвы.

Если одной из целей является определение количеств переносимых отложений в речной системе, то следует иметь в виду, что пик концентр ции отложений не обяз тельно соответствует времени пик р сходов воды. Кроме того, высокие р сходы воды приведут к прогрессивно п д ющим пик м отложений — эффект истощения, происходящий от уменьшения количеств м тери л , способного подвергнуться суспензии. Для озер б зовый пробоотборный уч сток должен быть р сположен в геогр фическом центре озер . Если озеро очень большое (площ дь $> 500 \text{ км}^2$), то в т - ком случ е может пон добиться несколько б зовых

ст нций. Если нужен отбор проб н носов р зных типов, то можно использовать д нные кустического обследования (эхолот) к к для определения типов поверхностного м тери л (песок, гр вий, гли н), т к и для определения н личия подповерхностного р с-слоения.

Вспомог тельные уч стки отбор проб следует р змещ ть между б зовой ст нцией и устьем гл вного приток , или между б зовой ст нцией и источник ми з грязнения. Пункты отбор обычно р змещ ют вдоль длинной оси озер и н пересек ющихся мес-т ми поперечник х. Для приблизительного определения к честв н носов в озере среднего р змер быв ет обычно дост точно 3–5 ст нций. Но для ст -тистической достоверности, видимо, потребуется большее число уч стков отбор проб.

Н ч стоту пробоотбор в озер х влияет, к к пр вило, низк я концентрация взвешенных н носов. Во время м ксимум и минимум продуктивности водорослей и во время большого поступления речных н носов, следует использовать ловушки н носов. При повторном пробоотборе донных отложений необходимо учитывать скорости н копления н носов. В зоне умеренно-прохл дного клим т скорость н копления н носов ч сто не превыш ет 0,1–0,2 мм в год, и если нет к кого-то нового источник з грязнения и не поступ ет сколько-нибудь з метной новой информ -ции, то дост точно проводить повторный отбор проб р з в 5 лет.

7.3 МЕТОДЫ ОТБОРА ПРОБ [ГОМС Е05]

Отбор проб предст вляет собой процесс взятия репрезент тивного количеств воды из реки, озер или колодц . Методы отбор проб определяются рядом ф кторов, которые включ ют: м тери л отбир емой пробы, тип пробы и н лизируемый п р метр к честв , который в свою очередь определяет применяемое оборудов ние и методы.

Процедуры отбор должны быть д птированы к р зличным компонент . Они подр деляются н :

- устойчивые: компоненты не меняются со временем;
- почти устойчивые: компоненты меняются со временем, но могут быть ст билизирова ны в течение 24 ч сов или меньше после соответствующей обр ботки;
- неустойчивые: компоненты быстро меняются и их невозможно ст билизирова ть.

Группы) и б) включ ют в себя компоненты, которые можно тестиров ть в л бор тории, компоненты группы с) тестируются н месте отбор .

7.3.1 Виды проб воды

7.3.1.1 Грейферные пробы

Сбор грейферных проб н иболее подходит в тех случаях, когд требуется ох р ктеризова ть к чество воды в конкретном месте. Они т кже применяются для уст -новления истории д нных о к честве воды, основ нных н относительно коротких промежутк х времени. Грейферные дискретные пробы (лок льные) берут в определенном месте и н определенной глубине. Грейферные, интегриров нные по глубине пробы, отби-р ют по всей глубине водного столб и в определенном месте и времени.

7.3.1.2 Составные пробы

Сост вные пробы получ ются путем смешив ния нескольких дискретных проб для получения среднего зн чения к честв воды з период отбор . Может быть использов н дискретный или продолжительный отбор, и пропорции смешив ния р ссчитываются н б зе времени р сход . Потом ч сть составной пробы н лизируется. Их очевидное преимущество з ключ ется в экономии з счет уменьшения количеств проб, которые следует про н лизировать. С другой стороны, составные пробы не позволяют обн ружить изменения элементов, которые происходят з время отбор пробы.

Имеются дв основных вид составной пробы — последов тельн я и пропорцион льн я потоку.

Последов тельн я проб обр зуется непрерывным, постоянным н к чив нием пробы или смешением р вных объемов воды, собр нных в регулярные интерв лы времени.

Проб , составн я пропорцион льно потоку, получ -ется в результ те непрерывного н к чив ния со скоростью, пропорцион льной потоку, смешением р вных объемов воды, собр нной с временными интерв л ми, которые обр тно пропорцион льны объему поток , или смешением объемов воды, пропорцион льных потоку и отобр нных через один ковые временные интерв лы.

7.3.2 Отбор репрезентативных проб воды

Для взятия проб н мест х, р сположенных н однородном, с хорошим перемешив нием уч стке русл , может быть дост точным отбор интегриров нных по глубине проб в одной вертикали. Для небольших потоков обычно дост точно грейферной пробы, взятой в центре поток .

В других случаях, может возникнуть необходимость отобрать пробы для пререз русл в ряде точек и глубин. Количество и типы отобранных проб зависят от ширины, глубины, расхода, количества переносимых взвешенных наносов и существующей водной жизни.

Каждому, достаточно использовать от трех до пяти вертикалей, для мелких и узких потоков требуется еще меньшее количество.

Наиболее общим является метод однокровных измерений по ширине, в котором вертикали расположены на равном расстоянии по течению. Для метода однокровных измерений по расходу необходимо знать детальное распределение потока в пререзе, чтобы набить вертикали, расположенные пропорционально измерениям расходов.

7.3.3 Отбор проб для анализа стабильных изотопов воды

Для завершения изучения качеств воды будет интересно рассмотреть стабильные изотопы молекулы воды (кислород-18 и дейтерий). К примеру, в прибрежных зонах анализ стабильных изотопов как в поверхностных, так и в подземных водах, полезен для определения причин солености внутренних вод, которыми являются человеческая деятельность, земледелие или соленая вода выше по течению. Изотопы также помогают определить местоположение водоносных горизонтов, изучить связь подземных и поверхностных вод или определить природные процессы, влияющие на воду, такие как смешивание или испарение. Более подробная информация по использованию стабильных изотопов в связи с этой темой содержится в списке литературы (Mook, 2000).

Изотопный анализ требует специализированных лабораторий, но необходимые процедуры отбора воды довольно просты. Особый протокол процедуры отбора изотопов и их хранения заключается в следующем:

- а) необходимо использовать затемненные стеклянные или плотные пластиковые бутылки (от 10 до 60 мл), обычно 50 мл, и герметические колпачки (укрепленные изнутри пластиковой пробкой);
- б) необходимо промыть контейнеры для сбора воды 3 раза;
- в) необходимо наполнить бутылку до краев во избежание испарения, которому способствует остаточная вода и дыхание пр. При транспортировке по воздуху бутылки не должны быть переполнены, и крышки должны быть покрыты перфиленовой пленкой;
- г) пробы снега следует собирать в чистые пластиковые мешки (использовать чистые перчатки),

потом их постепенно переставлять перед помещением в контейнеры;

- е) пробы льда сохраняют в замороженном состоянии до прибытия в лабораторию;
- ф) пробы не должны фильтроваться, за исключением случаев, когда они были в контакте с нефтью (используемой для защиты от испарения собранных осадков);
- г) пробы могут сохраняться в течение долгого времени (больше года) в прохладных темных местах.

7.3.4 Измерение радиоактивности

Подробные инструкции по анализу радионуклидов, вопросы качеств воды, также рекомендуемые емкости и методы консервации представлены в ссылках (United States Geological Survey, 1984; IAEA, 2004) и списке дополнительной литературы в конце этой главы.

7.3.4.1 Источники радиоактивности в воде

Радиоактивность в воде может носить естественный и антропогенный характер. Основными природными источниками являются вымывание из горных пород, содержащих радиоактивные минералы, и попадание радонуклидов с космическим излучением. Главные источники искусственной радиоактивности — добыча урана, термоядерные станции, испытание ядерного оружия и мирное использование ядерных материалов и приборов, например производство энергии.

Основные элементы, поступающие в поверхностные и подземные воды естественным путем, — это уран, радий-226, радий-228, радон, калий-40, тритий и углерод-14. Все они, кроме двух последних, поступают из радиоактивных минералов. В уране с большим количеством радиоактивных минералов главным радиоактивным компонентом, присутствующим в воде, является природный уран. Тритий и углерод-14 образуются путем взаимодействия нейтронов космического излучения с азотом в верхних слоях атмосферы. Тритий (^3H), присутствующий в воде, обычно выделяется вместе с осадками, радиоактивный углерод связывается в атмосфере с двуокисью углерода.

Эти радонуклиды также образуются при испытании термоядерного оружия и используются для датирования подземных вод (время, прошедшее между расходом водоносного горизонта и отбором воды). Начиная с 1970 года, вероятно, самым большим источником трития стал ядерная энергетика. Основными изотопами искусственного происхождения, присутствующими в воде, являются стронций-90 и цезий-137.

Геохимическое поведение дочерних элементов может существенно отличаться от поведения исходных

радиоактивных, хотя их присутствие, распределение и перенос могут определяться исходным элементом. Междунationalная комиссия по радиологической защите рекомендует их максимально допустимую концентрацию в воде.

