

Гидрологические исследования



Программа GLOBE™
Учебное исследование



Гидрологические исследования: краткий обзор



Практические работы

Еженедельно измеряемые параметры

Прозрачность воды
Температура воды
Содержание растворенного кислорода
Кислотность (рН)
Удельная электропроводность
Соленость
Щелочность
Содержание нитратов

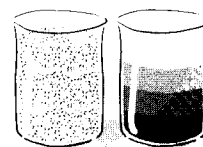
Предлагаемая последовательность проведения занятий

Прочтите письмо ученого перед проведением полевых занятий.

Занятие «*Прогулка у воды*» позволяет заложить основу для привлечения интереса к свойствам и химическому составу воды.

Занятие «*Моделирование водосборного бассейна*» позволяет рассмотреть крупным планом изучаемый учащимися водосборный бассейн и определить, как участок гидрологических исследований соотносится с местным водосборным бассейном.

«*Подготовка к выполнению практических работ*» позволяет учащимся приобрести навыки использования приборов и выполнения практических работ, обеспечивающие сбор надежных данных.



Начало отбора полевых образцов: класс проводит занятие на участке исследований и начинает выполнение еженедельных измерений параметров воды.

Проведение следующих учебных занятий позволяет сосредоточить внимание учащихся на основных научных концепциях.

Занятия «*Детективы-гидрологи*» и «*Игра в рН*» позволяют учащимся познакомиться с основными переменными параметрами химического состава воды и приборами, которые необходимы для выполнения определенных измерений.

Занятие «*Повсюду вода! (Сравнительный анализ)*» дает учащимся возможность познакомиться с методами анализа закономерностей, выявляемых на основе собранных ими данных, и сравнения полученных ими данных с данными, собранными учащимися других школ. Это занятие проводится многократно и периодически повторяется по мере накопления данных.

Занятие «*Моделирование водного баланса*» знакомит учащихся с методами моделирования на основе собранных ими данных.

Занятие «*Открытие макрофауны беспозвоночных*» позволяет изучить взаимосвязь между измеренными характеристиками воды и обитающими в воде беспозвоночными. Это занятие проводится многократно и периодически повторяется по мере изменения условий окружающей среды.

После проведения занятий учащиеся начинают связывать гидрологические данные с другими данными, зарегистрированными в рамках программы GLOBE.



Содержание

Гидрологические исследования: приветствие



Письмо ученых учащимся Приветствие-5

Познакомьтесь: д-р Бэйлс и д-р Конклин Приветствие-6

Введение



Крупным планом Введение-1

Подготовка к полевым занятиям Введение-6

Обзор учебных занятий Введение-7

Цели обучения Введение-7

Оценка успехов учащихся Введение-8



Практические работы

Порядок выполнения гидрологических исследований .. Практические работы-2

Сбор образцов воды Практические работы-5

Определение прозрачности воды Практические работы-7

Измерение температуры воды Практические работы-11

Измерение содержания растворенного кислорода Практические работы-14



Определение кислотности (рН) Практические работы-18

Измерение удельной электропроводности Практические работы-23

Определение солености Практические работы-26

Титрование солености
(дополнительная практическая работа) Практические работы-33

Определение щелочности Практические работы-36

Измерение содержания нитратов Практические работы-38





Учебные занятия

Прогулка у воды	Учебные занятия-2
Моделирование водосборного бассейна	Учебные занятия-5
Детективы-гидрологи	Учебные занятия-8
Игра в pH.....	Учебные занятия-12
Подготовка к выполнению практических работ	Учебные занятия-16
Повсюду вода!	Учебные занятия-25
Открытие макрофауны беспозвоночных	Учебные занятия-41
Моделирование водяного баланса	Учебные занятия-56



Приложение

Рабочий лист регистрации данных	Приложение-2
Рабочий лист калибровочных данных	Приложение-4
Основы контурного картографирования	Приложение-5
Графики	Приложение-6
Глоссарий	Приложение-18
Листы ввода данных программы GLOBE в сети Web	Приложение-23



Письмо ученых учащимся

Дорогие учащиеся-участники программы GLOBE!

Мы, ведущие научные специалисты программы GLOBE в областях гидрологии и гидрохимии, приветствуем новых участников научной программы, помогающей заполнить важнейший пробел в наших знаниях о Земле.

Гидрологи изучают воду, которая является одним из жизненно важных ресурсов нашей планеты. Вода необходима всем живым существам. Вы и учащиеся других школ из разных стран мира будете производить измерения различных характеристик воды, которые позволят создать базу гидрологических данных, превосходящую по объему все имеющиеся подобные базы данных. Программа GLOBE позволит одновременно получить образцы воды из большего количества водоемов, чем когда-либо раньше. Мы надеемся, что вас заинтересует возможность выполнения таких исследований, помогающих решать важнейшие проблемы во всепланетном масштабе.



Измеряя характеристики, позволяющие определить качество воды на вашем участке исследований, вы многое узнаете о воде как о существенном элементе локальной окружающей среды и о том, как ее свойства изменяются на протяжении года.

Мы чрезвычайно заинтересованы в получении ваших данных и рады возможности использовать эти данные с тем, чтобы ответить на вопросы, относящиеся к глобальным и локальным водным ресурсам. Поэтому, пожалуйста, не забывайте о нас. По мере накопления данных вы услышите от нас предположения, относящиеся к их интерпретации. Мы надеемся, что с вашей помощью нам удастся найти ответы на важные вопросы, касающиеся качества воды.

Искренне ваши,

д-р Роджер Бэйлс, профессор,
д-р Марта Конклин, доцент
Университет штата Аризона
Тусон, Аризона, США



Познакомьтесь: д-р Роджер Бэйлс и д-р Марта Конклин

Роджер Бэйлс и Марта Конклин преподают и ведут гидрологические исследования и исследования водных ресурсов в Университете штата Аризона в г. Тусон, Аризона, США.

GLOBE. *Вы являетесь ведущими исследователями программы GLOBE в области гидрологических измерений и состоите в браке?*

Д-р Конклин. Да. У нас двухлетняя дочь и только что, в январе, родился сын.

GLOBE. *То есть вы — научный коллектив, состоящий из мужа и жены. Как и когда вы встретились?*

Д-р Конклин. Мы встретились, когда проходили подготовку перед получением степени магистра. Мы оба интересовались химией воды.

GLOBE. *Вода — это окись водорода. Что вас интересует в химии этого соединения?*

Д-р Бэйлс. Нас интересуют и беспокоят примеси, содержащиеся в воде.

Д-р Конклин. Химически чистая вода не существует в природе, так как вода растворяет огромное количество веществ. В воде растворяются или содержатся в виде взвесей всевозможные материалы. Цель нашей работы в рамках программы GLOBE — понять, что происходит в воде и к чему приводит добавление к ней различных веществ.

Д-р Бэйлс. Согласно данным директора Управления по охране окружающей среды США, примерно 40% поверхностных вод в нашей стране загрязнено до такой степени, что в ней нельзя ловить рыбу или купаться. Такому загрязнению часто подвергаются небольшие водоемы, в том числе требо-

ваниям, предъявляемым к чистоте воды, не соответствуют многие водоемы в сельскохозяйственных районах. Можно было бы подумать, что кто-то контролирует качество воды в этих водоемах, но в большинстве случаев это не так. Программа GLOBE позволит нам получить информацию о множестве еще не контролируемых водостоков, рек и озер.

Д-р Конклин. В мире существует множество водоемов, и каждый из них уникален. Передача результатов измерений учащимся — прекрасная возможность собрать информацию.

GLOBE. *Почему сбор данных должны производить учащиеся школ? Почему нельзя поручить сбор этих данных ученым или выпускникам колледжей и университетов?*

Д-р Бэйлс. Нас не так много. Даже если бы мы вдвое увеличили количество мест, в которых берутся образцы воды, нам все равно не удалось бы охватить достаточную территорию.

GLOBE. *Беспокоят ли вас естественные примеси, попадающие в воду? Или вас беспокоят вещества, загрязняющие воду в результате человеческой деятельности? Или, может быть, вас интересуют оба процесса?*

Д-р Бэйлс. Оба. Примеси — а я называю словом «примеси» любые вещества, содержащиеся в воде, не обязательно нежелательные загрязнители, — попадают в воду в результате растворения каменных пород, пыли и газов. Некоторые примеси выпадают из атмосферы вместе с дождем и

снегом и затем проникают в водостоки и озера. Некоторые примеси попадают в водостоки и озера вместе с отходами, которые производят люди.

GLOBE. Вы упомянули о воздействии каменных пород на состав воды. Разве камни растворяются в воде?

Д-р Конклин. Да, но очень медленно. Результаты длительного взаимодействия воды и каменных пород можно видеть в древних горных районах, например, в Аппалачах. Эти горы размыты и поэтому невысоки.

GLOBE. Почему загрязнены водоемы, находящиеся в сельскохозяйственных районах?

Д-р Бэйлс. Сельскохозяйственные культуры выращиваются с использованием удобрений и пестицидов. Удобрения и пестициды, предотвращающие размножение вредителей, распыляются по полю, на котором выращивается урожай. К сожалению, дождевая вода и вода в ирригационных сооружениях уносит некоторое количество удобрений и пестицидов в водостоки и озера. Они проникают так же в грунтовые воды.

GLOBE. В прошлом, собирали ли учащиеся школ данные, используемые гидрологами?

Д-р Конклин. Учащиеся собирали данные об озерах и речных водосборных системах, но не в масштабе программы GLOBE.

GLOBE. Расскажите нам немного о себе. Где вы родились? Где вы выросли?

Д-р Бэйлс. Я родился в городе Лафайетт, штат Индиана, и закончил среднюю школу в городе Блумингтон, в том же штате. Потом я получил диплом специалиста по гражданскому строительству и проектированию в области охраны окружающей среды в Университете им. Пердью.

Вслед за этим я получил степень магистра наук в этой же области в Калифорнийском университете в Беркли.

Д-р Конклин. Я родилась в штате Нью-Джерси, но вскоре после этого моя семья переехала в Иллинойс, а потом в Европу, которая сильно отличалась от Америки. Мы прожили пять лет в Голландии, где я заинтересовалась научными исследованиями. Потом я два года училась в школе-пансионате в Англии, а затем вернулась в Америку и закончила среднюю школу в пригороде Бостона.

GLOBE. Советовал ли вам кто-нибудь не заниматься наукой потому, что вы — женщина?

Д-р Конклин. Нет. Я училась в основном в школах для девочек, и в них никогда не поднимался вопрос о том, могут ли девочки изучать математику или другие научные дисциплины.

GLOBE. Когда вы начали заниматься гидрологией?

Д-р Конклин. Во время подготовки к получению степени магистра. Я заинтересовалась химическими реакциями, которые происходят в каплях воды, взвешенных в атмосфере. Поэтому я начала изучать химию воды.

GLOBE. Что же происходило?

Д-р Конклин. Мы только что открыли, что могут образовываться кислотные туманы, которые опаснее кислотных дождей. Дождевая капля падает, быстро проходя через атмосферу и впитывая загрязнители из воздуха, но капли тумана могут находиться в воздухе многие часы. Они впитывают гораздо больше загрязнителей, и вероятность вдыхания людьми этих капель гораздо выше.

GLOBE. Как вы развлекаетесь и отдыхаете?

Д-р Бэйлс. Мы играем с нашими детьми. Кроме того, у нас две собаки, лабрадоры, и дача в горах над Тусоном. Я очень люблю ходить по горам и на лыжах, и мы все еще



занимаемся этим столько, сколько можем, а также ездим на велосипедах.

GLOBE. Приходилось ли вам восклицать «Эврика!», как Архимед, когда вы сделали открытие во время научной работы?



Д-р Конклин. Я экспериментатор, а не теоретик. Я провожу лабораторные эксперименты и пытаюсь понять происходящие процессы. Меня чрезвычайно интересуют случаи несоответствия результатов лабораторных экспериментов с моими ожиданиями. Я испытываю радость, пытаюсь выяснить, что же происходит на самом деле.



GLOBE. Как ученый, считаете ли вы, что неудачные эксперименты полезны?

Д-р Конклин. Да. Они гораздо полезнее экспериментов, результаты которых соответствуют моим предположениям. Если результаты не соответствуют ожиданиям, значит, моя гипотеза была неправильна, и мне необходимо выдвинуть другую гипотезу. В этом и заключается интерес научных исследований.



GLOBE. Таким образом, научные исследования были бы скучны, если бы гипотезы всегда оправдывались?



Роджер Бэйлс в возрасте 16 лет исследует пещеру.

H₂O



Д-р Конклин. Это было бы ужасно скучно!

GLOBE. Когда вы начинаете понимать механизм того или иного процесса, значит ли это, что вы можете предсказывать события?

Д-р Бэйлс. Именно так. Когда мы понимаем, почему происходят те или иные явления, мы можем сказать: «Значит, если в будущем условия изменятся, они будут



Марта Конклин, в возрасте 15 лет, на морском берегу в Брайтоне.

воздействовать на водоем или реку таким образом.» Я предсказываю, какие изменения в реках и озерах будут происходить в результате местных климатических изменений, изменений глобального климата или выпадения кислотных осадков.

GLOBE. Что такое выпадение кислотных осадков?

Д-р Бэйлс. Кислотными осадками называют дождь или снег, отличающиеся очень низким показателем pH в связи с содержанием в них растворенных сильных кислот, абсорбированных из атмосферы; многие такие кислоты образуются в результате человеческой деятельности. Кислотные дожди наносят вред многим экологическим системам.

GLOBE. Я представляю себе кислоту, как вещество, вызывающее ожоги при попадании на кожу. Но кислотный дождь вызывает такие же ощущение-

ния, как и обычный дождь. Чем отличается кислотный дождь от обычного?

Д-р Бэйлс.

Кислотный дождь состоит из сильной кислоты, смешанной с водой. Показатель pH для такого дождя ниже, чем показатель pH для нормальных дождевых осадков. Кислотный дождь не содержит так много кислоты, как лимонный сок или электролит в батареях, но его кислотность может приближаться к кислотности уксуса. В экстремальных случаях вода кислотного тумана может содержать столько же кислоты, сколько ее в лимонном соке. Основной причиной повышения кислотности дождей является сжигание минерального топлива, такого, как бензин, уголь и природный газ.

GLOBE.

Продукты сгорания такого минерального топлива попадают в атмосферу и взаимодействуют с водой?

Д-р Бэйлс.

Дождь и снег впитывают эти кислоты из атмосферы и осаждают их на поверхности Земли. То, что поднимается с выхлопными газами, опускается с дождем и снегом.

GLOBE.

Какое удовлетворение приносят научные исследования? Каковы плоды вашего труда?

Д-р Бэйлс.

Ученый чувствует, что он вносит вклад в понимание потенциальных общественных проблем и надеется, что он помогает их решению. Мы



Д-р Бэйлс изучает керны льда, полученные на леднике в Гренландии.

изучаем прошлое, как, например, в Гренландии, чтобы представить себе будущее — то, каким образом может измениться окружающая нас среда по мере сжигания все большего количества минерального топлива и по мере изменения состава атмосферы и воды.

Д-р Конклин.

Одна из самых интересных и волнующих вещей в науке заключается в приобретении новых знаний и в том, что, приобретая эти знания, я встречаюсь с новыми людьми. Если я не знаю что-нибудь относящееся к моей области исследований, я могу найти другого человека, который это знает. Таким образом, у меня появляются новые друзья.

Д-р Бэйлс.

Людам необходимо принимать разумные, обоснованные решения в отношении нашей планеты, даже если они принимают эти решения только во время голосования. Поэтому, когда я говорю своим студентам о глобальном потеплении, о загрязнении воздуха, о загрязнении воды, я помогаю им лучше понимать процессы, происходящие на Земле, и это приносит мне удовлетворение.

GLOBE.

Разве количество имеющихся знаний недостаточно? Что заставляет вас стремиться к новым знаниям?

Д-р Конклин.

Экологические системы состоят из такого множества компонентов, что знаний одного человека недостаточно, чтобы полностью понимать происходящие в них процессы, но чем больше мы знаем, тем лучше мы умеем предсказывать то, что будет происходить в дальнейшем.

GLOBE.

Кто были ваши герои в детстве?

Д-р Конклин.

Одна из причин, по которым я заинтересовалась экологическими науками, состоит в том, что я всегда чувствовала необходимость улучшить условия жизни людей. Поэтому, если у меня и есть какие-нибудь герои, они относятся к числу ученых, которые ставили перед собой такую же цель. Например, Лайнус Полинг,

- получивший Нобелевскую премию по химии и в области укрепления мира, а также Альберт Эйнштейн.
- GLOBE.* Знакомы ли вы со своими коллегами из других стран?
- Д-р Бэйлс. Конечно. Мы не можем делать все сами, и они не могут делать все сами, поэтому мы сотрудничаем и обмениваемся ресурсами и данными.
- GLOBE.* Каков распорядок вашей ежедневной научной работы? Есть ли у вас свои лаборатории?
- Д-р Конклин. Обычно мой рабочий день занят работой в моем кабинете, преподаванием, беседами со студентами, подготовкой к занятиям, подготовкой статей, анализом данных, полученных моими студентами и большим количеством работы с компьютером. Я захожу в лабораторию и наблюдаю за тем, что в ней делается.
- GLOBE.* Возникает впечатление, что все больше работы выполняется с помощью компьютеров. Правильное ли это впечатление?
- Д-р Конклин. Да, сбор данных недостаточен. Необходимо понимать собранные данные. Поэтому анализ данных часто производится с помощью компьютеров.
- Д-р Бэйлс. Обычно я затрачиваю несколько часов в день на подготовку к занятиям и преподавание. Затем я провожу один или два часа за компьютером, переписываясь с другими учеными по электронной почте, читая работы, подготовленные моими студентами и записывая свои замечания или формулируя вопросы и намечая направления работы для моих сотрудников. Потом я затрачиваю один или два часа на работу с моими студентами, готовящимися к получению степени магистра. Остальное время занимают встречи с людьми и дела, связанные с университетом.
- GLOBE.* Можете ли вы рассказать какие-нибудь забавные истории, относящиеся к вашей работе?

- Д-р Бэйлс. Мне приходится много работать на заснеженных вершинах гор, потому что вода в основном осаждается на горных вершинах в виде снега, а не в виде дождевых осадков, по крайней мере в западной части США. Мне кажется забавным тот факт, что я провел столько лет в учебных заведениях, чтобы получить докторскую степень, а получив ее, должен проводить многие дни, забираясь в горы и копая ямы в снегу лопатой! Когда моя мать послала меня учиться в колледж, она не сказала мне, что настанет время, когда я буду копать ямы.
- GLOBE.* Таким образом, ученые могут измерять количество примесей в атмосфере, анализируя керны льда, которому сто лет, десять тысяч лет или даже сто тысяч лет?
- Д-р Бэйлс. Да. На самом деле, прошлым летом я провел четыре недели в Гренландии, где мы бурили скважины в леднике и добывали керны. Я спал в палатке, установленной на льду, в течение 12 суток.
- GLOBE.* Так что вы были окружены льдом со всех сторон. Какие еще впечатления остались у вас от этой поездки?
- Д-р Бэйлс. Все вокруг белое или синее. Снег и небо. Конечно, Солнце не заходило, потому что мы были далеко на севере весной и летом. Мы бурили скважины во льду и хотели закончить работы как можно скорее, перед тем, как начнется буря. Разрезы льда позволяют заметить время наступления промышленной революции. Характеристики льда, накопившегося за последние триста лет, явно отличаются от более древних слоев льда в кернах, полученных нами прошлым летом. В кернах льда можно видеть также признаки лесных пожаров.
- GLOBE.* Почему, с вашей точки зрения, участие учащихся в программе GLOBE будет полезным?