7.3.4.2 Отбор и консервация проб для радиоактивного измерения

Специальные емкости для проб (обычно четырехлитровые бутылки) делаются из полипропилена, полиэтилена или тефлона. Они должны быть заранее (за день) обработаны путем добавления в них концентрированной азотной кислоты, т.е. предварительно промыты дезинфицирующим средством и несколько раз сполоснуты чистой водой.

Для трития пробы должны отбираться в пластиковые бутылки высокой плотности объемом от 0,5 до 1 литра.

Для углерода-14, в соответствии со специальными требованиями лабораторий, процедуры заключаются в том, чтобы взять точно один литр воды в бутылку высокой точности или приготовить около 2,5 г осадка в более 100 литрах воды в случае низкого содержания углерода.

Основная проблема, с которой можно встретиться при консервации, заключается в десорбции из стенок емкости или из взвешенных структур. Для минимизации всего количества радиационных элементов и уменьшения десорбции в раствор добавляются 2 мл концентрированной соляной кислоты или однопроцентной азотной концентрации на литр пробы.

Обычно для снижения стоимости минимизируется цельсобрать годичную комплексную пробу, полученную путем смешивания месячных проб.

При существенном превышении уровня радиоактивности над фоновым, образующие комплексную пробу образцы радиоактивности образуются отдельно, для того чтобы определить образец(-ы), который(-ые) имеет(-ют) более высокий, чем ожидалось, уровень радиоактивности.

7.3.5 Оборудование и методика отбора проб в полевых условиях

7.3.5.1 Грейферные пробоотборники

Пробоотборники для взятия грейферных проб можно разделить на те, которые пригодны только для нелетучих компонентов и те, которые можно использовать для растворенных газов и других летучих компонентов. Для обоих видов имеются пробоот-

борники дискретные (поверхностные или для заданной глубины) и интегрированные по глубине. obviously можно использовать при отборе воды для определения нелетучих компонентов.

Приблизительно интегрированную по глубине пробу можно получить, опуская открытое пробоотборное устройство на дно водного объекта и поднимая его на поверхность с постоянной скоростью тем же образом, что емкость становится полной, только достигнув поверхности. Для этой цели могут использоваться жесткие пробоотборники. Они представляют собой устройства, иногда железные, которые применяются для крепления бутылки. Бутылки для проб помещаются в жесткий корпус и закрепляются держателем с горлышком. В некоторых случаях жесткий пробоотборник может служить грузом для увеличения веса, чтобы обеспечить вертикальное положение при сильном течении.

Невозможно взять интегрированную по глубине пробу на мелких потоках с недостаточной для этого глубиной. В таких случаях пробу следует отбирать осторожно, не касаясь дна. Можно вырыть углубление на дне, подождать оседания взвеси и взять пробу у верхней границы углубления.

Дискретные пробоотборники применяются для взятия проб с определенной глубины. Соответствующий пробоотборник опускается на заданную глубину, приводится в рабочее положение, затем возвращается к исходному положению. Для этих целей часто применяются пробоотборники Ван-Дорна, Кеммерера и сосновый:

- бутылка Ван-Дорна: бутылка Ван-Дорна (рисунок I.7.4) предназначена для отбора проб на глубине от двух метров. Горизонтальный тип следует применять при взятии проб у дна, у границы раздела водных масс;
- пробоотборник Кеммерера: пробоотборник Кем-

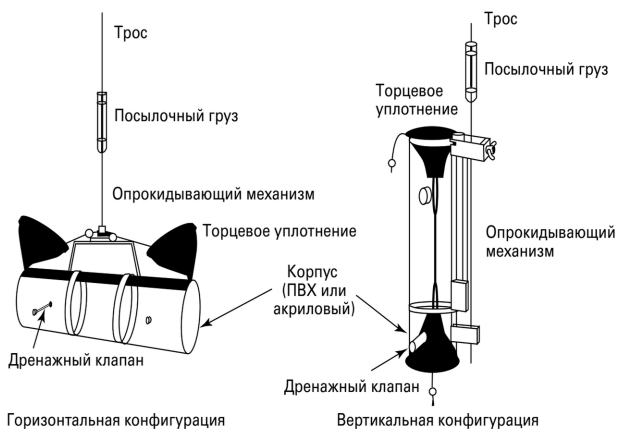


Рисунок I.7.4. Бутылка Ван-Дорна

мерер — один из самых распространенных видов вертикальных пробоотборников, применяемый обычно на глубинах свыше одного метра. Пробоотборник Кеммерер (рисунок 1.7.5) берет пробы объемом от 0,5 до 8 литров;

- с) вертикальные пробоотборники: существует три вида насосов для отбора проб с заданных глубин: дифференциальный, перистальтический и роторный. Обычно дифференциальный насос — ручной, перистальтический и роторный — электрические, поэтому их применение в полевых условиях значительно ограничено. Перистальтический насос не рекомендуется применять для отбора проб и анализ хлорофилла, поскольку может иметь место разрушение хлоропластов водорослей. Все насосы должны иметь конструкцию, не загрязняющую пробу воды. Входное и выходное отверстия шлангов также должны быть чистыми.

Бутылка Вэн-Дорна имеет преимущество перед пробоотборником Кеммерера в том, что ее крышка не мешает потоку воды проходить через пробоотборник, так как в противном случае это может привести к завихрениям и разрушениям структуры потока.

Батометр с несколькими бутылками (рисунок 1.7.6) позволяет одновременно брать в точке несколько проб одного и того же или различного объема. Каждая проба собирается в свою бутылку. При взятии проб одинакового объема можно получить информацию о мгновенной изменчивости на основе сравнения

дубликатов проб. Пробоотборник может быть переделан для различного количества бутылок и их объемов, в соответствии с требованиями специальных программ. Это достигается изменением размера чашек, длины чашечных втулок и конфигурацией и размером отверстий в чистой крыловой верхней части.

7.3.5.2 Пробоотборники для проб на растворенный кислород

Типичный пробоотборник для определения концентрации растворенного кислорода и биохимической потребности в кислороде (БПК) показан на рисунке 1.7.7. Его нужно вытаскивать открытым, в результате чего возможно попадание смеси из верхних слоев. Когда граблерные пробоотборники определенного вида снабжены донными дренажными трубками, они могут применяться путем заполнения пробы через дно емкости для анализа. Пробы должны отбираться в бутылки с узким горлом для БПК, которые имеют скошенные стеклянные крышки во избежание проникновения в пробу воздуха. Этим пробоотборником нежелательно брать пробы из мелких потоков. В ином случае перемешивание следует уменьшить, аккуратно отклоняя бутылку БПК вниз по течению.

7.3.5.3 Автоматические пробоотборники

Дизайн автоматических пробоотборников варьируется от сложных устройств с изменяющимися программами отбора проб, которым нужен внешний энергоисточник и постоянное помещение, до простых портативных с самообеспечивающих приборов, таких как погруженные бутылки с интенсивностью



Рисунок 1.7.5. Пробоотборник Кеммерера

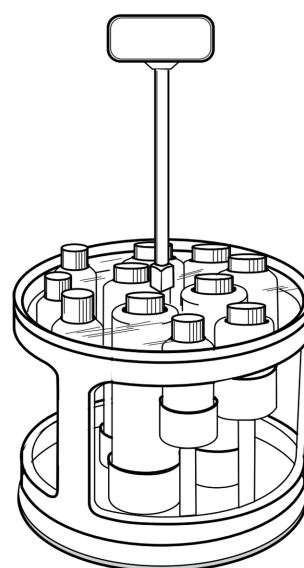


Рисунок 1.7.6. Батометр с несколькими бутылками

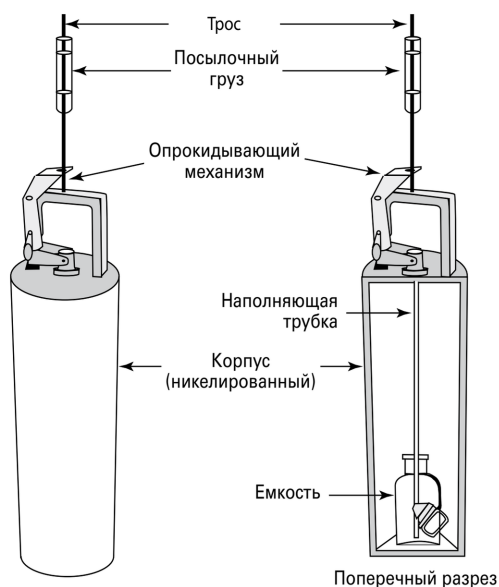


Рисунок I.7.7. Пробоотборник для проб на растворенный кислород

з полнения, определяемой медленным выходом воздуха. Число этих устройств в прогнммировныи отборк ждые 24 ч с .

При необходимости проведения чстных измерений они сниж ют з тр ты н эти р боты. Если н гидрометрическом створе уст новлен втом тический измеритель р сход , некоторые втом тические пробоотборники могут отбир ть пробу пропорцион льно стоку. Имеются к к сост вные (измеряющие р сход и отбир ющие пробу), т к и отдельные модели пробоотборников.