Д-р Конклин. Я надеюсь, что учащиеся научатся определять санитарное состояние экологической системы. Общественность допускает, что мы можем продолжать выбрасывать в воздух загрязняющие вещества, и что окружающая среда справится с таким загрязнением. Я надеюсь, что учащиеся, проверяя состав воды в локальных системах, смогут распознать признаки их загрязнения. Я надеюсь также, что они научатся выполнять качественные измерения.

GLOBE. Что может заинтересовать современных учащихся в вашей области исследований?

Д-р Конклин. Вода — один из наших важнейших ресурсов. Гидрология — очень перспективная область, которая будет становиться все более важной по мере истощения источников чистой воды.

Д-р Бэйлс. Учащимся хочется делать не только интересные вещи на открытом воздухе, но и вносить свой вклад в улучшение условий окружающей среды и в усовершенствование общества. Наша профессия несомненно позволяет вносить такой вклад, потому что вода имеет фундаментальное значение для всей жизни на Земле.

GLOBE. Можете ли вы дать какой-либо совет учащимся, желающим заниматься научными исследованиями экологических систем и, в частности, гидрологией?

Д-р Конклин. Об этом не хочется говорить, но прежде всего необходимо изучить основы — математику, физику, химию, биологию. Научиться формулировать вопросы, потому что важнейшие открытия делают те, кто умеет задавать правильные вопросы. Кроме того, необходимо научиться хорошо писать.

GLOBE. Почему умение хорошо писать имеет большое значение?

Д-р Конклин. Человек может иметь блестящие способности, но если он не умеет сообщить полученные им результаты другим, никто не узнает о его способностях и о его результатах.

Д-р Бэйлс. И следует как можно больше узнать о природе, ведя непосредственные наблюдения.

Введение



Приветствие

Введение

Крупным планом

Крупным планом

Мы не только пьем воду — мы состоим из воды. Вода составляет от 50 до 90 процентов веса всех живых организмов. Вода — одно из самых распространенных и важных веществ на Земле. Вода поддерживает жизнь растений и животных, играет важнейшую роль в формировании погодных и климатических условий, формирует рельеф поверхности планеты посредством эрозии и других процессов и покрывает примерно 70% площади поверхности Земли.

Вода постоянно циркулирует между поверхностью Земли и ее атмосферой, совершая гидрологический цикл, который называют также круговоротом воды в природе. Гидрологический цикл — один из основных процессов в природе. Вода в океанах, реках, озерах, в почве и в растительности нагревается Солнцем и другими источниками тепла и испаряется в воздух, в котором она содержится в виде водяного пара. Водяной пар поднимается в верхние слои атмосферы, охлаждается и превращается в жидкую воду или лед, образуя облака. Когда капли воды или кристаллы льда становятся достаточно крупными, они выпадают на поверхность Земли в виде дождя или снега. Выпавшая на поверхность Земли вода распределяется тремя путями — частично просачивается в почву и

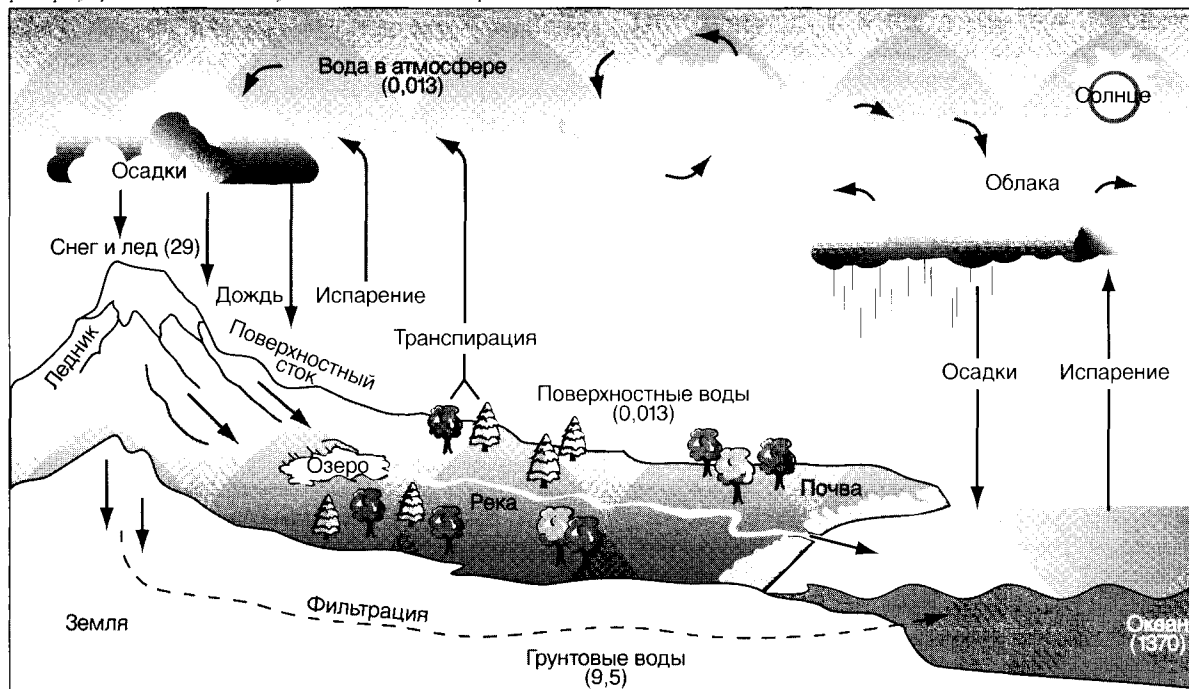
впитывается растениями или скапливается в подземных резервуарах грунтовых вод, частично стекает в ручьи и реки и, в конечном счете, в океаны, и частично испаряется в воздух.

Вода в озере, снег на горах, влажный воздух и утренняя роса — части одного цикла, одной системы. Общее количество воды, испаряющейся с поверхности планеты за год, равно общему годовому количеству осадков. Изменение любой части этого цикла, например, количества растительности в определенном регионе или методов использования земель, оказывает влияние на другие части цикла.

Несмотря на обилие воды на Земле, мы не можем использовать ее большую. Если представить себе, что общее количество воды на Земле составляет 100 литров, то 97 литров придется на долю соленой морской воды. Большая часть оставшейся пресной воды существует в виде льда. Мы можем использовать только примерно 3 миллилитра из 100 литров; эта пресная вода выкачивается насосами из-под земли или берется из рек и озер.

Вода участвует во многих важнейших химических реакциях; большинство веществ растворяются в воде. В связи с эффективностью воды в качестве растворителя, химически чистая вода редко

Рис. HYD-1-1. Гидрологический цикл; в скобках указано количество воды, содержащейся в различных резервуарах, в тысячах кубических километров.



Источник: Mackenzie and Mackenzie, 1995, и Graedel and Crutzen, 1993.

Приветствие

Введение

Крупным планом



встречается в природе. Вода содержит множество естественных примесей и примесей, внесенных человеком, которые попадают в нее на разных стадиях гидрологического цикла. От этих примесей зависит определенный химический состав, или *качество*, воды. Дождь и снег захватывают небольшие частицы пыли (*аэрозоли*), взвешенные в воздухе, а воздействие солнечного света приводит к реагированию с водой газов, образующихся при сгорании бензина и других видов минерального топлива, с образованием серной и азотной кислот. Эти загрязнители возвращаются на поверхность земли в виде *кислотных дождей* или *кислотного снега*. Кислоты, содержащиеся в воде, постепенно растворяют каменные породы, в результате чего в воду попадают *растворенные твердые вещества*. Небольшие, но заметные глазом частицы камней и почвы также попадают в воду, в связи с чем в воде содержатся *взвешенные твердые частицы*, большое количество которых приводит к замутнению воды. Когда вода просачивается в землю, она тесно контактирует с каменными породами, и в ней растворяется еще большее количество минералов. Эти растворенные или взвешенные в воде примеси определяют качество воды.



В ходе настоящего исследования учащиеся определяют качество воды, измеряя следующие важнейшие показатели.

Прозрачность

Свет, необходимый для жизни зеленых растений, проникает на большую глубину в чистой, прозрачной воде, чем в воде, *замутненной* взвешенными твердыми частицами, или в окрашенной воде. Существуют два наиболее распространенных прибора для измерения прозрачности воды или степени проникновения света в воду — диск Секки и трубка для замера мутности воды. Измерение прозрачности воды с помощью диска Секки впервые произвел в 1865 г. аббат Пьетро Анджело Секки, научный консультант римского папы. Этот простой и широко распространенный метод измерения позволяет определять глубину, на которой черно-белый диск диаметром 20 см, погруженный в воду, становится незаметным для глаза, или становится снова заметен при подъеме диска. Есть и другой метод измерения прозрачности воды: вода заливается в трубку, дно которой окрашено примерно так же, как диск Секки; при этом определяется глубина воды в трубке, на которой рисунок дна трубки становится незаметен для глаза. Диск Секки используется в глубоких, спокойных водах, а трубка для замера мутности можно пользоваться, определяя прозрачность как стоячей, так и проточной воды на мелководье или в поверхностном слое более глубоких вод.



Солнечный свет дает энергию, необходимую для фотосинтеза, процесса, позволяющего растениям развиваться, поглощая углерод, азот, фосфор и другие питательные вещества, и выделяя кислород. Поэтому глубина проникновения солнечного света в воду определяет глубину, на которой могут расти сине-зеленые водоросли и другие растения, а также относительную активность их роста. Прозрачность воды уменьшается по мере повышения содержания окрашивающих воду веществ, взвешенных в ней частиц и плотности водорослей. Вода окрашивается в результате обитания в ней и биологической активности некоторых бактерий, фитопланктона и других организмов, химическими веществами, вымываемыми водой из почвы, а также разлагающимися растительными остатками. Поэтому количество потребляемых растениями питательных веществ, попадающих в водоем из установок для переработки отходов, канализационных резервуаров, ирригационных стоков удобряемых полей, а также приносимых ветром и водой растительных остатков, влияет на прозрачность воды. Взвешенные твердые частицы часто попадают в воду в результате ведения сельскохозяйственных и строительных работ, во время ливней и ураганов, а также в результате перемешивания донных осадков.

Прозрачность воды в естественных условиях, как правило, составляет от 1 метра до нескольких метров. Низкое значение прозрачности (менее 1 метра) указывает на повышенную биологическую активность в водоеме. Низкое значение прозрачности может объясняться также высокой концентрацией взвешенных твердых частиц. Прозрачность чрезвычайно чистой воды в озерах с низкой биологической активностью или в прибрежных водах (например, около коралловых рифов) может составлять до 30—40 метров.

Температура воды

Температура воды в большой степени зависит от количества солнечной энергии, поглощаемой водой и окружающими ее почвой и воздухом. Увеличение количества солнечной энергии приводит к повышению температуры воды. Температура воды повышается также в результате стока технической воды, используемой на производстве. Испарение воды с поверхности водоема может приводить к снижению температуры очень тонкого слоя воды у самой поверхности. Измерение температуры необходимо для понимания закономерностей изменений, происходящих на протяжении года, так как температура водоема оказывает большое влияние на количество и разнообразие обитающих в воде животных и растений. Относительно холодные озера, в которых зимой наблюдается небольшое

количество растительности, «цветут» весной и летом, когда температура воды повышается и богатые питательными веществами придонные слои воды перемешиваются с верхними слоями. Перемешивание слоев воды наблюдается также осенью. Вслед за таким перемешиванием и потеплением воды весной наступает период бурного роста и размножения микро-скопических водных растений и животных. Многие рыбы и другие живущие в воде животные мечут икру и размножаются в это время года, когда температура воды повышается и резко увеличивается количество пищи. В мелководных озерах, однако, такой цикл не наблюдается, так как вода в них перемешивается на протяжении всего года. Чрезмерное потепление воды может быть смертельным для чувствительных видов, таких, как форель и лосось, которые предпочитают холодную воду с высоким содержанием кислорода.

Содержание растворенного кислорода

Молекула воды состоит из двух атомов водорода и одного атома кислорода (H_2O). Тем не менее, в воде любого водоема содержатся молекулы растворенного газообразного кислорода (O_2). Растворенный кислород — естественная примесь в воде. Обитающие в воде животные, такие, как рыбы и зоопланктон, которым питаются рыбы, не дышат кислородом, содержащимся в молекулах воды — для их дыхания требуются молекулы газообразного кислорода, растворенного в воде. Если содержание растворенного в воде кислорода недостаточно, обитающие в воде животные погибают от удушья. Снижение концентрации растворенного в воде кислорода до менее чем 3 мг/л вредно для большинства видов обитающих в воде животных.

В атмосфере примерно каждая пятая молекула — молекула кислорода; в воде содержится только от одной до десяти молекул кислорода на каждый миллион молекул. Бурное смешивание воды и воздуха, происходящее, например, в быстрых ручьях, приводит к повышению содержания растворенного в воде кислорода. Содержание кислорода в воде повышается также благодаря реакции фотосинтеза в водных растениях. Кислород потребляется рыбами, зоопланктоном и бактериями, разлагающими органические вещества. Органические вещества — остатки мертвых растений и животных — попадают в водоемы естественным путем вместе с водой из лесов, степей и сельскохозяйственных угодий. Каков бы ни был источник попадающих в воду органических веществ, в медленно текущих ручьях и реках, расположенных рядом с такими источниками органических остатков, наблюдается низкое


содержание растворенного кислорода (значительно менее половины уровня насыщения). Кроме того, теплая вода удерживает меньшее количество растворенного кислорода, чем холодная; поэтому периоды критического снижения содержания кислорода в воде, опасные для рыбы и зоопланктона, наблюдаются летом. Например, при температуре 25°C максимальное содержание растворенного в воде кислорода составляет 8,3 мг/л, тогда как при температуре 4°C максимальная концентрация растворенного кислорода равна 13,1 мг/л.

Показатель кислотности (pH)


pH — показатель содержания кислот в воде. Показатель pH воды оказывает влияние на большинство происходящих в воде химических процессов. Показатель pH чистой воды без примесей, не контактирующей с воздухом, равен 7. Показатель pH воды с примесями равен 7, если содержание кислот и щелочей в такой воде одинаково (сбалансировано). Если показатель pH меньше 7, значит, в воде содержится избыточное количество кислот; если уровень pH выше 7, значит, в воде содержится избыток щелочей.

Шкала показателя pH отличается от шкалы концентрации, используемой при измерении содержания других примесей. Показатель pH измеряется по логарифмической шкале, т. е. изменение значения pH на одну единицу соответствует десятикратному изменению содержания кислоты в воде. Таким образом, в воде с показателем pH, равным 3, содержание кислот в десять раз выше, чем в воде с показателем pH, равным 4, а в такой воде содержание кислот, опять же, в десять раз выше, чем в воде с показателем pH, равным 5.

Кислотность естественной, не загрязненной дождевой воды составляет от 5 до 6 — даже дождь, выпадающий в самом незагрязненном районе Земли, отличается определенной естественной кислотностью. Такая естественная кислотность дождя вызывается двуокисью углерода, содержащейся в воздухе и растворяющейся в дождевых каплях. Кислотность дистиллированной воды, контактирующей с воздухом, такая же, как и дождевой воды. Показатель pH большинства загрязненных кислотных дождей равен примерно 4, хотя pH городских туманов в некоторых случаях составлял менее 2. Показатель pH воды в большинстве озер, ручьев и рек составляет от 6,5 до 8,5. В районах, почва которых содержит определенные минералы (например, сульфиды), наблюдаются водоемы с более высокой естественной кислотностью. Горные работы также могут приводить к попаданию повышающих кислотность минералов в водосборный бассейн. Водоемы с естественной




повышенной щелочностью наблюдаются, как правило, в районах, почва которых содержит такие минералы, как кальцит или известняк.





Кислотность (рН) воды оказывает существенное влияние на живущие в воде организмы. Саламандры, лягушки и другие амфибии особенно чувствительны к повышенной кислотности. Большинство насекомых, амфибий и рыб не встречаются в водоемах с показателем рН менее 4.

Удельная электропроводность




Чистая вода плохо проводит электричество, но вода с примесями, такими, как растворенные соли, отличается повышенной электропроводностью. Так как у нас нет времени и средств для того, чтобы подробно анализировать состав воды, общее содержание примесей в пресной воде можно определить на основе ее удельной электропроводности — способности воды проводить электрический ток. Чем больше примесей содержится в воде, тем выше ее удельная электропроводность.



В большинстве сельскохозяйственных и городских систем водоснабжения общее содержание растворенных в воде твердых веществ должно быть значительно ниже 1000—1200 частей примесей на миллион частей воды, т. е. удельная электропроводность воды должна составлять менее чем примерно 1500—1800 микросименсов на сантиметр (примечание: 1 часть на миллион = 1 мг/л). Если регистрируется более высокая электропроводность, загрязнение воды может повредить чувствительным сельскохозяйственным культурам. В бытовых условиях предпочтительно использование воды, общее содержание растворенных твердых веществ в которой не превышает примерно 500 частей на миллион (т. е. воды, удельная электропроводность которой составляет примерно 750 микросименсов на сантиметр. Налет, остающийся на «чистой» посуде после ее промывки в автоматической посудомоечной машине, образуется в результате осаждения растворенных в воде твердых веществ. При изготовлении многих видов продукции, в частности, электронных компонентов, требуется использование воды, свободной от примесей. Чистый горный снег, собранный в удаленных от человеческого жилья районах, отличается электропроводностью примерно 5—30 микросименсов на сантиметр.

Соленость



Морская вода отличается высокой соленостью; в ней растворено гораздо больше твердых веществ, чем в пресной воде. Соленость, т. е. показатель содержания солей в воде, измеряется как количество частей примесей на тысячу частей воды. Средняя соленость океанской воды на Земле

составляет 35 частей на тысячу. По большей части соленость морской воды объясняется присутствием натрия и хлора, элементов, из которых состоит обычная поваренная соль (NaCl). Так как пропорциональное содержание хлора в солях, растворенных в морской воде, мало изменяется в зависимости от места, в котором были отобраны образцы воды, общую соленость воды можно определять на основе содержания в ней хлора. В заливах и эстуариях рек соленость воды изменяется в очень широком диапазоне, так как в этих местах пресная вода рек смешивается с морской водой. Соленость таких *солончатых* вод варьирует от 0,5 части на тысячу (типичная соленость пресной воды) до уровня солености, типичного для морской воды.

На каждом из континентов Земли имеются также внутренние соленые озера. В числе наиболее значительных внутренних соленых озер можно назвать Каспийское море в Средней Азии, Большое Соленое озеро в Северной Америке и несколько озер в районе Большого разлома в Восточной Африке. Вода в некоторых из этих озер отличается еще более высокой соленостью, чем морская вода. Эта озерная вода становится соленой потому, что впадающие в них реки приносят с собой соли, попадающие в воду в результате размытия или растворения континентальных каменных пород. Когда вода испаряется, соли остаются в жидкой воде, что приводит к повышению концентрации растворенных веществ. На определенной стадии вода становится *насыщенной* растворенными твердыми веществами, которые выпадают на дно в виде твердых осадков. Соленость океанской воды изменяется очень медленно, на протяжении многих тысяч лет, тогда как соленость внутренних водоемов может изменяться быстрее, в зависимости от изменения количества осадков и времени выпадения дождя или таяния снегов.

Содержание солей в водоеме — один из основных факторов, определяющих состав фауны и флоры этого водоема. Поэтому в пресных и соленых водоемах обитают различные организмы. Растения и животные, живущие в пресной воде и потребляющие пресную воду (с соленостью менее 1 части на тысячу), как правило, отличаются содержанием солей в организме (во внутриклеточной жидкости), превышающим соленость воды, в которой они живут или которую они потребляют. Такие организмы обычно выделяют соли в качестве продуктов метаболизма. Растения и животные, обитающие в соленой воде, отличаются внутренним содержанием солей, равным солености окружающей воды или меньшим; поэтому применяемые ими механизмы поддержания баланса солей в организме отличаются от механизмов, наблюдаемых у пресноводных организмов. В солонча-

тых водах (с соленостью от 1 до 10 частей на тысячу) наблюдаются растения и животные, устойчивые к изменениям солености.

Щелочность

Щелочность — показатель сопротивления воды к понижению показателя рН при добавлении в нее кислот. Добавление кислот в воду происходит, в основном, в результате выпадения дождя или снега, хотя почва в некоторых районах также является существенным источником кислот. Щелочность воды повышается по мере растворения каменных пород, содержащих карбонаты кальция, такие, как кальцит и известняк. Когда в озере или в реке наблюдается слишком низкая щелочность (как правило, менее 100 мг/л), большое количество кислот, попадающих в воду вместе с ливневым водостоком или во время быстрого таяния снегов, может привести (по крайней мере, на некоторое время) к нейтрализации всех щелочей, содержащихся в воде, и к снижению показателя рН воды до уровня, вредного для амфибий, рыбы и зоопланктона. Озера и реки в районах с небольшой толщиной почвенного слоя, например, в горах, часто отличаются низкой щелочностью. Щелочность воды в этих водоемах может особенно быстро изменяться весной, во время быстрого таяния снегов. Так как загрязнители, как правило, вымываются из снежного покрова на первом этапе таяния снегов, весной, т. е. в критический период размножения водных организмов, часто наблюдается повышение содержания кислотных загрязнителей в водоемах.

Содержание нитратов

Как пресноводные, так и морские растения потребляют три основных питательных вещества: углерод, азот и фосфор. Фактически, большинство растений потребляют эти элементы в одинаковой пропорции, и не могут развиваться, если содержание одного из этих элементов в воде недостаточно. Углерод относительно широко распространен в воздухе в виде двуокиси углерода, которая растворяется в воде; поэтому ограничение роста водных растений вызывается, как правило, дефицитом азота или фосфора. В некоторых случаях рост растений приостанавливается в результате дефицита других веществ, потребляемых в меньших количествах (например, железа), а также в результате недостаточности солнечного освещения. Азот содержится в воде в самых различных формах: растворенного молекулярного азота (N_2), органических соединений, аммиака (NH_4^+), нитритов (NO_2^-) и нитратов (NO_3^-). Нитраты, как правило, важнейшие из этих соединений. Нитриты обычно содержатся только в воде с пониженным содержанием кислорода. Азот в

форме нитратов содержится в воде в качестве естественной примеси, попадающей в нее из атмосферы вместе с дождем, снегом, туманом или пылью, или образующейся в ходе разложения органических веществ в почве и донных осадках. Кроме того, азот попадает в воду из ирригационных стоков сельскохозяйственных угодий; фермеры добавляют азотные удобрения в почву, и некоторое количество этих удобрений вымывается из почвы дождем.

Если в озеро или в реку попадает избыточное количество питательного вещества, необходимого для роста растений, такого, как азот, вода становится *обогащенной*, и это способствует дальнейшему росту сине-зеленых водорослей и других растений. Такой процесс обогащения воды называется *эвтрофикацией*. Вызываемый таким обогащением воды избыточный рост растений может приводить к ухудшению вкуса и запаха воды в озерах, из которых поступает питьевая вода, что вредно как для людей, пользующихся ею, так и для рыбы и других животных, обитающих в таких озерах. Озабоченность избыточным содержанием азота или фосфора в озерах и прибрежных водах часто возникает в связи со сливом канализационных отходов. Концентрацию нитратов всегда определяют как содержание элементарного азота. Таким образом, содержание нитратов следует выражать как количество миллиграммов азота, входящего в состав нитратов (NO_3^-N), на литр воды (в одном моле NO_3^- содержится 14 г азота), а не как количество NO_3^- (в одном моле NO_3^- содержится 62 г NO_3^-). В большинстве водоемов с естественными примесями содержание нитратного азота составляет менее 1 мг/л, но в некоторых районах наблюдается более высокая концентрация — до 10 мг/л.

Важность измерений

В каком состоянии находятся поверхностные воды Земли — ручьи, реки, озера, прибрежные воды? Как изменяется их состояние на протяжении года? Изменяются ли характеристики этих водоемов из года в год? *Гидрологические исследования* в рамках программы GLOBE позволяют вашим учащимся, вместе с учащимися других участвующих в программе школ, ответить на эти вопросы посредством постоянного широкомасштабного контроля характеристик естественных водоемов. Наше понимание закономерностей изменения качества воды в национальном и глобальном масштабе основано на свойствах образцов, собранных лишь на нескольких характерных участках. Такой отбор образцов производился, как правило, только несколько раз. Например, имеющаяся у нас информация о многих озерах основана на анализе образцов, отбор которых производился лишь один



или два раза более чем десять лет тому назад. Для того, чтобы мы могли оценить происходящие изменения, необходимо получить текущую информацию о характеристиках водоемов. Если эти изменения уже происходят, сравнение характеристик образцов воды, полученных в загрязненных и не загрязненных районах, поможет нам понять наблюдаемые явления.



Результаты измерений содержания растворенного кислорода и показателя pH непосредственно указывают на то, насколько благоприятна вода для обитающих в ней растений и животных. В этом случае так же интересно проследить годовой цикл изменений содержания растворенного кислорода, щелочности и показателя pH и сравнить изменения, характерные для различных водоемов. При этом можно задать следующие вопросы. Поддерживается ли содержание растворенного кислорода на максимальном уровне, допустимом при данной температуре воды, или содержание кислорода снижается в определенное время года? Если содержание кислорода снижается, следует выяснить причину этого явления. Мы можем пронаблюдать, снижается ли значение pH сразу после дождя или во время быстрого таяния снегов, когда талая вода стекает в озеро или ручей. Если мы выявим снижение значения pH, это, по всей видимости, свидетельствует о том, что дождевая или талая вода отличалась низкой щелочностью. Фактически, следует ожидать, что в водоеме с низкой щелочностью значение pH будет снижаться после дождя или таяния снега. Но для того, чтобы подтвердить эту гипотезу, необходимо произвести измерения.



Учащиеся должны производить эту серию измерений в рамках программы GLOBE, учитывая по меньшей мере две цели общественного характера. Во-первых, желательно лучше понять то, что происходит с местными земельными и водными ресурсами. Эти знания помогут нам принимать более разумные и обоснованные решения в отношении методов использования ресурсов и управления ими. Во-вторых, желательно оценить, в какой степени человеческая деятельность влияет на качество нашей воды, а следовательно, влияет и на то, как мы сможем использовать наши водные ресурсы в будущем. В большинстве стран текущие программы измерений охватывают только несколько водоемов, характеристики которых измеряются только несколько раз в год. Мы надеемся, что измерения, которые вы будете производить в рамках программы GLOBE, помогут нам получить недостающую информацию и углубить наше понимание санитарного состояния естественных водных ресурсов Земли.



Подготовка к полевым занятиям

Обзор

Учащиеся будут отбирать образцы воды из выбранного водоема, обрабатывать эти образцы, определяя их состав, и анализировать полученные данные с тем, чтобы лучше понимать качество воды и его влияние на окружающую среду.

В таблице HYD-I-1 перечислены рекомендуемые практические работы, рассчитанные на учащихся с тремя различными уровнями подготовки. Выбор практических работ производится по усмотрению учителей, в зависимости от возможностей учащихся. Пожалуйста, не забывайте о том, что при выполнении более сложных практических работ необходимо принимать меры по обеспечению безопасности.

Таблица HYD-I-1. Гидрологические измерения: уровни подготовки учащихся.

Уровень	Измерения
Начальный	Прозрачность воды
	Температура воды
	pH воды (измерение лакмусовой бумагой)
	Электропроводность или соленость воды
Средний и высокий	Прозрачность воды
	Температура воды
	Содержание растворенного кислорода
	pH (измерение прибором)
	Электропроводность или соленость воды
	Щелочность воды
Содержание нитратов	

Расписание измерений

Измерения следует производить один раз в неделю, в одно и то же время дня и в один и тот же день недели. Выполнение еженедельных измерений особенно важно в те периоды, когда условия на участках гидрологических исследований быстро изменяются. Образцы воды, необходимые для выполнения всех практических работ, можно отбирать во время каждого посещения участка исследований.

Выбор участка исследований (критерии перечислены в порядке приоритета)

1. Ручей или река
2. Озеро, резервуар, залив или океан
3. Пруд
4. Ирригационный канал или другой водоем, если на вашем участке исследований по программе GLOBE нет доступа ни к одному из водоемов перечисленных выше типов.

Группы учащихся

Измерения должны производиться группами учащихся по 2-3 человека в каждой. К числу обязанностей, распределяемых между членами каждой группы относятся сбор образцов, обработка образцов и регистрация данных. Чрезвычайно полезно поручать нескольким группам измерения одного из параметров (например, поручать двум группам измерить содержание растворенного в воде кислорода). Это позволит большему количеству учащихся принимать участие в измерениях и поддерживать определенный контроль качества данных. Группы учащихся, выполняющие одинаковые измерения, должны сравнивать получаемые ими результаты с тем, чтобы определить сходство или расхождение данных. Если двумя группами были получены различные значения одного и того же параметра, учащиеся должны проверить правильность выполнения измерений и повторить измерения, чтобы определить причину расхождения результатов. Контроль качества данных должен быть важным элементом научных исследований и процесса обучения.

Обзор учебных занятий

Если выполнение практических работ, связанных с измерениями каждого из параметров, будет сочетаться с проведением *учебных занятий*, учащиеся получат возможность пройти исчерпывающий курс химии водоемов. На первый взгляд может показаться, что проще всего было бы поручить учащимся только выполнять измерения и вводить данные на страницы программы GLOBE в сети Web. Тем не менее, целями обучения являются осмысление научных принципов, изучение процессов и развитие навыков критического мышления. *Учебные занятия* помогут вам представить *практические работы* в правильном контексте.

Цели обучения

Гидрологические исследования позволяют учащимся понять важность, уникальные свойства и состав воды. Применяя аналитические методы, учащиеся начинают понимать химию воды и то, какое важное значение химический состав воды имеет для водной среды обитания.

Завершив все занятия и практические работы по теме *Гидрологические исследования*, учащиеся усвоят следующие концепции и приобретут следующие навыки.

Концепции

Химический состав воды — важный фактор, воздействующий на среду обитания.

Температура воды может влиять на другие факторы, от которых зависит химический состав воды.

Разнообразие видов, обитающих в воде, зависит от ее химического состава.

Приборы позволяют точнее определять состав и характеристики воды, чем органы чувств.

Вопросы формулируются на основе полученных данных.

Графики и карты — полезные средства визуализации данных.

В ходе выполнения измерений большое значение имеет контроль точности и надежности данных.

Почва содержит воду, и содержание воды в почве влияет на рост растений.

Сток дождевых осадков зависит от характеристик изучаемого участка.

Повышение температуры и увеличение продолжительности воздействия солнечного света приводят к повышению активности эвапотранспирации.

Направление, объем и скорость стоков воды меняются со временем.

Водяной баланс можно моделировать на основе данных о температуре, количестве осадков и широте участка исследований.

Навыки

Ведение наблюдений

Применение методов отбора образцов в полевых условиях

Калибровка научного оборудования



Выполнение указаний по применению методов и использованию аналитических наборов

Регистрация и передача точных данных

Считывание показаний приборов

Устное описание полученных результатов

Письменное описание полученных результатов

Формулирование вопросов

Формулирование и проверка гипотез

Планирование экспериментов, выбор приборов и материалов, моделирование

Использование приборов, измеряющих характеристики воды

Использование приборов, повышающих точность восприятия

Построение и интерпретация графиков

Расчет средних значений

Сравнение данных, полученных в различных местах и в различное время

Анализ данных с выявлением закономерностей и расхождений

Использование базы данных участников программы GLOBE

Оценка успехов учащихся

Учитель может индивидуально оценивать роль, которую играют учащиеся в выполнении настоящего проекта, или поручать самим учащимся оценивать успехи их одноклассников; общие результаты выполненных учащимися исследований можно зачесть в числе пройденного ими материала. Можно периодически проверять научные дневники учащихся-участников программы GLOBE, прослеживая усвоение учащимися основных научных концепций, понимание ими процессов и приобретение ими навыков. Кроме того, на основе выполняемых учащимися исследований можно оценивать их навыки устного и письменного описания полученных ими результатов. Отчеты и доклады следует подготавливать с использованием материала, внесенного в научные дневники учащихся-участников программы GLOBE.

В дополнение к регистрации данных с помощью сервера базы данных учащихся-участников программы GLOBE, в тех случаях, когда это может оказаться полезным для повышения образовательного уровня учащихся, им следует поручать анализ данных и подготовку письменных

отчетов. Поручите учащимся описать измеряемые ими параметры и свести все индивидуальные отчеты в один документ, подводящий итоги исследований, выполненных ими на участке. Представьте подготовленный учащимися окончательный отчет в местные и общегосударственные учреждения, контролирующие водоснабжение и качество воды.

Справочная литература

Т. Е. Graedel and P. J. Crutzen [Т. Э. Грэддел и П. Дж. Крутцен] (1993), *Atmospheric Change: An Earth System Perspective* [Атмосферные изменения в перспективе глобальной экосистемы], изд. W. H. Freeman and Company, Нью-Йорк.

Ф. Т. Mackenzie and J. A. Mackenzie [Ф. Т. Макензи и Дж. Э. Макензи] (1995), *Our Changing Planet: An Introduction to Earth System Science and Global Environmental Change* [Изменяющаяся планета: введение в глобальную экологию и изучение глобальных изменений условий окружающей среды], изд. Prentice Hall, Нью-Джерси.



Практические работы



Порядок выполнения гидрологических исследований

Сбор образцов воды

Определение прозрачности воды

В первую очередь учащиеся измеряют прозрачность воды на нетронутом участке отбора образцов.

Измерение температуры воды

Сразу же после отбора образцов воды (или находясь на участке отбора образцов) учащиеся измеряют температуру воды.

Измерение содержания растворенного кислорода

Учащиеся измеряют содержание растворенного кислорода в отобранных ими образцах воды или непосредственно на участке отбора образцов.

Определение кислотности (pH)

Учащиеся измеряют кислотность (pH) отобранного образца воды. При этом используется лакмусовая бумага (метод 1) или ручка либо прибор для измерения pH (метод 2).

Измерение удельной электропроводности

Учащиеся измеряют удельную электропроводность отобранного ими образца пресной воды.

Определение солености

Учащиеся измеряют соленость отобранного ими образца морской или солоноватой воды с помощью денсиметра.

Титрование солености (дополнительное занятие)

Учащиеся со средним или высоким уровнем подготовки измеряют соленость отобранного ими образца морской или солоноватой воды, применяя метод титрования содержания хлора.

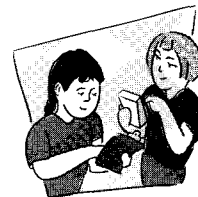
Определение щелочности

Учащиеся измеряют щелочность отобранного ими образца воды.

Измерение содержания нитратов

Учащиеся измеряют содержание нитратного азота в отобранном ими образце воды.

Порядок выполнения гидрологических исследований



Подготовка к проведению гидрологических измерений

Выбор участка гидрологических исследований

В идеальном варианте участок гидрологических исследований должен находиться на территории водосборного бассейна, являющегося важным отличительным признаком участка исследований по программе GLOBE площадью 15 x 15 км. На территории такого водосборного бассейна следует выбрать определенный участок, где будут производиться гидрологические измерения характеристик воды (температуры, прозрачности, pH, содержания растворенного кислорода, щелочности, удельной электро-проводности или солености и содержания нитратов). Если на территории водосборного бассейна имеется водоем, вызывающий особенный интерес, его можно выбрать в качестве участка исследований. В других случаях следует выбирать водоемы в следующем приоритетном порядке.

1. Ручей или река
2. Озеро, резервуар, залив или океан
3. Пруд

Если на территории вашего участка исследований по программе GLOBE нет доступного водоема, относящегося к одной из перечисленных выше категорий, можно использовать пригационный канал или любой другой водоем.

Все образцы воды следует отбирать в одном и том же месте на участке гидрологических исследований, которое называется участком отбора образцов.

Если отбираются образцы проточной воды, например, из ручья или реки, выберите место отбора образцов в месте, где течение замедляется, но не у быстрины и не в месте, где вода застаивается. Если образцы отбираются из водоема со стоячей водой, например, из озера или резервуара, выберите место отбора образцов рядом со стоком водоема или примерно в центральной части водоема, но не около истока. Рекомендуется отбирать такие образцы с моста или с мола. Если в месте отбора образцов солоноватой или соленой воды наблюдаются приливы и отливы, следует узнать расписание приливов и отливов в пункте, ближайшем к выбранному вами участку исследований.

Описание участка

После выбора участка гидрологических исследований не забудьте определить его координаты с помощью приемника GPS. Зарегистрируйте координаты участка и другую требуемую информацию, описывающую этот участок, на листе ввода данных о выборе участка гидрологических исследований. Для выполнения измерений солености воды потребуются определение широты и долготы места, в котором отбираются образцы, с указанием времени приливов и отливов в этом месте. Вы можете определить эти координаты и значения времени с помощью приемника GPS, выполняя инструкции, приведенные в описании практической работы *Использование приемника GPS*, или узнав координаты и расписание приливов и отливов в организации, предоставляющей такую информацию.

Частота выполнения измерений

Все измерения химических параметров воды следует производить примерно в одно и то же время дня еженедельно. Если водоем, из которого вы отбираете образцы, замерзает зимой, не забудьте вводить соответствующую информацию на листе ввода данных до тех пор, пока вы не сможете снова отбирать образцы воды.

Примечание. В некоторые периоды результаты измерений становятся более интересными. Во время ледохода на реке увеличение объема воды и повышение содержания взвешенных в воде частиц приводят к резким изменениям измеряемого химического состава воды. Сразу же после начала таяния льда на озере также наблюдаются резкие изменения состава воды, связанные с перемешиванием верхних слоев воды в озере с придонными слоями. Часто придонные слои воды поднимаются к поверхности озера, что приводит к дополнительным неожиданным изменениям результатов измерений. Не забывайте наблюдать за сезонными и ежемесячными изменениями.

Обеспечение и контроль качества данных

Необходимо разработать план обеспечения и контроля качества данных, позволяющий проверить точность и надежность получаемых показаний. Точностью данных называется степень их соответствия фактическим значениям измеряемых характеристик. Надежностью данных называется последовательность и согласованность получаемых результатов. Как точность, так и надежность данных обеспечиваются следующими методами.

- Сбор образцов воды следует производить, точно соблюдая инструкции.
- Анализ образцов воды и измерения следует производить сразу же после отбора образцов.
- Следует тщательно калибровать измерительные приборы, правильно их использовать и вовремя производить их техническое обслуживание.
- Необходимо строго выполнять указания, приведенные в описаниях практических работ.
- Следует повторять измерения, проверяя их точность и выявляя причины возникновения ошибок.
- Следует сводить к минимуму загрязнение аналитических химикатов и измерительного оборудования.
- Необходимо проверять, соответствуют ли цифры, введенные в базу данных учащихся-участников программы GLOBE, цифрам, зарегистрированным на листе ввода данных о выборе участка гидрологических исследований.