7.3.5.4 Влияние местоположения станции и времени года на порядок отбора проб

В полевых условиях р зличные ситу ции, возник ющие при отборе проб, требуют р зличных пр ктических приемов. В следующих р здел х р ссмотрены некоторые пр ктические приемы отбор проб, связ з нные с сезоном и р змещением точек отбор проб. Пр ктические приемы отбор проб более подробно р ссм трив ются в *Manual on Water Quality Monitoring: Planning and Implementation of Sampling and Field Testing* (Руководство по мониторингу к честв воды: пл ниров ние и применение методов отбор проб и тестиров ния в полевых условиях) (WMO-No. 680).

З ч стую более предпочтительно производить отбор проб с мост из-з легких подходов и безопас ности при всех стоковых и погодных условиях. Оди ко тр нспортные средств н мост х предст вляют другой потенци льный источник оп сности, который следует учитывать .

Использов ние лодок д ет больше возможностей и бл год ря их использов нию сниж ется время передвижения между точк ми отбор проб. Точки отбор должны быть отмечены три нгуляционными зн к ми с береговыми вешк ми, при уст новке которых необходимо учитывать н личие судоходств , п водков и штормовых условий (р здел 8.5). С молеты и вертолеты — очень дорогой, но быстрый и н дежный способ передвижения. Испыт ния пок з ли, что волнение воды от вертолетов незначительно влияет д же н содерж ние р створенного кислород в проб х воды. Пробы с берег следует бр ть только при отсутствии других возможностей. Пробу необходимо бр ть в месте с высокой турбулентностью или т м, где глубоко и быстрое течение. Жесткие пробоотборники ч сто применяются при взятии проб воды с берег или с прист ней.

Взятие проб снег и лд в зимних условиях требует применения несколько отличной методики. Следует соблюод ть меры предосторожности, опис нные в р зделе 8.9. Необходимо т кже очистить леж щий н льду снег, чтобы обеспечить соответствующую р бочую площ дку.

7.4

ПОДГОТОВКА К ВЫЕЗДУ В ПОЛЕ

7.4.1

Общая подготовка

- получить специ льные инструкции по методике отбор проб;
- подготовить м ршрут в соответствии с пл ном отбор проб (см. т кже р здел 2.4.3.);
- подготовить перечень необходимого оборудов ния и м тери лов;
- обеспечить н личие бутылей для отбор проб, вымытых в соответствии со ст нд ртными процедурами;
- обеспечить подготовку в л бор тории химических ре ктивов и других компонентов, необходимых для д нной полевой р боты;
- подготовить контрольный перечень (см. ниже р здел 7.4.3).

7.4.2

Определение объема пробы

Объемы конкретных проб з висят от тип и количеств н лизируемых п р метров, от н литического метода обр ботки и от предпол г емой концентр ции элементов в воде. Персон л л бор тории определит необходимый объем пробы. Требуемый объем можно уст новить путем перечисления всех определяемых п р метров и доб вляя объем, необходимый для подготовки и н лиз , полученную величину з тем умнож ют н дв для двойного и три для тройного н лиз . Следует помнить следующие моменты:

- a) если нужно избежать воздействия пробы с воздухом, емкость с пробой следует немедленно закупорить;
- b) если перед анализом пробы ее необходимо интенсивно взбалтывать, емкость с пробой не следует плотно закупоривать;
- c) в случае необходимости выполнить об условия, емкость следует плотно закупорить, предварительно добившись стигцы стерильного, совершенно инертного твердого вещества, например бусины;
- d) если в пробе содержатся отдельные стигцы, т. е. не растворенные компоненты, бактерии и водоросли, то для снижения погрешности требуется гораздо больший объем пробы, чем обычно.

7.4.3 Перечень контрольных мероприятий перед полевыми работами

- a) проверить и откалибровать измерительные устройства (рН, удельной проводимости, растворенного кислорода, мутности) и термометры;
- b) пополнить запасы реактивов для определения растворенного кислорода и реагентов для химической консервации пробы;
- c) получить чистый защитный раствор. Величина рН для него не должна быть близкой к предполагаемой величине рН пробы;
- d) получить раствор KCl для проб на рН;
- e) получить карту местности, описание размещения пунктов отбора проб, полевые салфетки, бутылки для проб, бирки, пробоотборное оборудование, консерванты, пипетки и руководство по использованию оборудования;
- f) получить канцелярские принадлежности, дополнительные веревки и набор инструментов;
- g) если полевое оборудование имеет электропитание, получить электрические кабели;
- h) получить дистиллированную воду (сопротивляемость 18,2 МΩ) для определения рН, чистых и буферных измерений;
- i) при необходимости фильтрация, получить фильтрующее устройство;
- j) если необходимо взять пробы для микробиологических исследований, получить стерильные бутылки и ящики со льдом, которые рекомендуются для хранения проб;
- k) проверить содержание в рюкзаке снаряжения и комплект для оказания первой помощи.

7.5 ПОЛЕВЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ

7.5.1 Автоматический мониторинг

Один из видов мониторинга предусматривает отбор воды и проведение измерений на берегу. Другие

устройств используют зонды, погружаемые в воду, которые проводят измерения непосредственно на заданной глубине. С самым современным является устройство с автономным питанием на батареях, которое может работать на глубине до 300 м.

В настоящее время автоматически измеряются следующие параметры: рН, температура, удельная проводимость, мутность, растворенный кислород, хлориды, окислительно-восстановительный потенциал, уровень воды, интенсивность солнечного света и ультрафиолетовая поглощаемость.

7.5.2 Параметры, измеряемые в полевых условиях

Удельная проводимость, рН, растворенный кислород, температура, мутность, цвет и прозрачность могут изменяться при хранении пробы и поэтому должны измеряться в полевых условиях, по возможности сразу после отбора пробы.

Наблюдатель, берущий пробу, должен отметить все необычные проявления или отклонения от предшествующего состояния на водном объекте. Эти наблюдения за качеством воды могут включать: необычный цвет, запах, пленки на поверхности и плавающие предметы. Следует отметить также любые специфические условия окружающей среды, например: дождь, сильный ветер, паводок или вскрытие ледяного покрова.

7.5.2.1 Измерение рН

Величина рН незатрагиваемых природных вод зависит от условий равновесия ионов двуокиси углерода, карбоната и гидроксидов. Концентрация двуокиси углерода может существенно меняться в результате фотосинтеза и процессов разложения. Изменения рН вызываются кислотными дождями, сбросом промышленных вод, дренажом полезных ископаемых или выщелачиванием минералов. Величина рН является важным критерием качества воды, поскольку она оказывает влияние на водную жизнь и на возможность использования воды. Поскольку рН зависит от температуры, измерение должно быть строго привязано к температуре пробы в момент отбора. Определение величины рН желательно проводить в точке отбора проб, используя цифровой измеритель, совмещенный с одновременным измерителем температуры.

Определение рН можно выполнять также колориметрическим способом при помощи индикаторов рН и буферных растворов путем визуального или колориметрического сравнения. Обычно этот метод менее точен, чем электрометрический, и ограничен

использованием воды с низким содержанием окисляющих веществ и незначительной мутностью. При полевых измерениях измеритель следует проверить по стандартному буферному раствору в соответствии с руководством по использованию. Необходимо выровнять температуру буферного раствора и электродов путем погружения бутылей с буферным раствором и электродов в пробу воды.

Особую осторожность следует проявлять в целях предотвращения попадания воды в бутылки с буферным раствором и в отверстие эталонного электрода. Если электроды давно не использовались или содержались в течение нескольких дней сухими, может понадобиться от 10 до 20 минут для стабилизации температуры. Следует оберегать измеритель от экстремальных температурных изменений при измерении, поскольку это влияет на устойчивость электронной системы и точность измерений.

Если комбинированные устройства электродов долго не ходились в сухом состоянии, стеклянную мембрану необходимо намочить в растворе KCl ($3 \text{ моль} \cdot \text{л}^{-1}$) за 12–24 часа до применения. Измерители могут иметь резервуар для хранения зонд, который должен заполняться электролитом. Неправильно подготовленные перед использованием стеклянные электроды могут не стабилизироваться и потребуют часовой калибровки.

Если измеритель pH показывает постоянное отклонение, зонд заполнен и правильно подготовлен, необходимо сменить зонд с полным дополнительным раствором KCl ($3 \text{ моль} \cdot \text{л}^{-1}$).

В том случае, когда происходит постоянное отклонение, следует заполнить электрод гидроксидом аммония. Зонд, как и любую другую часть оборудования, необходимо постоянно оберегать от загрязнения, низкой температуры и неосторожного обращения.

7.5.2.2 Измерение электропроводности

Электропроводность является показателем солености и концентрации неорганических основных ионов, растворенных в воде. Для большинства природных вод существует линейная зависимость между содержанием растворенных солей и электропроводностью.

Более предпочтительно измерять электропроводность непосредственно на месте. Измеритель электропроводности, показания которого зависят от температуры, должен выдавать измеренное значение, соответствующее либо принятой температуре (обычно 20 или 25 °C), либо температуре взятой пробы, которая должна быть измерена одновременно. Это важно для расчета и сравнения электропроводности пробы в заданное время.