Калибровка

Калибровкой называется процедура проверки точности измерительного оборудования. Например, для того, чтобы убедиться в правильном функционировании приборов, измеряющих кислотность (рН) воды, измерения производятся с использованием раствора, кислотность которого точно известна заранее. Процедуры калибровки различных приборов неодинаковы и приводятся в описаниях соответствующих практических работ. Некоторые приборы следует калибровать в полевых условиях в тот день, когда производится измерения. Другие калибровочные процедуры можно выполнять в классной комнате непосредственно перед перемещением приборов на участок полевых исследований. Тем не менее, в некоторых случаях может потребоваться повторная проверка калибровки прибора в полевых условиях посредством измерения параметра раствора с известными характеристиками. См. описания практических работ *Удельная электропроводность* и *Кислотность (рН)*.

Своевременность и последовательность выполнения операций при измерениях

Измерения прозрачности воды, температуры воды и содержания в воде растворенного кислорода следует производить на участке отбора образцов непосредственно после получения образца воды. Измерения следует выполнять в течение получаса

после наполнения водой ведерка для отбора образцов. Если ведерко с водой простояло больше получаса, отберите новый образец воды. Если задержка неизбежна, можно набирать образцы воды в закрытые бутылки (см. описание метода сбора образцов воды в бутылки) и анализировать их, вернувшись в классную комнату. Тем не менее, мы настоятельно рекомендуем производить все измерения непосредственно на участке отбора образцов. Мы не рекомендуем измерять содержание кислорода, растворенного в воде, в классной комнате, так как это измерение необходимо производить в течение 30 минут после отбора образца. Измерения рН и содержания нитратов можно производить в классной комнате не позже чем через 2 часа после отбора образца, а измерения щелочности, электропроводности и солености воды можно производить в течение 24 часов после отбора образца.

Важное примечание. Последовательность операций, выполняемых во время измерений, имеет большое значение. В первую очередь следует производить измерение прозрачности воды, после чего сразу же следует измерить температуру воды и содержание в ней растворенного кислорода, а затем уже можно выполнять измерения кислотности (рН), удельной электропроводности или солености, щелочности и содержания нитратов.

Важное примечание. Результаты измерений содержания растворенного в воде кислорода теряют ценность, если неизвестна температура того же образца воды. Измеряйте содержание растворенного кислорода только в том случае, если вы измерили температуру воды. Если вы отбираете образцы соленой или солоноватой воды, с тем, чтобы можно было интерпретировать результаты измерения содержания растворенного кислорода, необходимо так же измерить соленость воды.

Повторные измерения

Разделите класс на несколько групп так, чтобы измерения каждого из параметров производились как минимум двумя группами учащихся. После того, как одна из групп закончит измерения, поручите ей передать использовавшееся ею оборудование второй группе. Обе группы учащихся должны использовать одно и то же ведерко для отбора образцов воды.

Если будет замечено существенное расхождение между значениями измерявшегося двумя группами учащихся параметра, третья группа учащихся должна повторить те измерения, которые производились первой и второй группами. В таблице на следующей странице приводятся максимальные допустимые расхождения между измеряемыми значениями параметров.



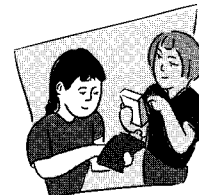
Параметр	Максимальное расхождение
Прозрачность	1,0 см
Температура воды	0,5°C
Содержание растворенного кислорода	0,4 мг/л (набор фирмы LaMott) 1,0 мг/л (набор фирмы Nach)
pH (лакмусовая бумага)	1,0 ед. pH
pH (показания прибора)	0,2 ед. pH
Электропроводность	2% диапазона шкалы (40 мкСм/см)
Соленость (денсиметр)	0,4 части на тысячу
Соленость (титрование)	0,4 части на тысячу
Щелочность	4 мг/л CaCO ₃ (набор фирмы LaMott) 1 капля (набор фирмы Nach) 17 мг/л CaCO ₃ (в верхнем диапазоне) 6,8 мг/л CaCO ₃ (в нижнем диапазоне)
Содержание нитратов	(1,0 мг/л)

Каждая группа учащихся должна регистрировать данные на своем собственном листе ввода данных гидрологических исследований. В базу данных учащихся-участников программы GLOBE следует загружать среднее значение, рассчитанное на основе всех полученных значений, удовлетворяющих перечисленным выше допускам. Игнорируйте значения, превышающие допустимое максимальное расхождение. Следует отметить, что в случае определения прозрачности воды, в базу данных учащихся-участников программы GLOBE следует вводить все полученные значения.

Ликвидация жидких отходов

После выполнения измерений все растворы (за исключением растворов, используемых для анализа содержания нитратов и титрования солености) и жидкости следует собрать в пластиковый контейнер для отходов с широким горлышком и навинчивающейся крышкой, из которого эти отходы можно вылить в умывальник, промыв сливную горловину умывальника водой из-под крана. Если правила обеспечения безопасности, действующие в вашем школьном округе, предусматривают другую процедуру удаления отходов, выполняйте действующие правила. Отходы, образующиеся после измерения содержания нитратов и титрования солености (обычно содержащие, соответственно, кадмий и соединения хрома), следует ликвидировать в соответствии с правилами обеспечения безопасности, принятыми в вашем школьном округе.

Сбор образцов воды



Приборы и материалы

- Четырехлитровое ведро, к ручке которого надежно привязана прочная веревка
- Бумажные полотенца
- Полиэтиленовые бутылки для образцов воды, вместимостью 500 мл
- Научные дневники участников программы GLOBE, ручки, листы ввода данных
- Латексные перчатки (рекомендуются)

Если учащиеся имеют БЕЗОПАСНЫЙ доступ к воде (т. е. если вода находится на расстоянии протянутой руки), измерения температуры воды, pH, содержания растворенного кислорода и удельной электропроводности можно производить на участке отбора образцов непосредственно у поверхности воды. Тем не менее, для измерения щелочности, солености и содержания нитратов необходимо набирать образец воды в ведро. Измерения параметров воды следует производить сразу же после отбора образцов. Если нет другой возможности, образцы воды можно набирать в бутылки и производить измерения pH, щелочности и солености или электропроводности после возвращения в классную комнату. Перед перемещением образца воды необходимо стабилизировать содержание в нем кислорода, выполнив предварительные операции, перечисленные в описании практической работы «Содержание растворенного кислорода». Отбирая образцы воды, параметры которых будут измеряться сразу же, или образцы воды, набираемые в бутылки и анализируемые после возвращения в классную комнату, применяйте следующие методы.

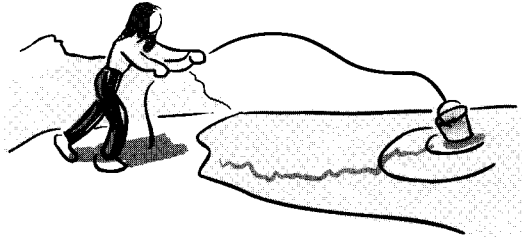
С помощью трубки для замера мутности воды определяется прозрачность проточной воды в мелководных реках, ручьях или других мелководных водоемах. С помощью диска Секки определяется прозрачность воды только в глубоких водоемах со стоячей водой, причем измерения с помощью диска Секки, как правило, производятся наблюдателями, стоящими на мосту или на молу, поодаль от прибрежной части водоема.

Метод отбора образцов

1. Держась за веревку, привязанную к ведерку, опустите ведро в воду так, чтобы оно частично наполнилось водой. Если ведро плавает, вода не сможет перелиться через край ведерка; покачайте ведро веревкой, чтобы залить его водой. После того, как вода попадет в ведро, вытащите его и прополощите его набранной водой, чтобы очистить поверхности ведерка, после чего вылейте воду и снова наберите образец воды. Не пользуйтесь дистиллированной водой с целью промывки ведерка — это может привести к изменению результатов измерений. Никогда не допускайте использования ведерка для отбора образцов с целью уборки или в других посторонних целях,



Промывка ведерка для сбора образцов воды.



Забрасывание ведерка для сбора образцов воды.

так как это повлияет на результаты измерений.

Если вы отбираете образцы воды из ручья, закидывайте ведро в место, где вода хорошо перемешивается, поодаль от берега. В идеальном случае следует отбирать образец воды в таком месте, где наблюдается хотя бы медленное течение.

Если образец воды отбирается из ручья с быстрым течением, крепко держите веревку, чтобы течение не унесло ведро.

Если вы отбираете образцы воды из озера, в заливе или на берегу оксана, закидывайте ведро с берега как можно дальше. Образцы следует всегда отбирать из верхнего слоя воды. Ведро не должно заполняться водой полностью и тонуть. Будьте осторожны, чтобы не замутить воду донными осадками.

2. Отбирая образец, заполняйте ведро водой на две трети или на три четверти, после чего вытаскивайте его из воды.

Сбор образцов воды в бутылки

Хотя все измерения в ходе гидрологических исследований рекомендуется производить непосредственно на участке отбора образцов, измерения кислотности (pH), щелочности, содержания нитратов и удельной электро-проводности или солености можно выполнять в классной комнате. Измерение содержания растворенного кислорода можно производить в классной комнате только после стабилизации содержания кислорода в образце в полевых условиях.

Набирая образцы воды в бутылки и перемещая их в классную комнату, выполняйте следующие инструкции. Эти инструкции не относятся к измерениям температуры воды, содержания растворенного кислорода и прозрачности воды.

1. Наклейте на полиэтиленовые бутылки вместимостью 500 мл ярлыки с указанием наименования вашей школы, фамилии учителя, наименования участка

отбора образцов и даты и времени отбора образцов.

2. Промойте бутылку и крышку водой из того водоема, из которого вы отбираете образцы.
3. Наполняйте бутылку водой из исследуемого водоема до тех пор, пока вода не образует выгнутую поверхность над краями горлышка бутылки — с тем, чтобы в бутылке не осталось воздуха после того, как вы закроете ее крышкой.
4. Загерметизируйте соединение крышки с бутылкой хозяйственной липкой лентой.

Примечание: Лента служит в качестве ярлыка и указывает на то, открывали ли бутылку. Поверхность ленты НЕ ДОЛЖНА соприкасаться с самим образцом воды.

5. Храните образцы воды, набранные в бутылки, в холодильнике при температуре примерно 4°C. Измерения содержания нитратов и pH следует производить не позже, чем через 2 часа после отбора образцов; измерения щелочности и солености или электропроводности воды можно производить в течение суток после отбора образцов.
6. После вскрытия бутылки в первую очередь производите измерение кислотности (pH), а затем измерения солености или электропроводности, щелочности и содержания нитратов. В идеальном случае, после вскрытия бутылки все измерения следует производить в течение одного лабораторного занятия.

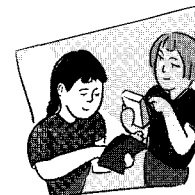
Обеспечение безопасности



- См. листы научных данных о материалах, поставляемые вместе с аналитическими наборами и буферными веществами. Кроме того, см. правила обеспечения безопасности, действующие в вашем школьном округе.
- В любых случаях, лицам, пользующимся наборами химикатов, рекомендуется надевать латексные перчатки и защитные очки.



Определение прозрачности воды



Приветствие

Введение

Практика

Закрытие

Приложение

Определение прозрачности воды

Предназначение практической работы

Определение прозрачности воды с использованием диска Секки (в стоячей глубокой воде) или трубки для замера мутности воды (в проточной воде или на мелководье).

Обзор

Диск Секки — широко распространенное средство измерения прозрачности воды (глубины проникновения света в воду). Значение прозрачности воды, определяемое с помощью диска Секки, зависит от количества взвешенных в воде и окрашивающих воду веществ, попадающих в водоем вместе с вымываемыми твердыми осадками или образующихся в результате жизнедеятельности организмов. Трубка для замера мутности воды используется с целью определения прозрачности проточной воды или в тех случаях, когда использование диска Секки практически не целесообразно.

Продолжительность измерений

10—15 минут.

Уровень подготовки учащихся

Любой.

Частота измерений

Измерения производятся еженедельно.

Важнейшие концепции

Определение прозрачности воды с использованием диска Секки или трубки для замера мутности воды.

Рассеяние света.

Взвешенные в воде частицы.

Поглощение света.

Цвет воды.

Производительность.

Навыки

Использование диска Секки или трубки для замера мутности воды.

Планирование выполнения измерений.

Регистрация данных.

Интерпретация результатов.

Приборы и материалы

Диск Секки

Веревка длиной 5 м (или другой длины, в зависимости от глубины водоема на участке отбора образцов).

Распыляющие (аэрозольные) контейнеры с черной и белой латексной эмалевой краской.

Отрезок стальной трубы диаметром 2,5-3 см и длиной 15 см.

Сверло.

Круглый деревянный диск толщиной 2,5 см и диаметром 20 см.

2 шурупа с крючками на головке.

Леска длиной 15 см.

Флакон с клеем для дерева или универсальным клеем.

Фломастеры, наносящие несмываемые метки (красный, синий и черный).

Измерительная планка.

Трубка для замера мутности воды

Прозрачная пластиковая трубка длиной примерно 1 м (в зависимости от прозрачности воды на участке отбора образцов) и диаметром 4,5 см (например, прозрачная пластиковая оболочка лампы дневного света, которую можно найти в хозяйственном магазине).

Белая крышка, надежно закрепляемая на основании трубки (хорошо подходит заглушка для поливинилхлоридной трубы).

Черный фломастер, наносящий несмываемые метки.

Измерительная планка.

Подготовка

Если диск Секки невозможно заказать, его следует изготовить. См. инструкции по изготовлению диска в описании практической работы.

Если используется трубка для замера мутности воды, ее следует изготовить перед переходом на участок отбора образцов.

Предварительные условия

Перед тем, как учащиеся начнут производить первые измерения, следует вкратце обсудить методы использования диска Секки или трубки для замера мутности при определении прозрачности воды.

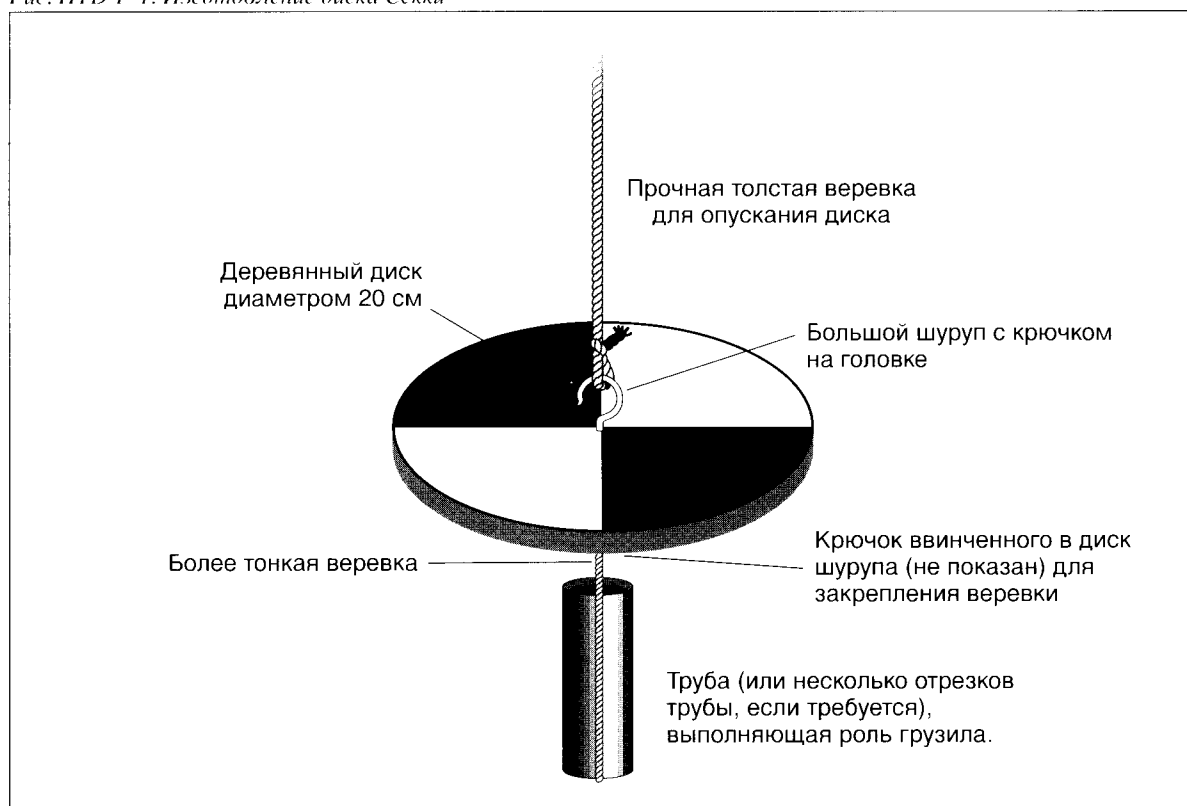


Изготовление диска Секки

1. Разделите поверхность деревянного диска на четыре квадранта, нанося тонкие линии карандашом (начертите две перпендикулярные прямые, проходящие через центр диска).
2. Закрасьте два противоположных квадранта черной краской, а два других квадранта — белой краской.
3. Ввинтите шурупы с крючками на головках в центре верхней (окрашенной) и нижней поверхностей диска, после чего привяжите к крючку шурупа, ввинченного в верхнюю поверхность диска, веревку длиной 5 метров (или длиннее).

4. Привяжите более короткий отрезок веревки к крючку шурупа, ввинченного в нижнюю поверхность диска, и протяните этот отрезок веревки через трубу. Завяжите большой узел в основании трубы так, чтобы она, будучи подвешена под диском, не падала, опираясь на узел.
5. Подвесив диск на веревке, привязанной к крючку с верхней стороны диска, возьмите измерительную планку и разметьте веревку фломастером, оставляющим несмываемые метки, обозначив отрезки длиной 10 см. На высоте 50 см над диском сделайте синюю отметку, а на высоте 1 метр над диском — красную отметку. После этого диск готов к выполнению измерений.

Рис. HYD-P-1. Изготовление диска Секки



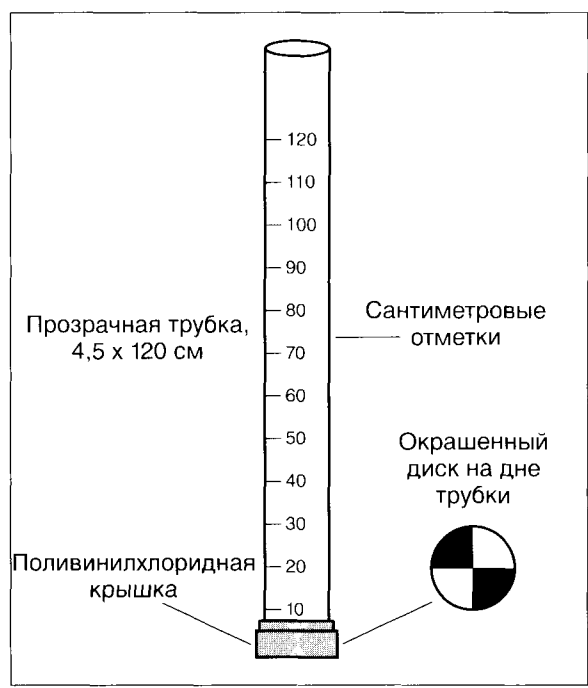
H₂O



Изготовление трубки для замера мутности воды

1. Закрепите поливинилхлоридную крышку на одном конце прозрачной трубки. Крышка должна надеваться плотно, так, чтобы в трубку не проникала вода.
2. Вырежьте из дерева, пластика или картона диск, соответствующий трубке по диаметру.
3. Разделите диск на четыре квадранта и закрасьте противоположные квадранты черным и белым цветом. Запрессуйте диск в полиэтилен или покройте его лаком, чтобы он не пропитывался водой.
4. Приклейте диск к основанию трубки окрашенной стороной вверх (так, чтобы она была обращена к верхнему, открытому концу трубки).
5. Пользуясь фломастером и измерительной планкой, разметьте шкалу на боковой стенке трубки, начиная с верхнего края диска (0 см).