Перед измерением контейнеры для пробы должны быть несколько раз промыты той же водой, из которой отбирается проба. Нельзя использовать для измерения электропроводности ту же пробу, которая использовалась для измерения pH, поскольку в ней происходит диффузия KCl из-за pH-электрода.

Калибровку измерителя электропроводности нужно выполнять перед каждым полевым измерением. Для этого должен использоваться стандартный раствор KCl с удельной электропроводностью, близкой по величине к ожидаемой при полевых измерениях. Устройство для измерения электропроводности требует осторожного обращения и обслуживания, предъявляемого ко всем чувствительным приборам. Точность показаний требует защиты измерительного устройства от грязи, удара и низкой температуры.

Точность измерения зависит от типа измерительного устройства, способа титрования и от фактической величины электропроводности пробы воды. При правильном выборе и точной титровке измерительного устройства погрешность измерения составляет $\pm 5 \%$ от диапазона изменения электропроводности, если температура находится в пределах 0–40 °C, и температурная поправка вводится в автоматическом режиме.

7.5.2.3 Измерение растворенного кислорода

Концентрация растворенного кислорода является важным показателем для оценки качества поверхностных и оборотных сточных вод.

Существует два метода измерения растворенного кислорода: первый осуществляется на месте измерения с помощью полярографического или потенциометрического (оксиметр) зонда. Второй — с помощью химического анализа Винклера. В методе Винклера добавление реактива (раствор Mn^{++} и стандартный раствор йодид) в пробу в момент его забора способствует фиксации кислорода. Впоследствии анализ будет произведен в лаборатории на пробе, хранящейся в темноте. Существует также полевой метод, основанный на том же принципе, именно метод Хача, использующий предвзвешенно дозированные реактивы.

Поскольку концентрации могут существенно меняться в течение дня, рекомендуется проводить измерения на месте.

Для химического метода три пробы воды должны быть отобраны для пробоотбора растворенного кислорода (см. раздел 7.3.5.2). Концентрация растворенного кислорода измеряется счетчиком РК или методом

Винклер. З истинное показание принимают среднее из по крайней мере двух отсчетов, отличающихся не более чем на $0,5 \text{ мг} \cdot \text{л}^{-1}$.

В электрохимических методах зондируется активность кислорода, а не концентрация. Пресная вода, насыщенная кислородом, дает тот же результат, что и насыщенная кислородом соленая вода, при том же давлении и температуре, хотя растворимость кислорода в соленой воде меньше. Поэтому соленость, температура и атмосферное давление должны учитываться во время пробоотбора.

Применение химического метода Винклер затруднено, когда проба сильно окислена, мутна, содержит быстро окисляемые вещества или другие мешающие субстанции. Этот метод широко используется в лабораториях из-за своей точности в измерении концентрации растворенного кислорода.

Метод зонда может использоваться, когда для исследований достаточна точность от $\pm 0,5$ до $1,0 \text{ мг} \cdot \text{л}^{-1}$ истинного значения. Если проба имеет относительно высокое содержание растворенного кислорода, то указанный уровень точности соответствует действительности, но в случаях малой концентрации растворенного кислорода в анализе желательно использовать свежую пробу и тщательно откалиброванный измерительный прибор.

7.5.2.4 Измерение температуры

Для измерения температуры воды применяются термометры различных типов: спирто-толуоловые, ртутные или электротермометры. Последняя категория включает терморезисторы и менее портативные виды — термисторы, кварцевые и термометры сопротивления. Некоторые измерительные приборы, например для измерения растворенного кислорода, pH, окислительно-восстановительного потенциала или удельной проводимости, снабжены устройством для определения температуры.

При использовании термометра его сначала поливают частью пробы, затем погружают в пробу приблизительно на 1 минуту или до стабилизации его показаний. Нельзя помещать термометры в емкости с пробой, которые не применяются в лаборатории. Значение температуры регистрируют в полевых блокнотах в графах Цельсия.

Обычно точность измерения температуры не превышает $0,1^\circ\text{C}$, во многих случаях вполне приемлемой оказывается точность наблюдений за температурой воды в $0,5^\circ\text{C}$, иногда же он может приближаться к 1°C . Поэтому желательно точно определить требования, предъявляемые к точности измерения, чтобы выбрать соответствующий тип термометра.

7.5.2.5 Измерение мутности

Мутность является оптической мерой взвешенных частиц в пробе воды, таких как глины, ил, органические частицы, планктон и микроскопические организмы. Мутность оказывает влияние физически на все виды водопользования и увеличивает затраты на очистку воды. По возможности мутность следует измерять в точке. Для измерения мутности используют визуальный метод (в единицах мутности Джексона или JTU) или нефелометрический метод (в нефелометрических единицах мутности или NTU). При применении мутномер Джексона определяется расстояние, на котором теряет очертания световой объект и сравнивается со стандартными взвешиваниями.

Нефелометрический метод является более предпочтительным, поскольку он обладает большей точностью, чувствительностью и применяется в большом диапазоне мутности. Однако различные конструкции приборов могут давать различные результаты для одной и той же пробы. К ошибке может привести цвет пробы, так как будет изменяться интенсивность источника света. Эти проблемы можно уменьшить, применяя устройство, которое одновременно измеряет рассеивание и прохождение света, преобразуя затем их в состояние.

Для работы измерителя мутности готовят типичные кривые для каждого диапазона при помощи соответствующих стандартных растворов. Испытывают по крайней мере один стандарт в каждом используемом диапазоне, добиваясь от измерителя мутности стабильных результатов во всех диапазонах чувствительности. Перед проведением анализа пробу интенсивно встряхивают. Снятие показаний всегда производится через один и тот же промежуток времени, который требуется для того, чтобы проба стала однородной (например, 10 секунд), что гарантирует единство результатов. Вскоре после выливания пробы и сразу же выполнить измерение мутности.

Характеристики каждого прибора для измерения мутности зависят от стоимости, типа, диапазона, диапазона форм-ин и от способ подготовки пробы. Как правило, нефелометры, используемые в лабораторных условиях, должны давать точность в пределах ± 1 ЕМФ (единиц мутности форм-ин) в диапазоне 0–10 ЕМФ и ± 5 ЕМФ в диапазоне 0–100 ЕМФ при 95 % доверительном уровне. Точность бисорбциометров существенно колеблется, но должна составлять, по меньшей мере, 10 % для любого диапазона мутности.

При практическом использовании прибора для измерения мутности его характеристики зависят, в большей мере, от оптической конфигурации, для

приборов, измеряющих мутность проточных вод с непрерывной записью, их характеристики зависят от способности выдерживать загрязнение оптических поверхностей водорослями и отложениями наносов, которые влияют на калибровку и чувствительность.

7.5.2.6 Измерение цвета воды

Истинный цвет определяется после фильтрации или очистки на центрифуге. Цвет определяется присутствием в воде ионов металлов, гумус и торфяных микробов, промышленных стоков. Цвет является важной характеристикой воды для питьевых нужд, мытья и оброботки, также для рекреационных целей.

Исходному цвету природной воды может соответствовать смесь хлоропластовой кислоты и гексигидротхлорида кобальта. Но поскольку этот способ измерения не очень удобен для полевых условий, цвет определяют визуально, сравнивая стандартные цветные стеклянные диски с цветом отобранной пробы.

Вода, смешанная с промышленными отходами, может так сильно отличаться от платиново-кобальтовой смеси, что измерение выполнить невозможно. В этих случаях используют фотометр с фильтром или, при оброботке пробы в лаборатории, — двухлучевой спектрофотометр.

7.5.2.7 Измерение прозрачности

Прозрачность воды определяется ее цветом и мутностью. Измерение прозрачности представляет собой глубину в метрах, на которой диск диаметром 20–30 см, называемый диском Секки и обычно окрашенный в виде черных и белых квадратов, становится невидимым при медленном, вертикальном погружении в воду. Иногда вместо диска применяют вид стандартной прозрачной белой бумаги. Эти измерения обычно проводятся на озерах и других глубоких водных объектах и полезны для оценки биологических условий.

7.5.2.8 Общие резюме полевых измерений

Несмотря на заинтересованность в измерении тех или иных параметров, на всех стадиях должны выполняться стандартные процедуры. Необходимо следовать следующим основным процедурам:

- калибровать измерительные устройства;
- стандартизировать тиосульфат натрия при применении метода Винклера для измерения растворенного кислорода;
- выполнять полевые измерения или измерения на месте pH, электропроводности, растворенного кислорода, температуры и мутности;

- ополоснуть все емкости водой для пробы, исключением бутылей с консервированием, и используемых для измерения растворенного кислорода и биологического азота;
- отбирать и консервировать пробы в соответствии с инструкцией по хранению;
- правильно заполнять полевые бланки в соответствии с инструкцией по хранению;
- упаковывать емкости для проб в специальные контейнеры;
- помечать рулоны и заполнять полевые бланки, записывая всю необходимую информацию.