Рис. HYD-P-2. Изготовление трубки для замера мутности воды



Измерение прозрачности воды

Измерения с помощью диска Секки или трубки для замера мутности воды следует производить в тени, так, чтобы Солнце находилось за спиной. Это позволит получать точные и воспроизводимые показания. Если измерения невозможно производить в естественной тени, воспользуйтесь зонтиком или большим куском картона, чтобы затенить участок, на котором выполняются измерения. В случае использования трубки для замера мутности воды достаточно тени, отбрасываемой лицом, производящим измерения.

Различные люди замечают исчезновение диска Секки или дна трубки для замера мутности воды на различной глубине. Поэтому всякий раз, когда это возможно, измерения прозрачности должны производиться независимо тремя учащимися, и все полученные ими результаты следует загружать в базу данных учащихся-участников программы GLOBE.

Измерения с помощью диска Секки

1. Медленно опускайте диск в воду до тех пор, как он перестанет быть виден. Если это возможно, возьмитесь за веревку у самой поверхности воды и пометьте соответствующую длину веревки (например, с помощью булавки). Если отметить длину веревки у самой поверхности воды невозможно, отметьте длину веревки на известном расстоянии над водой.
2. Поднимайте диск до тех пор, как вы его увидите. Возьмитесь за веревку у самой поверхности воды или на известном расстоянии над водой и отметьте соответствующую длину веревки. Теперь веревка должна быть помечена в двух местах, находящихся на расстоянии не более чем несколько сантиметров одно от другого.
3. Зарегистрируйте обе глубины на листе ввода данных гидрологических исследований, округлив значения до 1 см.
4. Если отмеченные глубины отличаются одна от другой более чем на 10 см, повторите измерения, зарегистрировав новые значения глубины на листе ввода данных гидрологических исследований.
5. Выполняя инструкции, приведенные в описании практической работы *Определение плотности облачного покрова*, определите плотность облачного покрова. Определите расстояние от поверхности воды до места, отмечавшегося каждым из наблюдателей на веревке, и



зарегистрируйте значения плотности облачного покрова и расстояния от поверхности воды до метки на веревке на листе ввода данных гидрологических исследований. Если веревка отмечалась у самой поверхности воды, зарегистрируйте значение «0».



6. Введите измеренные значения глубины, плотности облачного покрова и расстояния от метки на веревке до поверхности воды в базу данных учащихся-участников программы GLOBE. **Примечание.** Вводите данные, зарегистрированные каждым из наблюдателей, не усредняя результаты.



Примечание. Если диск Секки достигает дна водоема на участке отбора образцов, и вы все еще его видите, зарегистрируйте глубину водоема и расстояние от метки на веревке до поверхности воды и введите символ «более чем» (>) перед зарегистрированными значениями как на листе ввода данных, так и при загрузке значений в базу данных учащихся-участников программы GLOBE.



измерения с помощью трубки для замера мутности воды

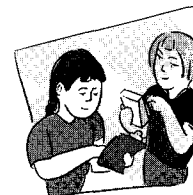
1. Заливайте образец воды в трубку до тех пор, когда дно трубки, наблюдаемое прямо сверху через столб воды в трубке, перестанет быть заметным. Поворачивая трубку и смотря на ее дно, проверяйте, различимы ли черные и белые части изображения на дне.
2. Зарегистрируйте глубину воды на листе ввода данных гидрологических исследований с точностью до 1 см.
3. Введите измеренные значения глубины в базу данных учащихся-участников программы GLOBE. Вводите данные, зарегистрированные каждым из наблюдателей, не усредняя результаты.



Примечание. Если, заполнив трубку водой полностью, вы все еще видите ее дно, зарегистрируйте глубину столба воды, введя символ «более чем» (>) перед значением глубины.



Измерение температуры воды



Предназначение практической работы

Измерение температуры образца воды.

Обзор

Значение температуры образца воды требуется для измерения содержания растворенного кислорода и кислотности (рН), а также используется при изучении глобальных гидрологических вопросов.

Продолжительность измерений

5 минут, после калибровки термометра.

Уровень подготовки учащихся

Любой.

Частота измерений

Измерения производятся еженедельно. Калибровка производится каждые три месяца.

Важнейшие концепции

- Температура, измерение температуры.
- Тепло, перенос тепла, теплопроводность.
- Точность данных.
- Надежность данных.

Навыки

- Надлежащее использование термометра.
- Считывание показаний на шкале прибора.
- Регистрация данных.

Приборы и материалы

- Спиртовый термометр.
- Часы.
- Леска достаточной длины для опускания термометра в воду.
- Резиновое кольцо.
- Листы для ввода данных.

Подготовка

Перемещение приборов и материалов на участок гидрологических исследований.

Предварительные условия

Отсутствуют.

Калибровка и контроль качества данных

Измерения температуры занимают только несколько минут. Важнее всего выждать в течение времени, достаточного для того, чтобы температура термометра сравнялась с температурой воды — т. е. примерно в течение трех—пяти минут.

Жидкостный термометр следует калибровать как минимум один раз каждые три месяца, а также перед первым его использованием. Инструкции по калибровке термометра приведены в описании практической работы *Максимальная, минимальная и текущая температура* раздела *Атмосферные исследования*.

Измерение температуры воды

1. Надежно привяжите один конец лески к термометру, а другой конец — к резиновому кольцу. Наденьте резиновое кольцо на кисть руки, чтобы термометр не потерялся, если вы случайно уроните его в воду.
2. Взявшись за термометр с конца, противоположного измерительному наконечнику, встряхните его несколько раз, чтобы удалить пузырьки воздуха,

остающиеся в жидкости внутри трубки термометра. Зарегистрируйте показание температуры.

3. Погрузите термометр в образец воды на глубину 10 см и выждите в течение трех—пяти минут.
4. Поднимите термометр так, чтобы можно было видеть показание температуры, но не выше. Быстро зарегистрируйте показание температуры. Если температура окружающего воздуха существенно отличается от температуры воды или если наблюдается сильный ветер, показание термометра может быстро измениться после его удаления из воды; старайтесь считывать показания термометра так, чтобы его измерительный наконечник оставался погруженным в воду. Снова опустите термометр в воду и подождите около минуты или до тех пор, когда температура стабилизируется. Снова зарегистрируйте показание температуры. Если оно не изменилось, перейдите к выполнению операции 5.



5. Зарегистрируйте показание температуры, а также дату и время выполнения измерений, на листе ввода данных гидрологических исследований.

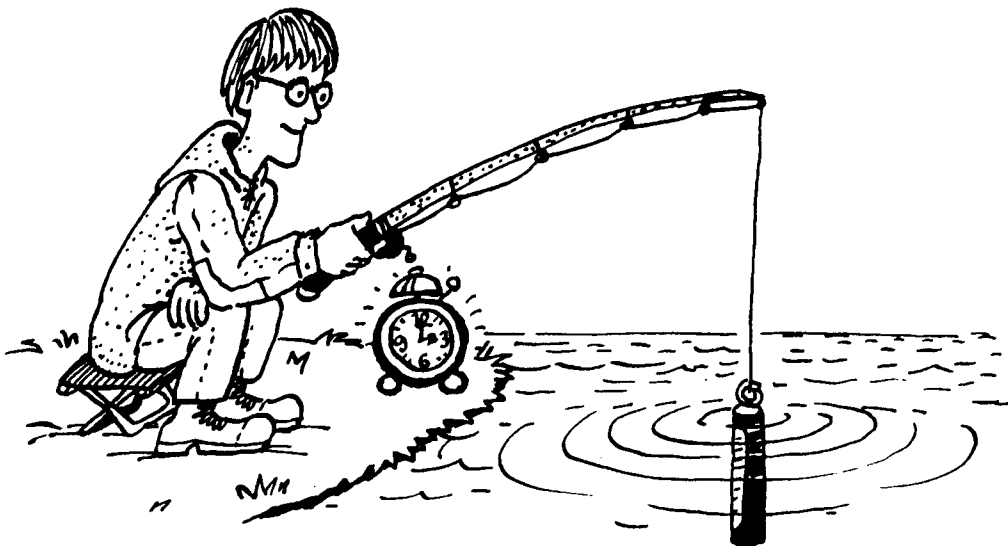
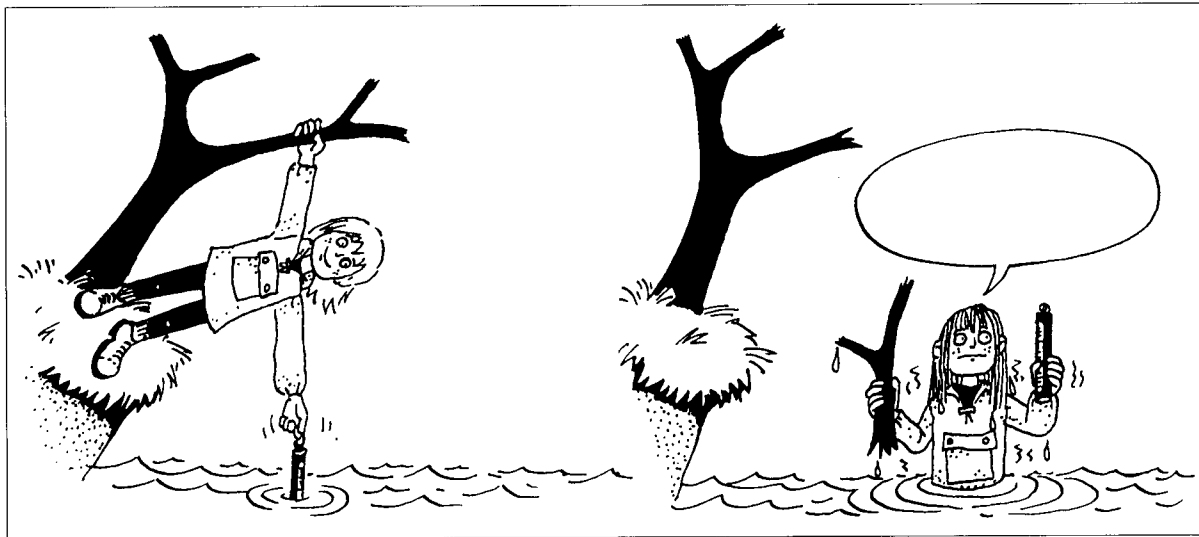
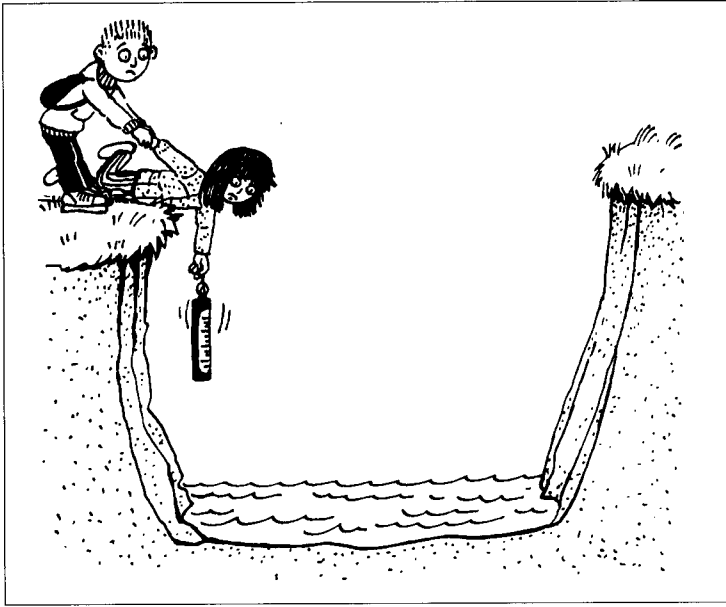


6. Рассчитайте среднее значение температуры на основе показаний, зарегистрированных несколькими группами учащихся. Если все измеренные показания не расходятся более чем на 1°C, загрузите среднее значение температуры в базу данных учащихся-участников программы GLOBE. Если наблюдается более значительное расхождение показаний, повторите измерения.



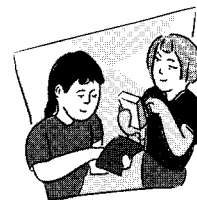
H₂O





Источник: Jan Smolik, 1996, TEREZA, Общество экологического образования, Чешская республика.

Измерение содержания растворенного кислорода



Предназначение практической работы

Измерение количества кислорода, растворенного в образце воды.

Обзор

Выживание растений и животных, обитающих в водоеме, в значительной степени зависит от содержания растворенного кислорода в воде. Содержание растворенного кислорода в воде зависит, в свою очередь, как от естественных процессов, так и от деятельности людей.

Продолжительность измерений

Калибровка: 15 минут.

Полевые измерения: 15 минут.

Уровень подготовки учащихся

Средний и высокий.

Частота измерений

Измерения производятся еженедельно.

Каждые полгода необходима калибровка.

Важнейшие концепции

Растворенный кислород.

Сравнение с эталоном.

Точность и надежность данных.

Навыки

Надлежащее использование набора для измерения содержания растворенного кислорода.

Регистрация данных.

Приборы и материалы

Набор для измерения содержания растворенного кислорода (см. «Комплект приборов и материалов»).

Предупреждение: этот набор содержит опасные химикаты.

Дистиллированная вода.

Полиэтиленовая бутылка вместимостью 250 мл, с крышкой.

Термометр.

Листы ввода данных.

Латексные перчатки и защитные очки.

Подготовка

Обучение выполнению процедуры подготовки и консервации образца, описание которой приведено ниже.

Перемещение приборов и материалов на участке гидрологических исследований.

Предварительные условия

Отсутствуют.

Калибровка и контроль качества данных

Калибровку следует производить раз в шесть месяцев с тем, чтобы проверять точность применяемого вами метода и пригодность используемых вами химикатов.

1. Дважды промойте бутылку вместимостью 250 мл дистиллированной водой. Отмерьте 100 мл дистиллированной воды с помощью мензурки.
2. Залейте дистиллированную воду в бутылку вместимостью 250 мл. Плотно закройте бутылку крышкой и сильно взбалтывайте ее содержимое в течение пяти минут.
3. Откройте крышку бутылки и измерьте температуру воды. Проследите за тем, чтобы измерительный наконечник термометра не прикасался ко дну или к стенкам бутылки. Подождите 1 минуту

перед считыванием показания температуры.

4. Зарегистрируйте температуру на листе ввода данных гидрологических исследований.
5. Выполните указания по измерению содержания растворенного кислорода.

Регистрируйте на листе ввода данных значение содержания кислорода в эталонном образце дистиллированной воды, выраженное в мг/л (кислорода в дистиллированной воде). Содержание растворенного кислорода в эталонном образце взболтанной дистиллированной воды, выраженное в мг/л, не должно отличаться более чем на 0,4 мг/л от значения, ожидаемого для насыщенной кислородом (взболтанной) дистиллированной воды. Ожидаемое значение содержания кислорода в насыщенной кислородом дистиллированной воде определяется следующим образом.

Таблица HYD-P-1. Растворимость кислорода в воде, перемешанной с воздухом при давлении 750 мм рт. ст.

Темп. (°С)	Растворимость (мг/л)	Темп. (°С)	Растворимость (мг/л)	Темп. (°С)	Растворимость (мг/л)
0	14,6	16	9,9	32	7,3
1	14,2	17	9,7	33	7,2
2	13,8	18	9,5	34	7,1
3	13,5	19	9,3	35	7,0
4	13,1	20	9,1	36	6,8
5	12,8	21	8,9	37	6,7
6	12,5	22	8,7	38	6,6
7	12,1	23	8,6	39	6,5
8	11,9	24	8,4	40	6,4
9	11,6	25	8,3	41	6,3
10	11,3	26	8,1	42	6,2
11	11,0	27	8,0	43	6,1
12	10,8	28	7,8	44	6,0
13	10,5	29	7,7	45	5,9
14	10,3	30	7,6	46	5,8
15	10,1	31	7,4	47	5,7

1. Найдите в таблице HYD-P-1 значение температуры, соответствующее температуре вашего эталонного образца.
2. Найдите соответствующее значение растворимости кислорода (в мг/л) и зарегистрируйте его на листе ввода калибровочных данных. Например: растворимость кислорода в эталонном образце дистиллированной воды при температуре 22°С должна составлять 8,7 мг/л.
3. Найдите в таблице HYD-P-2 значение калибровочного коэффициента, соответствующего высоте над уровнем моря, на которой вы находитесь, и

зарегистрируйте это значение на листе ввода калибровочных данных. Например: значение калибровочного коэффициента насыщения воды кислородом на высоте 1544 м над уровнем моря составляет 0,83.

4. Умножьте значение растворимости кислорода, найденное при выполнении операции 2, на значение калибровочного коэффициента, определенного при выполнении операции 3. Например: на высоте 1544 м над уровнем моря при температуре 22°С, $8,74 \text{ мг/л} \times 0,83 = 7,25 \text{ мг/л}$



5. Это значение (в приведенном примере 7,25) — ожидаемое значение содержания кислорода во взболтанном эталонном образце дистиллированной воды.
6. Сравните это ожидаемое значение со значением, полученным вами при анализе вашего взболтанного эталонного образца дистиллированной воды. Если эти значения расходятся более чем на 0,4 мг/л (при использовании набора фирмы LaMott) или не более чем на 1 мг/л (при использовании набора фирмы Hach), попробуйте снова произвести измерение содержания кислорода в дистиллированной воде. Если расхождение все равно будет составлять более 0,4 мг/л, но менее 1 мг/л, зарегистрируйте полученное значение содержания кислорода в дистиллированной воде (DO) на листе ввода калибровочных данных.
7. Если расхождение будет составлять более 1 мг/л, зарегистрируйте полученное вами значение и замените химикаты в вашем аналитическом наборе перед выполнением дальнейших измерений. После получения новых химикатов повторите процедуру калибровки.



Измерение содержания растворенного кислорода

Отбор образца

1. Трижды промойте бутылку для отбора образца и руки водой из исследуемого водоема. Трижды промойте бутылку дистиллированной водой.
2. Закройте бутылку крышкой.
3. Погрузите бутылку в воду исследуемого водоема и снимите крышку. Бутылка должна заполниться водой.
4. Постучите по бутылке, чтобы высвободить захваченные пузырьки воздуха.
5. Продолжая удерживать бутылку под водой, закройте ее крышкой. Выньте закрытую крышкой бутылку из воды.
6. Проверьте, не остались ли в бутылке пузырьки воздуха. Если вы заметите оставшиеся в бутылке пузырьки, повторите процедуру отбора образца.



Консервация и анализ образца

1. Пользуйтесь набором для определения содержания растворенного кислорода, соответствующим требованиям, приведенным в разделе «Комплект приборов и материалов» настоящего руководства. Точно выполняйте инструкции. Если для измерения количества порошковых химикатов используется ложечка для взвешивания, не допускайте контактирования ложечки с жидкостью.
2. Зарегистрируйте значения, полученные группами учащихся, на листе ввода данных гидрологических исследований.
3. Рассчитайте среднее значение на основе показаний, зарегистрированных группами учащихся. Если эти показания не отличаются от среднего более чем на 1 мг/л, загрузите полученное среднее значение в базу данных учащихся-участников программы GLOBE. В противном случае повторите измерения.
4. Слейте все использованные жидкости в контейнер для отходов.

Аналитические наборы для определения содержания растворенного кислорода состоят из двух частей: химикатов для консервации (стабилизации) образца и аналитических химикатов. В процессе консервации образца к образцу воды добавляются химикат, выпадающий в осадок в присутствии растворенного кислорода, а затем химикат, окрашивающий раствор. В процессе анализа образца в образец воды добавляется, по каплям, *титрирующий* раствор до тех пор, пока образец не обесцветится. Значение содержания растворенного кислорода определяется на основе количества добавленного в образец титрирующего раствора.