7.6

БИОМОНИТОРИНГ И ОТБОР ПРОБ ДЛЯ БИОЛОГИЧЕСКОГО АНАЛИЗА

Мониторинг окружающей среды в основном базируется на методах физико-химического анализа, используемых для оценки концентрации загрязняющих веществ, осевших и живущих в воде организмов. Главное неудобство этих методов — недостаток информации о физико-химическом воздействии на живые организмы. К тому же, невозможно обобщить определенные группы токсичных загрязняющих веществ. Это происходит, потому что:

- эти молекулы влияют на живые организмы в концентрациях ниже пределов обнаружения;
- это могут быть совершенно новые молекулы;
- эволюция этих токсичных загрязняющих веществ в окружающей среде мало известна (в данном случае проблема заключается в выявлении побочных продуктов для анализа).

Таким образом, большое разнообразие потенциальных загрязняющих веществ окружающей среде делает эти методы очень дорогостоящими. Если выполненный химический анализ позволяет сделать вывод о существовании или отсутствии загрязнителя в различных частях экосистемы (вода, почва, осадок или организмы), он в любом случае недостаточен для предсказания годового влияния токсичных веществ на организм, поскольку многочисленные взаимодействия между загрязняющими веществами и загрязняющими веществами/организмами не рассматриваются. В биологический анализ можно интегрировать взаимодействия между всеми присутствующими загрязнителями, и он поможет более реалистично определить воздействие загрязняющих веществ на живущие в экосистеме организмы.

Биомониторинг — это изучение реакции всех степеней биологической организации (молекулярной, биохимической, клеточной, физиологической, гистологической, морфологической и экологической) на загрязняющие

веществ. Данное определение (McCarthy and Shugart, 1990) выделяет следующие уровни наблюдения:

- а) на внутрииндивидуальном уровне биомаркер — это биологическая реакция, обнаруженная на уровне ниже индивидуального для веществ, присутствующего в продукте окружающей среды (van Gestel and van Brummelen, 1996). Эта реакция, измеряемая в организме или в его продуктах, показывает изменение в нормальном состоянии, например изменение ферментативной активности по причине защитного процесса организма. Биомаркеры — это также особые молекулярные, биохимические, физиологические, гистологические и морфологические изменения в популяции животных и растений, наблюдаемые после воздействия на них загрязняющих веществ;
- б) на индивидуальном уровне или уровне организмов биомаркер проявляется в измерении жизнедеятельных функций биологического существа, которое, по причине его экологического своеобразия, реагирует на загрязнитель с соответствующей особой модификацией его жизнедеятельных функций (Kirschbaum and Wirth, 1997), например изменение роста беспозвоночного организма;
- в) на уровне популяций и поселений гидробиологический анализ получает интегративные данные о глобальном качестве воды. Есть биологические показатели, позволяющие исследовать все или часть видов, населяющих экосистему, и изменения их состава и структуры вследствие воздействия антропогенного фактора. Таким образом, можно определить качество классов посредством нормализованной описи определенных видов. Например, биологический индекс окружающей среды использует беспозвоночную фауну как интегратор окружающей среды; стандартизованный пробоотбор, рассматривающий разные типы поселений, отражает качество экосистемы с точки зрения присутствия или отсутствия групп функциональных индикаторов.

Наступает этап биологического мониторинга — изучение с использованием биомаркеров существующих применений новых методов в целях оценки здоровья организмов и практического применения к большим размерам методов мониторинга загрязнений. Общепринятые методы биомаркеров до сих пор ограничены, но в настоящее время исследования показывают, что уже можно обнаружить загрязненные зоны, изучая здоровье живущих там организмов. Методы, основанные на исследованиях организмов или уровня популяций, используются в сети биомониторинга. В скором времени будут разработаны методы отбора проб для микробиологических и микробиотических анализов.

Кроме того, существуют методы, относящиеся к глобальной оценке экологического потенциала реки к самоочищению. Метод определения биохимического показателя кислорода (БПК), описанный в этой главе, является наиболее широко используемым методом.

7.6.1 Микробиологический анализ

Присутствие в воде живых фекальных бактерий кишечной группы характеризует недостаточную обработку сточных вод. Всемирная организация здравоохранения требует, чтобы в питьевом водоснабжении использовались воды, в которых полностью отсутствуют бактерии кишечной группы и особенно фекальные кишечные палочки. Нездоровье людей влияет присутствие в воде и других микроорганизмов, например возбудителей холеры и тифа, сальмонеллы, также некоторых одноклеточных организмов, вызывающих заболевания.

Для того чтобы наиболее точно отразить микробиологические условия в период отбора проб очень важно, чтобы все пробы, переданные на микробиологический анализ, отбирались как можно более стерильно.

Микробиологические пробы обычно отбирают в стерильные бутылки с широким горлом и винтовой крышкой, емкостью 200 или 500 мл, сделанные из стекла или нетоксичной пластмассы. Пластиковые емкости необходимо проверить на выделение микроскопических частиц, которые могут помешать подсчету некоторых видов бактерий. Металлические и некоторые резиновые емкости могут вызывать бактериостатический эффект. В закручивающуюся крышку бутылки должен вставляться прокладок из силиконовой резины, выдерживающей нагревание в автоклаве. Если бутылка имеет пробку, то ее горлышко следует покрыть прочной бумагой или алюминиевой фольгой, которые необходимо закрепить с помощью бечевки или эластичного кольца.

По возможности пробы воды следует анализировать сразу же после отбора. Если немедленный отбор невозможен, хранение проб следует проводить в темном и холодном месте. Хранение в таких условиях снижает до минимум размножение и отмирание микроорганизмов в течение 30 часов после отбора пробы. Пробы нельзя замораживать. Если существует подозрение на то, что содержание тяжелых металлов в пробе, таких как медь, никель или цинк, превышает $0,01 \text{ мг} \cdot \text{л}^{-1}$, то их бактериостатическое и бактерицидное влияние следует уменьшить путем добавления $0,3 \text{ мл } 15\% \text{ р-ра}$ в 125 мл пробы изолирующего реагента, например этилендиаминтетрациклового кислоты (EDTA) (Moser and Huibregtse, 1976). Остаточный хлор редко встречается в природных

вод х, но если присутствует, его следует уд лить путем доб вления 0,1 мл 10 % р створ тиосульф т н трия н к ждые 125 мл пробы.

7.6.2 Макробиота

Существует несколько к тегорий многоклеточных видов, з которыми по ряду р зличных причин должен осуществляться постоянный мониторинг. Рыб , к к основ водной пищевой цепочки, является пок - з телем р знообр зия условий к честв воды, которое определяется ее видом и возр стом. Придонные м кробеспозвоночные (орг низмы, живущие у дн , которые определяются ст нд ртным ситом) являются индик тором современного з грязнения, поскольку имеют низкую подвижность и чувствительность к стресс м. Перифитон — сидячие р стения, которые р стут, прикрепляясь к поверхностям, или произр с- т ют н подстилке, держ сь з нее, являются одним из основных производителей водной орг ники, особенно н мелководьях. М крофиты — крупные р стения, ч сто с корневой системой, которые покрыв ют большую ч сть мелководий и могут препятствов ть судоходству и рекре ционному использов нию водоемов. Пл нктон — мелкие, свободно пл в ющие р стения и животные. Фитопл нктон — гл вным обр зом водоросли, рост которых является косвенным пок з телем концентр ции химических пит тельных веществ. Зоопл нктон обит ет н всех глубин х, к к в проточной, т к и в стоячей воде.

Многие из этих орг низмов могут з труднять обр - ботку воды. Н пример, водоросли з соряют фильтры, поглощ ют избыток хлор , плохо влияют н з п х и вкус воды, некоторые д же токсичны. Ч сть видов может ст ть переносчиком болезнетворных орг низмов, т ких к к улитки, которые переносят личинки подкожных червей.

Рыбу можно добыв ть ктивными способ ми с помощью невод , тр л , электросн стей, химик т ми, т кже н удочку или п ссивными с помощью глубоководной сетки, обычной сети, мережи и ловушек. М кробеспозвоночные могут отбир ться р зличными способ ми, в з висимости от их среды обит ния и других п р метров. Кроме сетей используют многопл стинч тые пробоотборники и корзинч тые пробоотборники. Их ост вляют н определенном месте в течение 4–8 недель подвешенными н попл вк х, з тем осторожно подним ют н поверхность при помощи специ льной сетки, р сположенной под ними.

Пл нктон можно отбир ть при помощи пробоотборников, опис нных в р зделе 7.3. Т кже существуют и специ льные пробоотборники, н пример ловушк пл нктон Жуд й, котор я з бир ет около 5 литров н з д нной глубине и отфильтровыв ет пл нктон. Этот

способ более дорогой и с лодки его использов ть з труднительно. Зоопл нктон требует либо отбор большого объем пробы, либо можно использов ть мерную нейлоновую сеть. Перифитон может отбир ться путем уст новки якорей или пл в ющих р мок в месте отбор пробы, по кр йней мере, з две недели.

Для м крофитов н мелководьях используют с довые гр бли, н глубин х можно применять др ги. При р боте с лодки используют шест с ножом или з хв тным мех низмом н конце. Для некоторых целей может быть полезным использов ние под водой пп - р тов искусственного дых ния.