Таблица HYD-P-2. Значения калибровочных коэффициентов для различных значений атмосферного давления и высоты над уровнем моря.

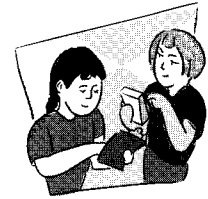
Давление (мм рт. ст.)	Давление (кПа)	Высота (м)	Калибровочный коэффициент (%)	Давление (мм рт. ст.)	Давление (кПа)	Высота (м)	Калибровочный коэффициент (%)
768	102,3	-84	1,01	631	84,1	1544	0,83
760	101,3	0	1,00	623	83,1	1643	0,82
752	100,3	85	0,99	616	82,1	1743	0,81
745	99,3	170	0,98	608	81,1	1843	0,80
737	98,3	256	0,97	600	80,0	1945	0,79
730	97,3	343	0,96	593	79,0	2047	0,78
722	96,3	431	0,95	585	78,0	2151	0,77
714	95,2	519	0,94	578	77,0	2256	0,76
707	94,2	608	0,93	570	76,0	2362	0,75
699	93,2	698	0,92	562	75,0	2469	0,74
692	92,2	789	0,91	555	74,0	2577	0,73
684	91,2	880	0,90	547	73,0	2687	0,72
676	90,2	972	0,89	540	71,9	2797	0,71
669	89,2	1066	0,88	532	70,9	2909	0,70
661	88,2	1160	0,87	524	69,9	3203	0,69
654	87,1	1254	0,86	517	68,9	3137	0,68
646	86,1	1350	0,85	509	67,9	3253	0,67
638	85,1	1447	0,84	502	66,9	3371	0,66

Измерение содержания растворенного кислорода

Практика



Определение кислотности (pH)



Предназначение практической работы
Измерение показателя pH.

Обзор

Показатель pH, или кислотность, образца воды — важнейший фактор, позволяющий определять пригодность воды для обитания фауны и флоры.

Уровень подготовки учащихся

Все.

Продолжительность измерений

Фактические измерения занимают 5 минут. От 10 до 15 минут затрачивается на подготовку в классе, и еще 5 минут — на калибровку в полевых условиях по методу 2.

Частота измерений

Измерения и калибровка производятся ежедневно.

Важнейшие концепции

- Показатель pH и его измерение.
- Воздействие температуры на показатель pH.
- Калибровка.
- Буферные и стандартные растворы для определения pH.

Навыки

- Использование оборудования для измерения pH.
- Регистрация данных.

Приборы и материалы

Метод 1

- Лакмусовая бумага (учащиеся с начальным уровнем подготовки)
- Химические стаканы вместимостью 50 мл или 100 мл.

Метод 2

- Ручка для измерения pH (учащиеся со средним и высоким уровнем подготовки).
- Одна миниатюрная (ювелирная) отвертка (для калибровки).
- Три химических стакана вместимостью 50 мл или 100 мл.

Полиэтиленовая бутылочка вместимостью 50 мл с крышкой или чистая баночка для детского питания с крышкой.

Буферный раствор с pH = 7.

Альтернативный вариант:

Прибор для измерения pH (учащиеся со средним и высоким уровнем подготовки).

Пять химических стаканов вместимостью 50 мл или 100 мл.

Три полиэтиленовых бутылочки вместимостью 50 мл с крышками или три чистых баночки для детского питания с крышками.

Три буферных раствора с pH = 4, pH = 7 и pH = 10.

При измерении pH как ручкой, так и прибором, используются также следующие материалы:

Измерительная мензурка вместимостью 100 мл.

Бумажные полотенца.

Косметические салфетки.

Дистиллированная вода в пластиковой бутылке.

Палочка или ложечка для перемешивания.

Хозяйственная липкая лента.

Фломастер, оставляющий несмываемые метки.

Латексные перчатки и защитные очки.

Подготовка

Подготовьте ручку или прибор для измерения pH в соответствии с инструкциями изготовителя. Не забудьте выждать в течение достаточного времени (более одного часа). Ручки и приборы для измерения pH служат дольше, если они хранятся во влажном состоянии. Подготовьте в классной комнате буферные растворы с известным значением pH. Откалибруйте ручку или прибор для измерения pH перед их перемещением на участок отбора образцов воды. Возьмите с собой все требуемые приборы и материалы, в том числе буферные растворы.

Предварительные условия

Отсутствуют.



Предпосылки

Настоящая практическая работа заключается в определении кислотности (pH) образца воды, отобранного на участке гидрологических исследований. Мы рекомендуем учащимся с начальным уровнем подготовки пользоваться лакмусовой бумагой для определения pH, учащимся со средним уровнем подготовки — ручкой для измерения pH, а учащимся с высоким уровнем подготовки — прибором для измерения pH.

Измерение pH

Метод 1. Измерение pH лакмусовой бумагой

Учащиеся с начальным уровнем подготовки

1. Промойте химический стакан вместимостью 50 мл или 100 мл водой из исследуемого водоема как минимум дважды.
2. Заполните химический стакан примерно наполовину водой из исследуемого водоема.
3. Погрузите полоску лакмусовой бумаги в образец воды и подождите как минимум минуту. Убедитесь в том, что в воду погружены все сегменты полоски лакмусовой бумаги.
4. Выньте полоску бумаги из воды и сравните результирующий цвет четырех сегментов полоски со шкалой на тыльной стороне коробки с лакмусовой бумагой. Попробуйте найти последовательность четырех цветов на шкале, точно соответствующую последовательности цветов четырех сегментов использованной полоски лакмусовой бумаги.
5. Если показания неопределены, для надлежащего реагирования лакмусовой бумаги с водой может потребоваться больше времени. Лакмусовая бумага дольше реагирует с водой, электропроводность которой составляет менее 400 микросименсов на сантиметр (см. описание практической работы *Измерение удельной электропроводности*). Если требуется дополнительное реагирование лакмусовой бумаги, погрузите полоску бумаги в образец воды еще на одну минуту, и снова проверьте окраску ее сегментов. Повторяйте эту процедуру до тех пор, пока вы не удостоверитесь в получении надежного результата. Если показания будут все еще

неопределенными после реагирования в течение 10 минут, начните измерения снова с помощью другой полоски лакмусовой бумаги. Если измерения окажутся неудачными и во второй раз, укажите это на листе ввода данных гидрологических исследований.

6. Зарегистрируйте соответствующее показание pH и занесите его на лист ввода данных гидрологических исследований. Загрузите полученное значение в базу данных учащихся-участников программы GLOBE.

Примечание. Показания лакмусовой бумаги могут оказаться неточными, если электропроводность вашего образца воды составляет менее 300 микросименсов на сантиметр (лакмусовая бумага не функционирует надлежащим образом в воде с электропроводностью ниже этого уровня). См. описание практической работы *Измерение удельной электропроводности*.

Метод 2. Измерение pH с помощью ручки или прибора

Учащиеся со средним и высоким уровнем подготовки

Для того, чтобы измерить кислотность (pH) вашего образца воды с помощью прибора для измерения pH, необходимо: 1) приготовить буферные растворы, 2) откалибровать приборы, 3) проверить показания прибора, измерив кислотность буферных растворов в полевых условиях и 4) измерить pH вашего образца воды в полевых условиях.

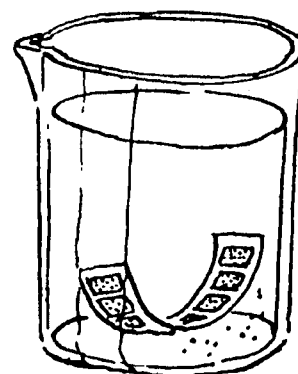
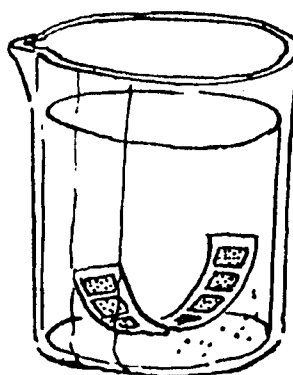
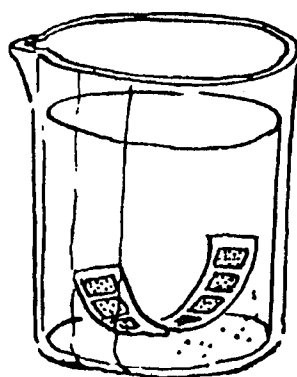
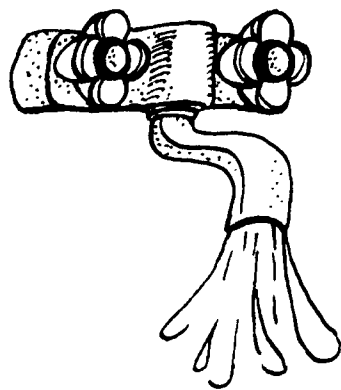
Калибровка

Калибровку следует производить перед выполнением каждой серии измерений. Калибровку можно производить в классной комнате перед перемещением приборов на участок отбора образцов воды.

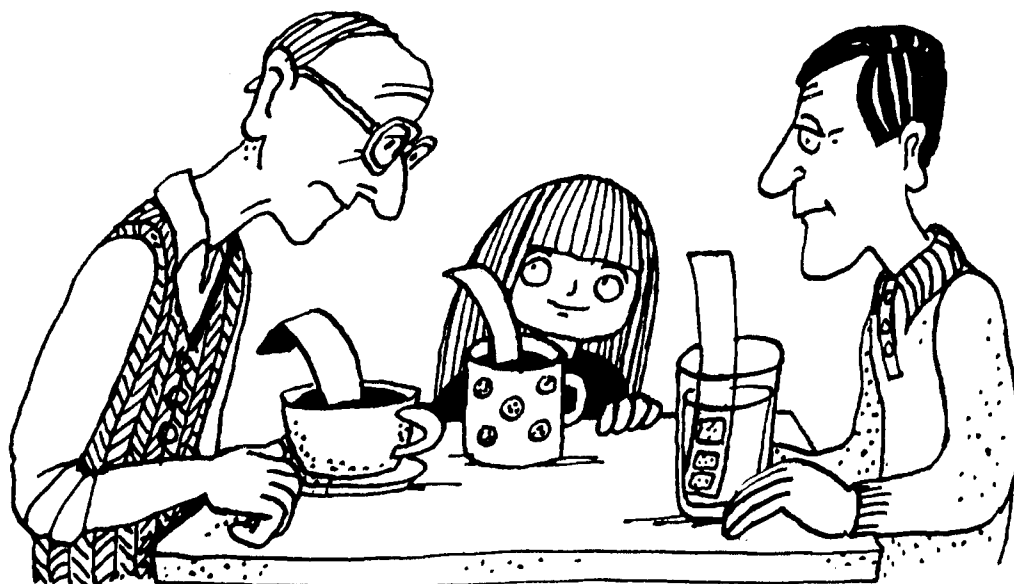
Этап 1. Приготовление буферных растворов

Предварительно приготовленные буферные растворы можно хранить в течение 1 года, если они не будут загрязнены какими-либо примесями. Если вы пользуетесь порошковым химическим агентом для приготовления буферных растворов, растворите его в дистиллированной воде так, как описывается ниже. Если вы используете предварительно приготовленными буферными растворами, отмерьте 50 мл раствора с помощью мензурки и перейдите к выполнению операции 4.

В отношении каждого буферного раствора (с pH = 4, pH = 7 и pH = 10) выполняются следующие операции.



0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14

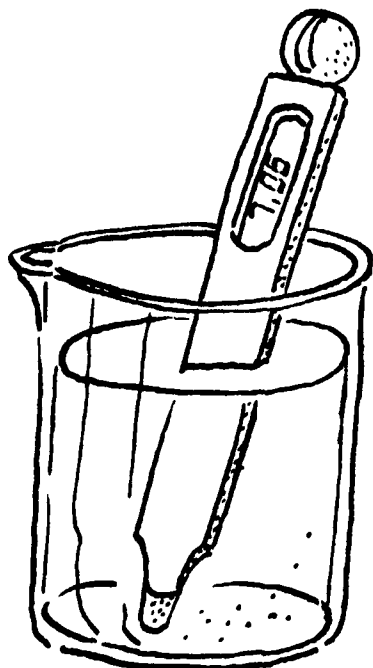


H₂O



Источник: Jan Smolik, 1996, TEREZA, Общество экологического образования, Чешская Республика.

1. Запишите значение pH буферного раствора и дату на двух отрезках липкой ленты. Закрепите один из отрезков ленты на чистом сухом химическом стакане вместимостью 100 мл, а другой — на бутылочке вместимостью 50 мл или на хорошо очищенной баночке для детского питания.
2. Пользуясь мензуркой, отмерьте 50 мл дистиллированной воды и слейте ее в химический стакан.
3. Удерживая пакет с порошковым химическим агентом над химическим стаканом, оторвите один из концов пакета и высыпьте порошок в воду, встряхивая пакет. Убедитесь в том, что все содержимое пакета попало в воду. Перемешивайте раствор палочкой или ложечкой до тех пор, пока весь порошок не растворится.
4. Слейте буферный раствор в обозначенную ярлыком бутылочку. Надежно закройте бутылочку крышкой. По прошествии одного месяца выбросьте бутылочку с раствором.
5. Продолжайте приготовление других буферных растворов, повторяя выполнение операций 1—4.

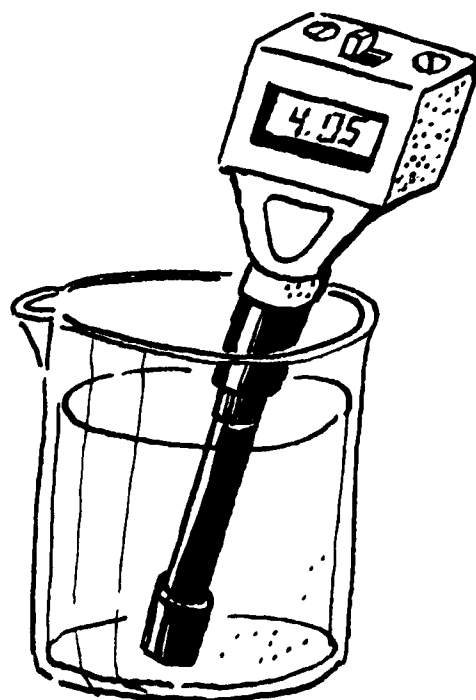


Этап 2. Калибровка ручки или прибора для измерения pH

А. Калибровка ручки для измерения pH

Примечание. Если ручка для измерения pH не оснащена устройством автоматической компенсации изменения температуры, температура буферного раствора должна составлять 25°C.

1. Подготовьте электрод в соответствии с указаниями изготовителя.
2. Дважды промойте электрод (стеклянный щуп) и окружающие его поверхности дистиллированной водой, пользуясь пластиковой бутылкой, и осушите увлажненные поверхности косметической салфеткой после каждой промывки. Промывайте ручку над контейнером для жидких отходов или над умывальником, а не над сосудом с буферным раствором, и не прикасайтесь к электроду (стеклянному щупу) пальцами.
3. Включите ручку с помощью расположенного на ее верхнем конце переключателя и полностью погрузите электрод в буферный раствор с pH = 7,0 (см. рис. HYD-P-3).
4. Осторожно помешивая буферный раствор электродом, подождите, чтобы показания ручки стабилизировались.
5. Пользуясь ювелирной отверткой, поворачивайте маленький винт в отверстии на тыльной стороне ручки до



Источник: Jan Smolik, 1996, TEREZA, Общество экологического образования, Чешская республика.



тех пор, пока ручка не будет точно указывать значение 7,0.

6. Выньте ручку для измерения pH из раствора и промойте электрод дистиллированной водой. Слейте буферный раствор обратно в бутылочку с ярлыком и надежно закройте бутылочку.



Б. Калибровка прибора для измерения pH

1. Подготовьте электрод в соответствии с указаниями изготовителя.
2. Дважды промойте электрод (стеклянный шуп) и окружающие его поверхности дистиллированной водой, пользуясь пластиковой бутылкой; осушайте увлажненные поверхности косметической салфеткой после каждой промывки. Промывайте ручку над контейнером для жидких отходов или над умывальником, а не над сосудом с буферным раствором, и не прикасайтесь к электроду (стеклянному шупу) пальцами.
3. Включите прибор, нажав кнопку (ON/OFF). Нажмите кнопку CAL, чтобы переключить прибор в режим калибровки.
4. Полностью погрузите электрод в буферный раствор с pH = 7,0, но не погружайте прибор в воду глубже, чем это необходимо (см. рис. HYD-P-3).
5. Осторожно помешивая буферный раствор электродом, подождите, чтобы показания ручки стабилизировались. После стабилизации показаний нажмите кнопку HOLD/CON, чтобы подтвердить указываемое значение и закончить калибровку. Если электрод прибора все еще погружен в буферный раствор, прибор должен указывать значение, соответствующее показателю pH раствора (4, 7 или 10).
6. Выньте прибор для измерения pH из буферного раствора, промойте электрод дистиллированной водой и осушите его косметической салфеткой.
7. Повторите операции 3—6, пользуясь раствором с pH = 4, а затем раствором с pH = 10.
8. Отложите прибор, установив его на бумажном полотенце и выключите его, нажав на кнопку ON/OFF.
9. Слейте буферный раствор обратно в бутылочку с ярлыком и надежно закройте бутылочку.



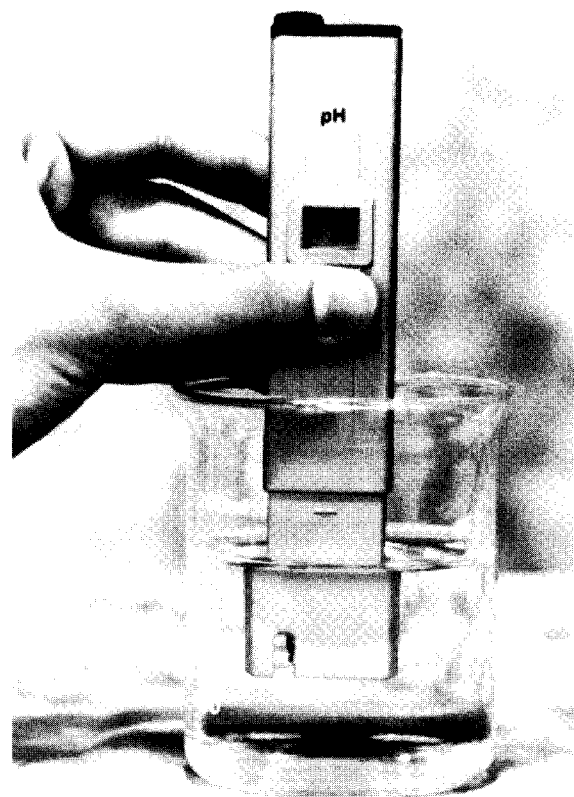
H₂O



Этап 3. Повторная проверка показаний ручки или прибора для измерения pH в полевых условиях

1. Возьмите буферные растворы с собой на участок исследований. Обращайтесь с ними так же, как вы обращаетесь с образцами воды. Измерьте pH буферных растворов и зарегистрируйте полученные в полевых условиях значения pH буферных растворов на листе ввода данных. Если полученные значения pH буферных растворов отличаются от фактических значений более чем на 0,2 pH, произведите калибровку прибора снова.
2. После проверки показаний ручки или прибора для измерения pH с помощью буферных растворов можно начинать измерение кислотности (pH) фактического образца воды.

Рис. HYD-P-3. Использование ручки для измерения pH.