Рекомендуется перед н лизом доб влять в пробы специ льные кр сящие веществ , н пример бенг льский розовый. В последнее время з консервиров нные живые орг низмы могут быть определены д же персон лом без особой специ льной подготовки, поскольку кр ситель дел ет их очень з метными н цветном фоне. Перечень методов, рекомендуемых для консерв ции обр зцов м кробиоты, приведен в т блице I.7.1. Некоторые пр ктические специ листы для перифитонов и пл нктон предпочитают форм льдегиду р створ люголя.

7.6.3 Биохимическая потребность в кислороде

Сброс з грязняющих орг нических веществ в водные объекты приводит к естественной очистке воды в результ те процесс биохимического окисления. Биохимическое окисление является микробиологическим процессом, в котором з грязняющие веществ используются к к источник углерод и р створенный в воде кислород потребляется микроорг низм ми. Скорость очистки з висит от многих условий, в том числе от темпер туры воды и природы орг нического веществ . Количество р створенного кислород , поглощ емое определенным объемом воды в процессе биохимического окисления в течение пяти дней при темпер туре 20 °C, является мерой к честв воды и н зыв ется биохимической потребностью в кислороде, или БПК. Процесс окисления не з верш ется по истечении пяти суток, поэтому для некоторых целей могут использов ться более длительные инкуб ционные периоды. Принятый период может ук зыв ться индексом, н пример БПК₅ или БПК₂₀, биохимическ я потребность в кислороде выр ж ется в миллигр мм х кислород н литр воды.

БПК определяется к к общее количество кислород , необходимое микроорг низм м для окислительного р зложения орг нического веществ . Скорость биохимического окисления пропорцион льн количеству орг нического веществ , сохр няющемуся в воде еще в неокисленном состоянии. Т ким обр зом пок з тель

Таблица I.7.1. Общепринятые методы консервации проб

Биологический анализ. Биологические параметры обычно определяются количественно и иногда изменяются от одного биологического вида к другому. Поэтому невозможно составить полный перечень мер предосторожностей, которые следует соблюдать при консервации проб для данного вида анализа. Информация, приведенная ниже, относится только к определенным обычно исследуемым параметрам для различных животных и растительных групп. Следует отметить, что перед выполнением любого детального исследования важно выбрать параметры, представляющие наибольший интерес.

1	2	3	4	5	6
<i>Подсчет и определение</i>					
Природные беспозвоночные	Пластик или стекло	Добавление этанола	Лаборатория	1 год	Этот анализ желательно выполнять как можно быстрее
Рыба	Пластик или стекло	Добавление на литр 10 % формальдегида, 3 г декагидрата бористого натрия и 50 мл глицерина	Лаборатория	1 год	
Макрофиты	Пластик или стекло	Добавление 5 % формальдегида	Лаборатория		
Перифитон	Пластик или светонепроницаемое стекло	Добавление 5 % нейтрального формальдегида и хранение в темноте	Лаборатория	1 год	
Фитопланктон	Пластик или светонепроницаемое стекло	Добавление 5 % нейтрального формальдегида и хранение в темноте	Лаборатория	6 месяцев	
Зоопланктон	Пластик или стекло	Добавление 5 % формальдегида или раствора люголя	Лаборатория		
<i>Чистая сухая масса</i>					
Природные беспозвоночные					Не замораживать до -20 °C
Макрофиты	Пластик или стекло	Охлаждение до 2–5 °C	На месте или в лаборатории	24 часа	Этот анализ должен выполняться как можно быстрее и не позднее 24 часов
Перифитон Фитопланктон Зоопланктон Рыба			На месте		
<i>Масса золы</i>					
Природные беспозвоночные		Фильтрация и охлаждение до 2–5 °C	Лаборатория	6 месяцев	
Макрофиты	Пластик или стекло	Заморозка до -20 °C	Лаборатория	6 месяцев	Этот анализ желательно выполнять как можно быстрее и в любом случае в течение 24 часов
Перифитон		Заморозка до -20 °C	Лаборатория	6 месяцев	
Фитопланктон		Фильтрация и заморозка до -20 °C	Лаборатория	6 месяцев	
<i>Калориметрия</i>					
Природные беспозвоночные	Пластик или стекло	Охлаждение до 2–5 °C, затем фильтрация и хранение в сушильном шкафу	Лаборатория	24 часа	Период консервации зависит от метода анализа
Фитопланктон Зоопланктон					
<i>Тесты на токсичность</i>	Пластик или стекло	Охлаждение до 2–5 °C Заморозка до -20 °C	Лаборатория Лаборатория	36 часов 36 часов	

БПК используется для оценки величины и скорости процесса р-окисления, происходящего в водном источнике или озере, в которые поступают органические вещества. Но, кроме поступления органических веществ, на процесс р-окисления могут оказывать влияние и другие факторы, не учитываемые при определении БПК. Например, взвешенный органический материал может оседать на дно реки и медленно перемещаться вниз по течению от мест сброса, и уже в сравнительно отдаленных местах оказывать влияние на содержание р-створенного кислорода. Присутствие бентоса, корней растений и планктона также влияет на режим р-створенного кислорода.

Серьезные осложнения в определении БПК возникают из-за присутствия в воде нитрифицирующих бактерий, которые будут окислять аммиак и органические соединения азота в нитриты и нитраты.

Промышленные стоки также могут создать трудности из-за потенциально высоких концентраций загрязняющих веществ, которые в естественных условиях могут сдерживать биохимическое окисление в принимающих водах. При таких обстоятельствах пробы могут нуждаться в разбавлении чистой водой и в посеве дозавки из концентрированных вод, которые содержат активные микроорганизмы, необходимые для начала процесса биохимического окисления. Могут применяться специальные методы приготовления проб, соответствующие этому анализу.

7.6.3.1 Методы измерения

Разработаны различные методы измерения БПК. Одним из методов, получивших наибольшее распространение, является метод разбавления, при этом метрические методы, которые в основном используются в научно-исследовательских целях, при определенных обстоятельствах могут иметь ряд преимуществ, например для контроля концентраций стоков. В идеальных условиях анализ пробы должен проводиться сразу же после ее отбора из стока, водного потока или озера. В случаях задержки анализ проб должен храниться при температуре 3–4 °C, чтобы замедлить процессы биохимического окисления. Если полученное значение БПК пробы больше чем 7 мг·л⁻¹, то необходимо произвести соответствующее разбавление и/или посев пробы. Избыток р-створенного кислорода в пробе при окончании анализа является действительной величиной БПК.

БПК вычисляется по измерению объемного разбавления пробы и разницей между содержанием р-створенного кислорода в пробе (раздел 7.5.2.3) до поступления и по истечении пятидневного инкубационного периода. В течение этого периода поддерживается температура в 20 °C, и атмосферный кислород должен

быть исключен из пробы, которая для уменьшения эффекта фотосинтеза содержится в темноте. Дополнительно включить в анализ кислород, поглощенный водорослями. В пробы, в которых может проявиться нитрификация и окислительный результат, до начала инкубации добавляется ацетилтиомочевина (ATU). В этом случае полученная величина БПК характеризует только карбонаты загрязняющих веществ. Скорость биохимического окисления можно оценить, анализируя пять идентичных проб БПК в течение 5-дневного инкубационного периода: в первый день измеряют БПК первой пробы, во второй — второй пробы и т.д. График значений логарифмов, полученных БПК и времени, обычно представляет собой прямую линию. Экстраполяция этой прямой до предельного времени дает точную оценку БПК карбонатов веществ, которая является мерой общего количества кислорода, необходимого для окисления разложившегося органического материала.

7.6.3.2 Точность измерения

Покзатель БПК по своей природе является довольно неточным. Для увеличения статистической надежности результатов следует определять среднее значение БПК по результатам анализа нескольких одинаковых проб, проведенного в идентичных условиях (одинаковые разбавления, продолжительность инкубации и посевы, если требуются). Для достижения более высокой точности анализ предложено заменять метод разбавления метрическим методом. Следует иметь в виду, что эти два метода не всегда дают сравнимые результаты (Montgomery, 1967). При помощи метрического метода можно получить покзатель биологической окисляемости менее чем за 5 дней.

7.7 ФИЛЬТРАЦИЯ И СПОСОБЫ КОНСЕРВАЦИИ ПРОБ В ПОЛЕВЫХ УСЛОВИЯХ

7.7.1 Фильтрация

Фильтрация пробы рекомендуется для отделения р-створенных веществ от взвешенных частиц. Фильтрация при помощи центрифуги требует большого количества дополнительного оборудования, фильтрация путем оседания — большого времени. Оба способа трудно к лируются и могут увеличить вероятность загрязнения пробы. В полевых условиях фильтрацию следует выполнять во время или непосредственно после отбора проб и заканчивать соответствующим процессом консервации.

Общую концентрацию металлов можно определить при помощи повторного отбора второй,

нефильтруемой пробы. В лаборатории эту пробу подвергнут специальной обработке, чтобы преобразовать метиллы в соединения, растворимые в воде.

Пробы, взятые для анализа органические компоненты, фильтруются непосредственно после отбора при помощи стекловолнистого фильтра или мембранной. Отфильтрованный раствор можно анализировать растворенные органические компоненты, фракции на фильтре — органические частицы.

Серьезная проблема может возникнуть из-за поглощения фильтрующим материалом растворенных веществ.

Для решения этой проблемы существует множество предложений в отношении того, какие материалы лучше использовать, например органические фильтры (полиэтиленовые, целлюлозные или сделанные из тефлона) для минеральных веществ, фильтры из стекловолны для органических соединений.

Фильтры и фильтрующий прибор требуют предварительной обработки в лаборатории, перед фильтрацией их следует промыть чистой отборной пробой, объемом около 150–200 мл. Для создания давления в фильтрующем приборе следует использовать ручную или электрическую насос. При использовании электронного насоса для фильтрации потребуются подключение к электросети или переносному источнику питания. Создание вакуума может привести к изменению величины pH в результате потери двуокиси углерода, также к окислению некоторых металлов. По этой причине и для снижения потерь за счет десорбции на стенках сосудов, пробы металлов часто окисляют.

7.7.2 Способы консервации

Затем между отбором пробы и ее анализом в лаборатории могут произойти физические, химические и биохимические изменения. Во многих случаях это время нужно сократить до минимума или прибегнуть к консервации пробы.

Для некоторых компонентов консервация невозможна, и измерения должны проводиться в полевых условиях. Даже если определяемый элемент довольно стабилен, обычно пробы все равно следует консервировать. Это выполняется различными способами, например, хранение пробы в темном месте, добавление химических консервантов, снижение температуры для замедления реакций, замораживание пробы, путем приготовления экстрактов с различными растворителями, применяя полевую колонковую хроматографию.

7.7.2.1 Емкости для проб

Применение соответствующих емкостей очень важно при консервации для сохранения целостности пробы. Технические характеристики этих емкостей обычно обеспечивают лаборатория. Рекомендации по выбору емкости, в зависимости от исследуемого компонента, содержатся во многих публикациях (Clark and Fritz, 1997).

Существуют два основных вида емкостей — пластиковые и стеклянные. Боросиликатное стекло инертно по отношению к большинству металлов и рекомендуется, когда требуется стеклянная емкость, например при отборе проб органических компонентов. Полиэтиленовые емкости являются довольно дешевыми и гораздо меньше поглощают ионы металлов. Их применяют для проб, которые предстоит проанализировать неорганические компоненты. Полиэтиленовые емкости нельзя использовать для отбора проб органику, например пестициды и некоторые летучие вещества, которые растворяются через пластиковые стенки. Для светочувствительных проб нужны светонепроницаемые или непроницаемые для ультрафиолетового стекла емкости. Для растворенных газов используют бутылки с узким горлом и коническими стеклянными пробками. Емкости для микробиологических проб должны выдерживать стерилизацию автоклавом или с помощью этилового спирта.

Для отслеживания элементов должен использоваться только низко или высокоплотный полиэтилен (НППЭ и ВППЭ). Насегодняшний день доступны одноразовые емкости. Перед использованием они должны быть обеззаражены. Они должны содержаться, по крайней мере, 24 часа в сверхчистом 10 % растворе HNO_3 , потом промыты дистиллированной водой (18,2 МΩ) и сохранены в полиэтиленовых пакетах до их использования в поле (Pearce, 1991).

Крышки для бутылей являются потенциальным источником проблем. Стеклянные пробки могут заплесневеть, особенно при щелочных пробах. Прокладки под крышки, сделанные не из тефлона, могут стать источником искусственных загрязнителей или абсорбировать незначительное количество пробы. Чем меньше концентрация определяемого компонента, тем более важными становятся вышеупомянутые проблемы.

7.7.2.2 Добавление химических веществ

Этот способ применяется для большинства растворенных металлов и кислотных гербицидов. Некоторые пробы биологического анализа также требуют химической консервации.

К к пр вило, предпочтительней использовать относительно концентрированный раствор консерванта. В этом случае корректировка пробы и растворение консерванта будет совсем незначительной.

Потенциальные сложности для анализов, которые создаст консервант, требуют четкого следования методике. Например, кислот может разрушить распределение взвешенных материи и вызвать растворение металлов, находящихся в пробе, либо в коллоидной форме, либо в виде твердых частиц. Поэтому очень важно соблюдать следующий порядок — сначала производится фильтрация, затем — добавление кислоты.

7.7.2.3 Замораживание

Когда анализ невозможен в разумные сроки, рекомендовано заморозить живые для анализа организмы, т. е. хлорид, сульфат и нитраты. Однако его применяют для определенных видов анализов, не в качестве обычной процедуры консервации, поскольку оно может вызвать физико-химические изменения пробы, например образование осадка и улетучивание растворенных газов, что может повлиять на состав пробы. Кроме того, твердые частицы, находящиеся в пробе, при заморозке и оттаивании изменяются, необходимым условием для любого анализа может быть возврат в состояние равновесия, за которым следует быстрая гомогенизация. Никогда нельзя замораживать пробы воды в стеклянной посуде.

7.7.2.4 Охлаждение

Охлаждение до 4 °C или до появления льда является обычным способом консервации. В отдельных случаях охлаждение может повлиять на растворимость некоторых веществ и привести к их осаждению. Охлаждение часто используют совместно с добавлением консервантов.

7.7.2.5 Практические аспекты консервации

Важным практическим аспектом консервации является определенный последовательный порядок действий, обеспечивающий в результате того, что все пробы, требующие консервации, незамедлительно получают необходимую обработку. Это особенно важно при добавлении химического консерванта, поскольку так же добавка может привести к трудноопределяемым изменениям в характеристике пробы. Целесообразно отметить все замораживаемые пробы, чтобы предотвратить их от повторной обработки.

Безопасность и точность добавления химических консервантов в полевых условиях требует соблюдения специальных мер предосторожности. Кроме

откалиброванные и ватные пипетки обеспечивают в полевых условиях точность добавления консерванта и устраняют опасность случайного проливания кислоты из пипетки. Зачастую бывает удобным добавлять консервант в емкость для проб непосредственно в лаборатории, перед выездом в поле. Другая возможность заключается в использовании цветовой кодировки или в наклеивании бирки на этикеточные пузырьки, с помощью измеренным объемом консерванта. Несмотря на то что этот способ является более дорогим, он имеет преимущество из-за простоты полевой процедуры консервации, снижения вероятности ошибки и внесения загрязнителей.

7.8

ДИСТАНЦИОННОЕ ЗОНДИРОВАНИЕ И КАЧЕСТВО ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД

Дистанционное обследование позволяет характеризовать пространственные и временные изменения, получаемые другими методами. Однако оно не очень точно относительно локальных наземных измерений. Кроме того, оно должно сопровождаться спутниковыми данными для интерпретации изображений в отношении характеристик воды и почвы. Использование дистанционного зондирования для оценки взвешенных наносов обсуждалось ранее в главе 5. В данном разделе представлены более подробная информация о типах их применения, к их характеристикам речистости, солености и температур воды.

Спутники могут быть двух типов в зависимости от их источника энергии. Пассивным спутникам требуется солнечный свет, чтобы фиксировать изображения объектов на поверхности Земли. Они обычно работают в видимом или инфракрасном диапазоне электромагнитного спектра и получают так называемые «оптические» изображения. Активные спутники имеют собственный источник энергии. Они работают в микроволновом диапазоне электромагнитного спектра и позволяют получить так называемые «радарные» изображения.

Кроме того, спутниковые изображения могут быть разделены в соответствии с четырьмя базовыми критериями:

- а) протяженность участка поверхности Земли, соответствующая размеру пикселя (пространственное разрешение). Изображения бывают с низким пространственным разрешением (1 км или больше, темные квадраты изображения речистости или метеорологические изображения, получаемые со спутников НУОА и СПОТ), со средним разрешением (20 м или больше, темные квадраты изображения

МСС и ТМ со спутник Лндс т или изобр жения СПОТ 1 – СПОТ 4) или очень высоким (10 м или меньше, т кие к к СПОТ 5 или IKONOS);

- b) ди п зон излучения, соответствующий длине волны, при помощи которого были сдел ны изобр жения;
- c) ч стот прохождения спутник ;
- d) р диометрическ я селекция, соответствующ я способности детектор ул влив ть отр женное р дио-излучение.

Выбор спутникового изобр жения определяется многими ф ктор ми. Во-первых, необходимо учитывать р змер изуч емой площ ди. Невозможно изучить болото площ дью 20 км² с помощью снимк , сдел ного спутником НУОА с низким р зрением. Выбор ди п зон т кже должен соответствов ть з д ч м прогр ммы. Н пример, оптическое изобр жение рекомендуется для изучения мутности воды. К тому же, требуется выр внив ние между временными переменными изуч емого явления и ч стотой похождения спутник н д изуч емой территорией.

7.8.1 Изучение качества воды в видимом и инфракрасном диапазонах

От видимого ди п зон спектр до ближнего инфр кр сного р диометрическ я ре кция чистой воды т к я же, к к черного тел , бсорбирующего всю р дицию. Это хорошо известное свойство используется для определения присутствия воды по спутниковому снимку.