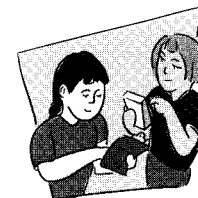
Измерение pH образца воды

1. Промойте электрод (стеклянный щуп) и окружающие его поверхности дистиллированной водой, пользуясь пластиковой бутылкой. Осушите увлажненные поверхности косметической салфеткой.
2. Заполните чистый сухой химический стакан вместимостью 100 мл водой из исследуемого водоема до отметки 50 мл.
3. Погрузите электрод в воду. Убедитесь в том, что весь электрод погружен в воду, но не погружайте прибор в воду глубже, чем это необходимо.
4. Помешайте образец воды электродом и подождите, чтобы показание стабилизировалось.
5. После стабилизации показания зарегистрируйте значение pH и занесите его на лист ввода данных гидрологических исследований.
6. Повторите выполнение операций 1—5 в отношении другого образца воды, чтобы проконтролировать качество данных. Два полученных вами значения pH образца воды не должны отличаться одно от другого более чем на 0,2, т. е. должны соответствовать точности прибора.
7. Промойте электрод дистиллированной водой, осушите его косметической салфеткой, закройте электрод крышечкой и выключите прибор.
8. Рассчитайте среднее значение pH на основе показаний, зарегистрированных группами учащихся. Если все зарегистрированные показания не отличаются от среднего значения более чем на 0,2, загрузите полученное среднее значение в базу данных учащихся-участников программы GLOBE. Если зарегистрировано только одно показание, отличающееся от среднего на большую величину, игнорируйте это показание и рассчитайте среднее значение на основе остальных показаний. Если все остальные показания не отличаются от нового среднего значения более чем на 0,2, загрузите полученное среднее значение в базу данных учащихся-участников программы GLOBE. Если результаты существенно отличаются один от другого, обсудите порядок выполнения

измерений и возможные причины возникновения ошибки с учащимися, но не загружайте полученное значение в базу данных. Если это возможно, повторите практическую работу, чтобы получить результат измерений, соответствующий допускам.

Примечание. Показания ручки или прибора для измерения pH могут оказаться неточными, если электропроводность вашего образца воды составляет менее 100 микросименсов на сантиметр (ручки и приборы для измерения pH не функционируют надлежащим образом, если электропроводность воды ниже этого уровня). См. описание практической работы *Измерение удельной электропроводности*.

Измерение удельной электропроводности



Предназначение практической работы

Измерение электропроводности воды на участке гидрологических исследований.

Обзор

Удельная электропроводность воды указывает на общее количество растворенных в воде твердых веществ.

Продолжительность измерений

5 минут.

Уровень подготовки учащихся

Любой.

Частота измерений

Измерения и калибровка производятся еженедельно.

Важнейшие концепции

Электропроводность, факторы, от которых зависит электропроводность.

Стандартизация и калибровка.

Точность и надежность данных.

Навыки

Использование прибора для измерения электропроводности.

Регистрация данных

Приборы и материалы

Прибор для определения общего содержания растворенных твердых веществ (прибор для измерения электропроводности).

Стандартный раствор.

Дистиллированная вода.

Пластиковая бутылка.

Косметическая салфетка.

Три химических стакана вместимостью 50 мл или 100 мл.

Миниатюрная (ювелирная) отвертка (для калибровки).

Подготовка

Выполните процедуру *калибровки* перед перемещением приборов и материалов на участок отбора образцов воды.

Предварительные условия

Отсутствуют.

Примечание. Измерения удельной электропроводности производятся только в отношении образцов пресной воды. В случае отбора образцов солоноватой или соленой воды вместо электропроводности измеряется соленость.

Предпосылки

Удельная электропроводность измеряется в микросименсах на сантиметр (мкСм/см). $1 \text{ мкСм} = 1 \text{ mh}$.

Электропроводность (электрическая проводимость) образца воды — показатель способности воды проводить электрический ток. Чем больше примесей (растворенных твердых веществ) содержится в воде, тем выше ее электропроводность. Измеряя электропроводность образца воды, мы можем определить общее количество твердых веществ, растворенных в воде. Для того, чтобы преобразовать значение электропроводности образца воды (выраженное в микросименсах на сантиметр) в значение концентрации твердых веществ, растворенных в воде (выраженное как количество частей на миллион); для этого значение электропроводности следует умножить на определенный коэффициент, известный для воды в естественном состоянии (значение которого

может составлять от 0,54 до 0,96). Значение этого коэффициента зависит от типа растворенных в воде твердых веществ. В тех случаях, когда тип растворенных твердых веществ не определяется, широко применяется значение коэффициента, равное 0,67.

Общее количество растворенных веществ (TDS), выраженное как количество частей на миллион, равно произведению электрической проводимости, выраженной в микросименсах на сантиметр, и коэффициента 0,67.

Калибровка

Калибровку прибора для измерения электропроводности следует производить перед выполнением каждой серии измерений. Перед использованием прибора и не реже одного раза в шесть месяцев следует проверять функционирование устройства компенсации изменения температуры. Стандартные калибровочные растворы следует заменять ежегодно.

Калибровка

1. Сосуд со стандартным раствором, плотно закрытый крышкой, следует хранить в холодильнике. На ярлыке хранящегося сосуда со стандартным раствором должна быть указана дата приготовления или приобретения раствора.
2. Снимите крышку прибора.
3. Поставьте рядом два чистых, сухих химических стакана вместимостью 100 мл каждый, и заполните оба стакана стандартным раствором до уровня, достаточного для погружения электрода. Примечание. Можно применять и другие стандартные растворы. Калибровку приборы следует производить с учетом характеристик используемого раствора.
4. Включите прибор, нажав кнопку ON/OFF.
5. Промойте электрод (на нижнем конце прибора) дистиллированной водой из пластиковой бутылки. Не промывайте поверхности над коричневой линией. Высушите увлажненные поверхности косметической салфеткой.
6. Погрузите электрод в первый химический стакан со стандартным раствором на одну или две секунды. Выньте прибор из первого стакана и погрузите его во второй химический стакан со стандартным раствором, не промывая электрод (см. рис. HYD-P-4).
7. Слегка помешайте раствор электродом в течение нескольких секунд, после чего подождите, чтобы показание прибора стабилизировалось.
8. Если показание прибора не соответствует известной удельной электропроводности стандартного раствора, следует отрегулировать прибор так, чтобы его показание соответствовало известной электропроводности раствора. Пользуясь небольшой отверткой, поворачивайте калибровочный винт прибора до тех пор, пока его показание не будет равно стандартному значению электропроводности. Примечание: В отношении приборов различной конструкции могут применяться различные методы регулировки.
9. Слейте стандартный раствор из двух химических стаканов. Не сливайте использованный во время выполнения этой процедуры стандартный раствор обратно в бутылку с неиспользованным раствором!

10. Промойте электрод дистиллированной водой и высушите его салфеткой. Тщательно промойте химические стаканы.
11. Нажмите кнопку ON/OFF, чтобы выключить прибор. Закройте прибор крышкой.

Проверка механизма компенсации изменения температуры

Результаты измерения электропроводности воды зависят от температуры воды. Для того, чтобы ваш прибор указывал значение электропроводности, эквивалентное значению, регистрируемому при температуре 25°C, необходима компенсация изменения температуры.

Измерьте электропроводность стандартного раствора при температуре 5°C, 15°C, 25°C и 35°C. Если указываемое прибором значение электропроводности выходит за пределы допустимого диапазона (± 40 мкСм/см), указанного для вашего стандартного раствора при температуре 25°C, обратитесь за помощью к изготовителю прибора.

Рис. HYD-P-4. Использование прибора для измерения удельной электропроводности





Контроль качества данных в полевых условиях

Независимо от того, где производилась калибровка прибора — в классной комнате или в полевых условиях, требуется выполнять следующую процедуру измерения электропроводности стандартного раствора в тех же условиях, в каких будет производиться измерение электропроводности образца воды. При этом показание прибора должно соответствовать известной электропроводности стандартного раствора. Если показание прибора будет отличаться от ожидаемого значения, следует произвести повторную калибровку прибора и снова выполнить измерения электропроводности.



Измерение электропроводности

1. Снимите крышку прибора и включите его, нажав кнопку ON/OFF.
2. Промойте электрод дистиллированной водой и осушите его салфеткой.
3. Заполните чистый сухой химический стакан вместимостью 100 мл водой из исследуемого водоема.
4. Погрузите электрод в образец воды (см. рис. HYD-P-4).
5. Слегка помешайте воду электродом в течение нескольких секунд, после чего подождите, чтобы показание прибора стабилизировалось.
6. Зарегистрируйте показание прибора на листе ввода данных гидрологических исследований.
7. Рассчитайте среднее значение удельной электропроводности образцов воды на основе показаний, полученных группами учащихся. Если зарегистрированные учащимися показания не отличаются более чем на 40 мкСм/см от полученного среднего значения, загрузите среднее значение в базу данных учащихся-участников программы GLOBE. Если измерения производились более чем тремя группами учащихся и одна из групп получила показание, отличающееся от среднего значения более чем на 40 мкСм/см, игнорируйте это показание и рассчитайте среднее значение на основе остальных показаний. Если все остальные показания не отличаются от нового среднего значения более чем на 40 мкСм/см, загрузите это среднее значение в базу данных учащихся-участников программы GLOBE. Если полученные группами учащихся показания существенно отличаются одно от другого, обсудите с

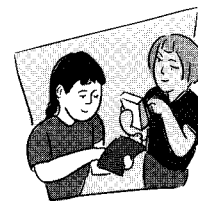


H₂O



учащимися порядок выполнения измерений и возможные причины возникновения ошибки, но не загружайте полученное значение в базу данных учащихся-участников программы GLOBE. Если это возможно, повторите измерения, чтобы получить значение, удовлетворяющее предъявляемым требованиям.

Определение солености



Приветствие

Введение

Практика

Определение солености

Занятия

Приложение

Предназначение практической работы

Измерение солености образца воды с помощью денсиметра.

Обзор

Содержание солей (соленость) водоема — один из важнейших факторов, определяющих состав обитающей в водоеме флоры и фауны. Плотность воды связана с количеством растворенных в воде солей. Денсиметр позволяет измерять удельный вес воды. Соленость воды определяется на основе значений удельного веса и температуры воды.

Уровень подготовки учащихся

Любой.

Продолжительность измерений

Фактические измерения занимают 10 минут.

Частота измерений

Измерения производятся еженедельно.

Важнейшие концепции

Приливы и отливы.

Метод измерения солености на основе значения удельного веса.

Удельный вес.

Соленость воды.

Стандартизация показаний.

Точность и надежность данных.

Навыки

Использование денсиметра и термометра.

Использование таблиц преобразования значений.

Планирование порядка выполнения измерений.

Регистрация данных.

Интерпретация результатов.

Приборы и материалы

Денсиметр.

Таблица преобразования значений.

Прозрачная пластиковая мензурка вместимостью 500 мл.

Спиртовый термометр.

Поваренная соль (NaCl).

Дистиллированная вода.

Весы.

Две литровых пластиковых бутылки.

Хозяйственная липкая лента.

Подготовка

Перед выполнением измерений требуется произвести калибровку (см. описание ниже). Приборы и материалы перемещаются на участок отбора образцов воды.

Предварительные условия

Проводится краткое обсуждение солености воды и ее взаимосвязи с удельным весом воды.

Учащиеся учатся выполнять процедуру калибровки прибора.

Примечание. Измерение солености производится только в отношении образцов солоноватой и соленой воды. В случае пресной воды вместо измерения солености производится измерение удельной электропроводности.

Калибровка и контроль качества данных

Применяемый метод измерения следует проверять как минимум два раза в год с использованием стандартных растворов. Каждый год следует приготавливать новые стандартные растворы.

Стандартные растворы для измерения солености

Стандартные растворы для измерения солености не поставляются вместе с денсиметром. Эти растворы приготавливаются следующим образом.

1. Разведите поваренную соль в воде так, чтобы получить стандартный раствор с

соленостью 35 частей на тысячу.

Пользуйтесь этим стандартным раствором и контрольным раствором для проверки точности показаний денсиметра.

Приготовление стандартного раствора с соленостью 35 частей на тысячу:

- 1.1 Отмерьте 17,5 г NaCl (поваренной соли) с помощью аналитических весов. Поместите соль в мензурку вместимостью 500 мл.
- 1.2 Заполните мензурку до отметки «500 мл» дистиллированной водой.

1.3 Тщательно перемешайте раствор так, чтобы вся соль была растворена.

1.4 Слейте раствор в литровую пластиковую бутылку и обозначьте бутылку ярлыком из липкой ленты (с указанием даты приготовления раствора).

Приготовление контрольного раствора:

- 1.5 Отмерьте 500 мл дистиллированной воды и слейте ее в литровую пластиковую бутылку с ярлыком из липкой ленты.
2. Выполните инструкции, приведенные в описании практической работы, чтобы измерить соленость стандартного и контрольного растворов. В тех случаях, когда в инструкциях говорится об «образце воды», используйте, соответственно, стандартный или контрольный раствор.
3. Зарегистрируйте значения солености стандартного и контрольного растворов на листе калибровочных данных.
4. Если измерение солености контрольного раствора дает ненулевой результат, промойте используемые химическую посуду и мензурку как минимум три раза, после чего повторите измерения. Если после этого результат все еще будет ненулевым, возьмите другую дистиллированную воду.
5. Если соленость стандартного раствора отличается от требуемой более чем на 2 части на тысячу, приготовьте новый стандартный раствор и повторите измерения.

Время прилива и отлива

Получите значения времени прилива и отлива для пункта, ближайшего к вашему участку отбора образцов воды. Регистрируемые значения времени прилива и отлива должны ограничивать период времени, в течение которого производятся измерения. Значения времени прилива и отлива, а также координаты пункта, для которого были сообщены эти значения, следует зарегистрировать на листе ввода данных гидрологических исследований и загрузить, вместе с другими данными, в базу данных учащих-участников программы GLOBE.

Измерение солености

Примечание. Перед использованием термометра при выполнении этой практической работы следует проверить точность его показаний в соответствии с инструкциями, приведенными в разделе *Макси-*

мальная, минимальная и текущая температура главы *Атмосферные исследования*.

1. Промойте, как минимум дважды, прозрачную пластиковую мензурку вместимостью 500 мл водой из исследуемого водоема.
2. Залейте в мензурку образец воды так, чтобы расстояние между уровнем воды и краем мензурки составляло 2—3 см.
3. Определите температуру образца воды, выполнив инструкции, приведенные в описании практической работы «Измерение температуры воды», и зарегистрируйте полученное значение на листе ввода данных гидрологических исследований.
4. Погрузите денсиметр в мензурку и подождите, чтобы его показания стабилизировались. Выполняйте инструкции изготовителя, полученные вместе с денсиметром. Денсиметр не должен касаться стенок мензурки; не забывайте также считывать показания, соответствующие *нижнему краю* мениска. Зарегистрируйте показание удельного веса с помощью шкалы денсиметра. Достаточно зарегистрировать значение с точностью до трех знаков после запятой. Старшеклассники могут практиковаться, регистрируя значения с точностью до четырех знаков после запятой и рассчитывая соответствующие значения солености на основе данных, приведенных в таблице HYD-P-3. Зарегистрируйте полученное значение на листе ввода данных гидрологических исследований (см. рис. HYD-P-5).
5. На основе полученных значений температуры и удельного веса определите соленость образца воды с помощью таблицы HYD-P-3. Для того, чтобы найти значение солености вашего образца воды, выполните следующие операции.
 - 5.1. Найдите значения температуры и удельного веса образца воды в таблице HYD-P-3.
 - 5.2. Найдите соответствующее значение солености (выраженное как количество частей на тысячу) и зарегистрируйте его на листе ввода данных гидрологических исследований. Например, если температура образца воды составляла 22°C и удельный вес образца воды был равен 1,0070,

- солёность образца воды составляет 10,6 частей на тысячу.
- Повторите выполнение операций 2—5 в отношении как минимум двух дополнительных образцов воды. Эти дополнительные измерения могут выполняться различными группами учащихся.
 - Рассчитайте среднее значение солёности на основе показаний, полученных для различных образцов воды. Если зарегистрированные показания не отличаются от среднего значения более чем на 2 части на тысячу, перейдите к выполнению операции 8. Если полученные учащимися показания отличаются от среднего значения более чем на 2 части на тысячу, учащиеся должны повторить измерения, пользуясь новыми образцами воды, зарегистрировать показания и рассчитать новое среднее значение. Если после этого все еще будет наблюдаться показание, существенно отличающееся от среднего значения, не учитывайте это показание, рассчитайте среднее значение на основе остальных показаний, и, если остальные показания не отличаются от нового среднего значения более чем на более

- чем на 2 части на тысячу, перейдите к выполнению операции 8. Если полученные показания все еще существенно отличаются одно от другого, обсудите с учащимися порядок выполнения измерений и, если это возможно, повторите измерения.
- Загрузите в базу данных учащихся-участников программы GLOBE значения температуры, удельного веса и солёности образца воды, полученные той группой учащихся, которая зарегистрировала показания, ближайшие к среднему значению. Если среднее значение рассчитывалось на основе только двух показаний, загрузите значения температуры, удельного веса и солёности образца воды, полученные любой из двух групп учащихся.

Рис. HYD-P-5. Считывание показаний удельного веса.