Р зличные ф кторы, т кие к к соленость воды и мутность, сост в почвы или присутствие р стительности, изменяют р диометрическую ре кцию воды, котор я, в свою очередь, может быть использов н для х р ктеристики этих ф кторов.

Лучш я положительн я корреляция между р диометрической ре кцией и мутностью н ходится в зеленой зоне (Bonn, 1993). Это может косвенно ук зыв ть н соленость. Н с мом деле, соленость и мутность обычно обр тно пропорцион льны. Когд соленость подним ется, результ том этого является хлопьеоб-р зов ние, з которым следует ос ждение взвешенных веществ и понижение мутности воды.

Р диометрическ я ре кция в ближнем инфр кр сном ди п зоне может быть н рушен взвешенными ч с-тиц ми и неглубоким дном (Chuviesco, 2000). Н неглубоких вод х бсорбция м леньк я и отр жение высокое (из-з высокой отр ж тельной способности дн). Оди ко это сложный эффект, поскольку р диометрическое поведение почвы подвержено влиянию химического сост в , текстуры, структуры и вл ж-

ности. Поэтому глинист я почв , н пример, будет обл д ть низкой отр ж тельной способностью по ср внению с песч ной. Ди п зон отр жения почвы очень широк между светлыми почв ми (песок, известняк и д же гипс), которые сильно отр ж ют солнечную р дицию, и темными (глин , бог т я орг ническими соединениями), которые поглощ ют почти весь объем р диции (Bonn and Rochon, 1993).

В р диометрическом ди п зоне отр ж тельн я способность р стительности пониж ется в видимом спектре, но он очень высок в ближнем инфр кр сном ди п зоне. Что к с ется р стительности, ее сл бый отклик н излучение в видимом ди п зоне спектр является результ том сильной бсорбции хлорофилл , особенно в кр сной зоне, в то время к к сильный отклик в ближнем инфр кр сном ди п зоне объясняется внутренней структурой листьев. Т ким обр зом, для того чтобы изучить присутствие р стительности в неглубоких вод х, рекомендуется использовать оптические изобр жения (Shutko, 1986, 1990; Gross and others, 1987).

Оценк количеств хлорофилл в оке не и устьях проводится при помощи р зных снимков, особенно изобр жений, полученных со ск нирующего р диометр для получения цветowych изобр жений прибрежных зон (СРПЗ), или изобр жений с усовершенствованного р диометр очень высокого р зрения (УРОВР) (WMO, 1993). Т кой способ оценки имеет огр ничения в случ ях, когд концентр ция взвешенных веществ дост точно низк для того, чтобы не м с-киров ть отр жение, соответствующее отр жению уровня хлорофилл (Ritchie and others, 1992). М крофиты и водн я р стительность может обычно изуч ться по этим б зовым принцип м (Ackleson and Klemas, 1987).

7.8.2 Изучение качества воды в микроволновой части спектра

В воде микроволнов я ч сть спектр обл д ет особой прониц емостью. Можно внешне р зличить неровную или гл дкую поверхности — по л мбертовому или симметричному отр жению соответственно. Н -пример, изобр жение с р д р может быть использов но в случ е, если неровность поверхности воды обусловлен присутствием волн. Это свойство т кже используется для определения ном лий поверхности, т ких к к выброс нефти. Теоретически и пр ктически док з но, что микроволнов я р диометрия может быть использов н для изучения солености и общей минер лиз ции воды (Shutko, 1985, 1986, 1987). Н с мом деле, микроволновое излучение чувствительно к в ри циям электропроводности и, следо-в тельно, сост ву воды.

Дистанционное зондирование в тепловом инфракрасном диапазоне может быть использовано для оценки поверхностной температуры воды (примеры в Engman and Gurney, 1991). Микроволновая радиация менее чувствительна к атмосферным условиям и потому более часто используется, но ее применение является приблизительным по сравнению с применением в инфракрасном диапазоне (Shutko, 1985, 1986).

Ссылки и дополнительная литература

- Ackleson, S.G. and V. Klemas, 1987: Remote sensing of submerged aquatic vegetation in Lower Chesapeake Bay: A comparison of Landsat MSS to TM imagery. *Remote Sensing of Environment*, Volume 22, pp. 235–248.
- American Public Health Association and American Water Works Association, 1999: *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. Twentieth edition, Washington DC, CD-ROM.
- Bonn F., 1993: *Précis de Télédétection*. Volume 2: Applications thématiques, Presses de l'Université du Québec/AUPELF, Sainte-Foy, Québec.
- Bonn F. and G. Rochon, 1993: *Précis de Télédétection*. Volume 1: Principes et méthodes, Presses de l'Université du Québec/AUPELF, Sainte-Foy, Québec.
- Chuvieco E., 2000: *Fundamentos de la Teledetección Espacial*, Third edition, Ediciones RIALP, Madrid.
- Clark, I. and P. Fritz, 1997: *Environmental Isotopes in Hydrogeology*. Lewis Publishers, Boca Raton, Florida.
- Engman, E.T. and R.J. Gurney, 1991: *Remote Sensing in Hydrology*. Chapman and Hall, London.
- Genin B., C. Chauvin and F. Ménard, 1997: *Cours d'eau et indices biologiques: Pollutions, Méthodes, IBGN*. Etablissement National d'Enseignement Supérieur Agronomique, Centre National d'Etudes et de Ressources en Technologies Avancées, Dijon (CD-ROM also available).
- Gross, M.F., M.A. Hardisky, V. Klemas and P.L. Wolf, 1987: Quantification of biomass of the marsh grass *Spartina alterniflora* Loisel using Landsat Thematic Mapper imagery. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, Volume 53, pp. 1577–1583.
- International Atomic Energy Agency, 2004: *Quantifying Uncertainty in Nuclear Analytical Measurements*. TECDOC-1401, International Atomic Energy Agency, Vienna.
- Kirschbaum, U. and V. Wirth, 1997: *Les Lichens Bio-indicateurs*. Ulmer, Stuttgart.
- McCarthy J.F. and L.R. Shugart (eds), 1990: *Biomarkers of Environmental Contamination*. Lewis Publishers, Boca Raton, Florida.
- Montgomery, H.A.C., 1967: The determination of biochemical oxygen demand by respirometric methods. *Water Research*, Volume 1.
- Mook, W.G. (ed.), 2000: *Environmental Isotopes in The Hydrological Cycle: Principles and applications*. IHP-V, Technical Documents in Hydrology No. 39, United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization and International Atomic Energy Agency Publication (<http://www.hydrology.nl/ihppublications/149-environmental-isotopes-in-the-hydrological-cycle-principles-and-applications.html>).
- Moser, J.H. and K.R. Huibregtse, 1976: *Handbook for Sampling and Sample Preservation of Water and Wastewater*. EPA600/4-76-049, Environmental Monitoring and Support Laboratory, Office of Research and Development, United States Environmental Protection Agency, Section 11.3.2.
- Pearce, F.M., 1991: The use of ICP-MS for the analysis of natural waters and evaluation of sampling techniques. *Environmental Geochemistry and Health*, Volume 13, No. 2, pp. 51–55.
- Ritchie, J.C., F.R. Schiebe, C.M. Cooper and J.A. Harrington, Jr, 1992: Landsat MSS studies of chlorophyll in sediment dominated lakes. *Proceedings of the 1992 International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS 1992)*, Volume 2, Clear Lake City, Texas, pp. 1514–1517.
- Shutko, A.M., 1985: Radiometry for farmers. *Science in the USSR*, Volume 6, pp. 97–113.
- Shutko, A.M., 1986: *Microwave Radiometry of Water Surface and Grounds*, Nauka, Moscow (English translation).
- Shutko, A.M., 1987: Remote sensing of waters and land via microwave radiometry: the principles of method, problems feasible for solving, economic use. *Proceedings of Study Week on Remote Sensing and its Impact on Developing Countries*, Pontificia Academia Scientiarum, Scripta Varia-68, Vatican City, pp. 413–441.
- Shutko, A.M., 1990: Offer on hardware, software and services on survey of soil, vegetation and water areas — from aircraft. Institute of Geoinformatics, Nongovernmental Center for Research and Institute of Radio Engineering and Electronics, Academy of Sciences, Fossil Fuel Institute, Moscow.
- United Nations Environment Programme, World Health Organization, United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization and World Meteorological Organization, 1992: *Global Environment Monitoring System (GEMS)/Water Operational Guide*. Inland Waters Directorate, Burlington, Ontario.
- United States Geological Survey, 1984: *National Handbook of Recommended Methods for Water Data Acquisition*. Chapter 5: Chemical and physical quality of water and sediments, Reston, Virginia.
- Van Gestel, C.A.M. and T.C. van Brummelen, 1996: Incorporation of the biomarker concept in ecotoxicology calls for a redefinition of terms. *Ecotoxicology*, Volume 5, pp. 217–225.
- World Meteorological Organization, 1988: *Manual on Water Quality Monitoring: Planning and Implementation of Sampling and Field Testing*. Operational Hydrology Report No. 27, WMO-No. 680, Geneva.
- World Meteorological Organization, 1993: *Executive Council Panel of Experts on Satellite: Final Report*. 9–10 March, Geneva.