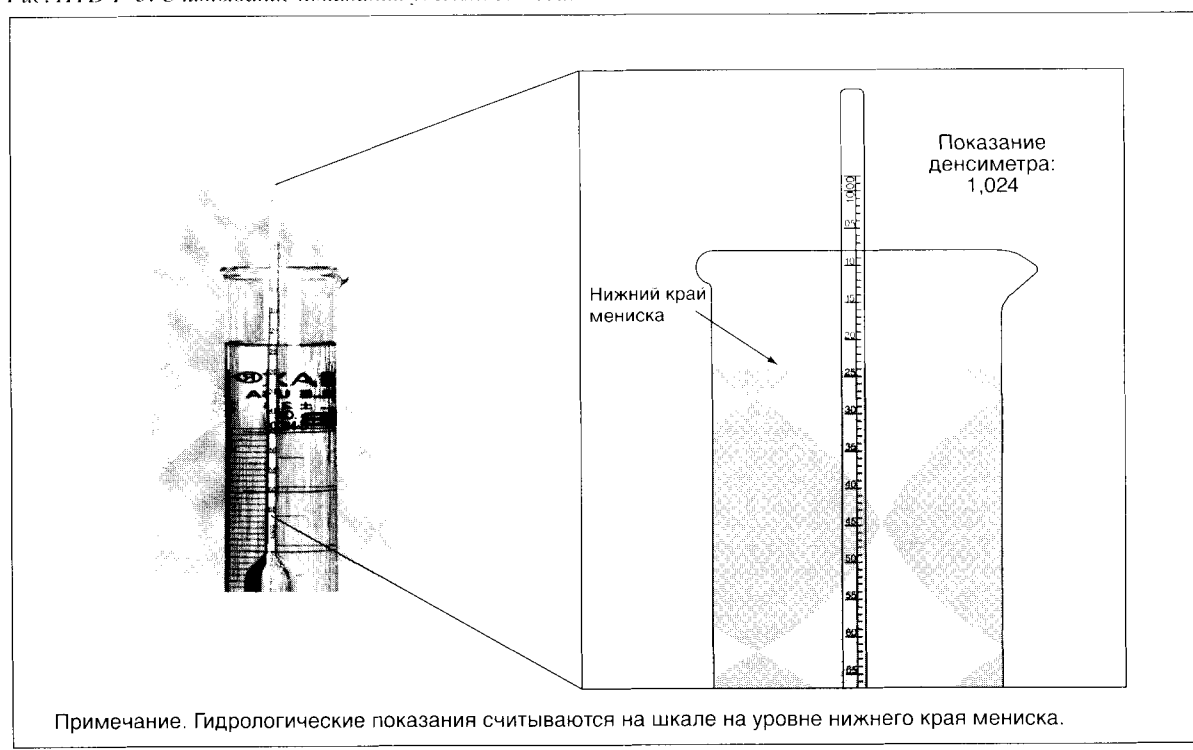


Таблица НУД-Р-3. Соленость воды (выраженная в количестве частей на тысячу) в зависимости от удельного веса и температуры воды*

Показание	Температура воды в мензурке (°C)																	
	-2,0	-1,0	0,0	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0	9,0	10,0	11,0	12,0	13,0	14,0	
0,9980																		
0,9990																		
1,0000																		
1,0010	0,7	0,6	0,6	0,5	0,5	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,5	0,5	0,6	0,6	0,7	0,8	
1,0020	2,0	1,9	1,9	1,8	1,6	1,6	1,6	1,5	1,5	1,6	1,6	1,6	1,8	1,9	2,0	2,1	2,3	
1,0030	3,3	3,2	3,1	2,9	2,9	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,9	2,9	3,1	3,2	3,3	3,4	3,6	
1,0040	4,5	4,4	4,2	4,2	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,2	4,2	4,4	4,5	4,6	4,8	4,9	
1,0050	5,8	5,7	5,5	5,4	5,4	5,4	5,3	5,3	5,4	5,4	5,4	5,5	5,5	5,7	5,8	5,9	6,2	
1,0060	7,0	6,8	6,8	6,7	6,6	6,6	6,6	6,6	6,6	6,7	6,7	6,8	6,8	7,0	7,1	7,2	7,5	
1,0070	8,1	8,1	8,0	7,9	7,9	7,9	7,9	7,9	7,9	7,9	8,0	8,1	8,1	8,3	8,4	8,5	8,8	
1,0080	9,4	9,3	9,2	9,2	9,2	9,2	9,2	9,2	9,2	9,2	9,3	9,3	9,4	9,6	9,7	9,8	10,0	
1,0090	10,6	10,5	10,5	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,5	10,5	10,6	10,6	10,7	10,9	11,0	11,1	11,3	
1,0100	11,9	11,8	11,7	11,7	11,7	11,7	11,7	11,7	11,7	11,8	11,8	11,9	12,0	12,2	12,3	12,4	12,6	
1,0110	13,1	13,0	13,0	12,8	12,8	12,8	12,8	13,0	13,0	13,1	13,1	13,2	13,4	13,5	13,6	13,7	13,9	
1,0120	14,3	14,3	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,3	14,3	14,4	14,5	14,7	14,8	14,9	15,0	15,2	
1,0130	15,6	15,4	15,4	15,4	15,4	15,4	15,4	15,4	15,4	15,6	15,7	15,8	15,8	16,0	16,2	16,3	16,5	
1,0140	16,7	16,7	16,6	16,6	16,6	16,6	16,6	16,7	16,7	16,9	17,0	17,0	17,1	17,3	17,5	17,7	17,8	
1,0150	18,0	17,9	17,9	17,9	17,9	17,9	17,9	17,9	18,0	18,0	18,2	18,3	18,4	18,6	18,8	19,0	19,1	
1,0160	19,2	19,2	19,1	19,1	19,1	19,1	19,2	19,2	19,3	19,3	19,5	19,6	19,7	19,9	20,1	20,3	20,4	
1,0170	20,4	20,4	20,4	20,4	20,4	20,4	20,4	20,5	20,5	20,6	20,8	20,9	21,0	21,2	21,3	21,6	21,7	
1,0180	21,7	21,7	21,7	21,6	21,6	21,7	21,7	21,7	21,8	22,0	22,1	22,2	22,3	22,5	22,6	22,9	23,0	
1,0190	22,9	22,9	22,9	22,9	22,9	22,9	23,0	23,0	23,1	23,3	23,4	23,5	23,6	23,8	23,9	24,2	24,3	
1,0200	24,2	24,2	24,2	24,0	24,2	24,2	24,2	24,3	24,3	24,4	24,6	24,7	24,8	25,1	25,2	25,5	25,6	
1,0210	25,3	25,3	25,3	25,3	25,3	25,5	25,5	25,6	25,6	25,7	25,9	26,0	26,1	26,4	26,5	26,8	26,9	
1,0220	26,6	26,6	26,6	26,6	26,6	26,6	26,8	26,8	26,9	27,0	27,2	27,3	27,4	27,7	27,8	28,1	28,2	
1,0230	27,8	27,8	27,8	27,8	27,8	27,9	27,9	28,1	28,2	28,3	28,5	28,6	28,7	28,9	29,1	29,4	29,5	
1,0240	29,1	29,1	29,1	29,1	29,1	29,1	29,2	29,4	29,5	29,5	29,8	29,9	30,0	30,2	30,4	30,6	30,8	
1,0250	30,3	30,3	30,3	30,3	30,4	30,4	30,6	30,6	30,7	30,8	30,9	31,1	31,3	31,5	31,7	31,9	32,1	
1,0260	31,6	31,6	31,6	31,6	31,6	31,7	31,7	31,9	32,0	32,1	32,2	32,4	32,6	32,8	33,0	33,2	33,4	
1,0270	32,8	32,8	32,8	32,9	32,9	32,9	33,0	33,2	33,3	33,4	33,5	33,7	33,9	34,1	34,3	34,5	34,7	
1,0280	33,9	34,1	34,1	34,1	34,1	34,2	34,3	34,5	34,5	34,7	34,8	35,0	35,1	35,4	35,6	35,8	36,0	
1,0290	35,2	35,2	35,2	35,4	35,4	35,5	35,5	35,6	35,8	35,9	36,2	36,3	36,4	36,7	36,8	37,1	37,3	
1,0300	36,4	36,5	36,5	36,5	36,7	36,7	36,8	36,9	37,1	37,2	37,3	37,6	37,7	38,0	38,1	38,4	38,6	
1,0310	37,7	37,7	37,7	37,8	37,8	38,0	38,1	38,2	38,4	38,5	38,6	38,9	39,0	39,3	39,4	39,7	39,9	

*Данные, приведенные в инструкциях к денсиметру фирмы LaMott.

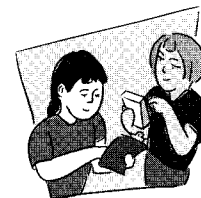
Таблица НУД-Р-3 (продолжение). Соленость воды (выраженная в количестве частей на тысячу) в зависимости от удельного веса и температуры воды

Показание	Температура воды в мензурке (°C)																
	15,0	16,0	17,0	18,0	18,5	19,0	19,5	20,0	20,5	21,0	21,5	22,0	22,5	23,0	23,5	24,0	24,5
0,9980																	
0,9990										0,0	0,1	0,2	0,3	0,5	0,6	0,7	
1,0000		0,0	0,2	0,3	0,5	0,6	0,7	0,8	1,0	1,1	1,2	1,4	1,5	1,6	1,8	1,9	2,0
1,0010	1,0	1,2	1,5	1,6	1,8	1,9	2,0	2,1	2,3	2,4	2,5	2,5	2,7	2,8	2,9	3,1	3,2
1,0020	2,4	2,5	2,8	2,9	3,1	3,2	3,3	3,4	3,6	3,7	3,8	4,0	4,1	4,2	4,4	4,6	4,8
1,0030	3,7	3,8	4,1	4,2	4,4	4,5	4,6	4,8	4,9	5,0	5,1	5,3	5,4	5,5	5,8	5,9	6,1
1,0040	5,0	5,1	5,4	5,5	5,7	5,8	5,9	6,1	6,2	6,3	6,4	6,6	6,7	7,0	7,1	7,2	7,4
1,0050	6,3	6,6	6,7	7,0	7,1	7,1	7,2	7,4	7,5	7,6	7,7	7,9	8,1	8,3	8,4	8,5	8,7
1,0060	7,6	7,9	8,0	8,3	8,4	8,5	8,7	8,8	8,9	9,1	9,2	9,3	9,4	9,6	9,7	9,8	10,1
1,0070	8,9	9,2	9,3	9,6	9,7	9,8	10,0	10,1	10,2	10,4	10,5	10,6	10,7	10,9	11,0	11,3	11,4
1,0080	10,2	10,5	10,6	10,9	11,0	11,1	11,3	11,4	11,5	11,7	11,8	11,9	12,0	12,2	12,4	12,6	12,7
1,0090	11,5	11,8	11,9	12,2	12,3	12,4	12,6	12,7	12,8	13,0	13,1	13,2	13,4	13,6	13,7	13,9	14,0
1,0100	12,8	13,1	13,2	13,5	13,6	13,7	13,9	14,0	14,1	14,3	14,4	14,5	14,8	14,9	15,0	15,2	15,3
1,0110	14,1	14,4	14,5	14,8	14,9	15,0	15,2	15,3	15,4	15,6	15,7	16,0	16,1	16,2	16,3	16,5	16,7
1,0120	15,4	15,7	15,8	16,1	16,2	16,3	16,5	16,6	16,7	17,0	17,1	17,3	17,4	17,5	17,7	17,9	18,0
1,0130	16,7	17,0	17,1	17,4	17,5	17,7	17,8	17,9	18,0	18,3	18,4	18,6	18,7	18,8	19,1	19,2	19,3
1,0140	18,0	18,3	18,6	18,7	18,8	19,0	19,1	19,3	19,5	19,6	19,7	19,9	20,0	20,1	20,4	20,5	20,6
1,0150	19,3	19,6	19,9	20,0	20,1	20,4	20,5	20,6	20,8	20,9	21,0	21,2	21,3	21,6	21,7	21,8	22,0
1,0160	20,6	20,9	21,2	21,3	21,4	21,7	21,8	22,0	22,1	22,2	22,3	22,5	22,7	22,9	23,0	23,3	23,4
1,0170	22,0	22,2	22,5	22,7	22,9	23,0	23,1	23,3	23,4	23,5	23,6	23,8	24,0	24,2	24,3	24,6	24,7
1,0180	23,3	23,5	23,8	24,0	24,2	24,3	24,4	24,6	24,7	24,8	24,9	25,2	25,3	25,5	25,6	25,9	26,0
1,0190	24,6	24,8	25,1	25,3	25,5	25,6	25,7	25,9	26,0	26,1	26,4	26,5	26,6	26,8	27,0	27,2	27,3
1,0200	25,9	26,1	26,4	26,6	26,8	26,9	27,0	27,2	27,3	27,4	27,7	27,8	27,9	28,2	28,3	28,5	28,6
1,0210	27,2	27,4	27,7	27,9	28,1	28,2	28,3	28,5	28,6	28,9	29,0	29,1	29,2	29,5	29,6	29,8	30,0
1,0220	28,5	28,7	29,0	29,2	29,4	29,5	29,6	29,8	30,0	30,2	30,3	30,4	30,7	30,8	30,9	31,2	31,3
1,0230	29,8	30,0	30,3	30,6	30,7	30,8	30,9	31,2	31,3	31,5	31,6	31,7	32,0	32,1	32,2	32,5	32,6
1,0240	31,1	31,3	31,6	31,9	32,0	32,1	32,2	32,5	32,6	32,8	32,9	33,2	33,3	33,4	33,7	33,8	33,9
1,0250	32,4	32,6	32,9	33,2	33,3	33,4	33,7	33,8	33,9	34,1	34,2	34,5	34,6	34,7	35,0	35,1	35,2
1,0260	33,7	33,9	34,2	34,5	34,6	34,7	35,0	35,1	35,2	35,4	35,6	35,8	35,9	36,0	36,3	36,4	36,7
1,0270	35,0	35,2	35,5	35,8	35,9	36,2	36,3	36,4	36,5	36,7	36,9	37,1	37,2	37,5	37,6	37,8	38,0
1,0280	36,3	36,5	36,8	37,1	37,2	37,5	37,6	37,7	37,8	38,1	38,2	38,4	38,5	38,8	38,9	39,1	39,3
1,0290	37,6	37,8	38,1	38,4	38,6	38,8	38,9	39,0	39,1	39,4	39,5	39,7	39,9	40,1	40,2	40,5	40,6
1,0300	38,9	39,1	39,4	39,7	39,9	40,1	40,2	40,3	40,6	40,7	40,8	41,0	41,2	41,4	41,6	41,8	41,9
1,0310	40,2	40,5	40,7	41,0	41,2	41,4	41,5	41,8	41,9	42,0	42,1	42,3	42,5				

Таблица НУД-Р-3 (продолжение). Соленость воды (выраженная в количестве частей на тысячу) в зависимости от удельного веса и температуры воды

Показание	Температура воды в мензурке (°C)																	
	25,0	25,5	26,0	26,5	27,0	27,5	28,0	28,5	29,0	29,5	30,0	30,5	31,0	31,5	32,0	32,5	33,0	
0,9980			0,1	0,2	0,3	0,6	0,7	0,8	1,1	1,2	1,5	1,6	1,9	2,0	2,3	2,4		
0,9990	0,8	1,0	1,2	1,4	1,5	1,8	1,9	2,0	2,3	2,4	2,5	2,8	2,9	3,2	3,4	3,6	3,8	
1,0000	2,1	2,4	2,5	2,7	2,9	3,1	3,2	3,4	3,6	3,7	4,0	4,1	4,4	4,5	4,8	4,9	5,1	
1,0010	3,4	3,6	3,8	4,0	4,2	4,4	4,5	4,8	4,9	5,1	5,1	5,4	5,5	5,8	5,9	6,2	6,4	
1,0020	4,9	5,0	5,1	5,4	5,5	5,7	5,9	6,1	6,3	6,4	6,6	6,8	7,0	7,2	7,5	7,6	7,9	
1,0030	6,2	6,3	6,6	6,7	6,8	7,1	7,2	7,4	7,6	7,7	8,0	8,1	8,4	8,5	8,8	9,1	9,2	
1,0040	7,5	7,7	7,9	8,0	8,3	8,4	8,5	8,8	8,9	9,2	9,3	9,6	9,7	10,0	10,1	10,4	10,5	
1,0050	8,9	9,1	9,2	9,3	9,6	9,7	10,0	10,1	10,2	10,5	10,6	10,9	11,0	11,3	11,5	11,7	11,9	
1,0060	10,2	10,4	10,5	10,7	10,9	11,0	11,3	11,4	11,7	11,8	12,0	12,2	12,4	12,6	12,8	13,1	13,2	
1,0070	11,5	11,7	11,9	12,0	12,2	12,4	12,6	12,8	13,0	13,1	13,4	13,6	13,7	14,0	14,1	14,4	14,7	
1,0080	12,8	13,0	13,2	13,4	13,6	13,7	13,9	14,1	14,3	14,5	14,7	14,9	15,2	15,3	15,6	15,7	16,0	
1,0090	14,1	14,4	14,5	14,7	14,9	15,0	15,3	15,4	15,7	15,8	16,1	16,2	16,5	16,6	16,9	17,1	17,3	
1,0100	15,6	15,7	15,8	16,1	16,2	16,5	16,6	16,7	17,0	17,1	17,4	17,5	17,8	18,0	18,2	18,4	18,7	
1,0110	16,9	17,0	17,3	17,4	17,5	17,8	17,9	18,2	18,3	18,6	18,7	19,0	19,1	19,3	19,6	19,7	20,0	
1,0120	18,2	18,3	18,6	18,7	19,0	19,1	19,3	19,5	19,6	19,9	20,1	20,3	20,5	20,6	20,9	21,2	21,3	
1,0130	19,5	19,7	19,9	20,0	20,3	20,4	20,6	20,8	21,0	21,2	21,4	21,6	21,8	22,1	22,2	22,5	22,7	
1,0140	20,9	21,0	21,2	21,4	21,6	21,8	22,0	22,2	22,3	22,6	22,7	23,0	23,1	23,4	23,6	23,8	24,0	
1,0150	22,2	22,3	22,5	22,7	22,9	23,1	23,3	23,5	23,6	23,9	24,0	24,3	24,6	24,7	24,9	25,2	25,3	
1,0160	23,5	23,6	23,9	24,0	24,3	24,4	24,7	24,8	25,1	25,2	25,5	25,6	25,9	26,1	26,3	26,5	26,8	
1,0170	24,8	25,1	25,2	25,3	25,6	25,7	26,0	26,1	26,4	26,5	26,8	27,0	27,2	27,4	27,7	27,8	28,1	
1,0180	26,1	26,4	26,5	26,8	26,9	27,2	27,3	27,6	27,7	27,9	28,1	28,3	28,5	28,7	29,0	29,2	29,4	
1,0190	27,6	27,7	27,8	28,1	28,2	28,5	28,6	28,9	29,0	29,2	29,5	29,6	29,9	30,0	30,3	30,6	30,8	
1,0200	28,9	29,0	29,2	29,4	29,6	29,8	30,0	30,2	30,4	30,6	30,8	30,9	31,2	31,5	31,6	31,9	32,1	
1,0210	30,2	30,3	30,6	30,7	30,9	31,1	31,3	31,5	31,7	32,0	32,1	32,4	32,5	32,8	33,0	33,3	33,4	
1,0220	31,5	31,7	31,9	32,0	32,2	32,5	32,6	32,9	33,0	33,3	33,4	33,7	33,9	34,1	34,3	34,6	34,8	
1,0230	32,8	33,0	33,2	33,4	33,5	33,8	33,9	34,2	34,5	34,6	34,8	35,0	35,2	35,5	35,6	35,9	36,2	
1,0240	34,2	34,3	34,5	34,7	35,0	35,1	35,4	35,5	35,8	35,9	36,2	36,4	36,5	36,8	37,1	37,2	37,5	
1,0250	35,5	35,6	35,9	36,0	36,3	36,4	36,7	36,8	37,1	37,2	37,5	37,7	37,8	38,1	38,4	38,6	38,8	
1,0260	36,8	36,9	37,2	37,3	37,6	37,7	38,0	38,2	38,4	38,6	38,8	39,0	39,3	39,4	39,7	39,9	40,2	
1,0270	38,1	38,4	38,5	38,8	38,9	39,1	39,3	39,5	39,8	39,9	40,2	40,3	40,6	40,8	41,0	41,2	41,5	
1,0280	39,4	39,7	39,8	40,1	40,2	40,5	40,7	40,8	41,1	41,2	41,5							
1,0290	40,8	41,0	41,2	41,4	41,6	41,8												

Титрование солености (дополнительная практическая работа)



Приветствие

Введение

Практика

Закрытие

Приложение

Титрование солености (дополнительная
практическая работа)

Предназначение практической работы

Измерение солености образца воды с применением более точного метода титрования солености.

Обзор

Пропорциональное содержание основных растворенных в морской воде вещества (соли) относительно неизменно. Измеряя концентрацию одной из солей в образце морской воды (в данном случае измеряется концентрация хлоридов), можно определить общую соленость образца воды.

Уровень подготовки учащихся

Средний и высокий.

Продолжительность измерений

10—15 минут.

Частота измерений

Измерения производятся еженедельно.

Калибровка производится каждые шесть месяцев.

Важнейшие концепции

Метод измерения солености посредством определения концентрации одного из веществ, растворенных в морской воде.

Постоянство состава морской воды.

Стандартизация показаний.

Надежность данных.

Соленость воды.

Приливы и отливы.

Точность данных.

Навыки

Применение метода титрования солености.

Планирование порядка выполнения измерений.

Регистрация данных.

Интерпретация результатов.

Приборы и материалы

Набор для титрования солености (см. раздел «Комплект приборов и материалов»).

Листы ввода данных.

Латексные перчатки.

Литровая пластиковая бутылка.

Поваренная соль.

Дистиллированная вода.

Хозяйственная липкая лента.

Прозрачная пластиковая мензурка вместимостью 500 мл.

Весы.

Подготовка

Перед выполнением измерений производится калибровка (см. описание ниже).

Предварительные условия

Проводится краткое обсуждение солености воды и ее взаимосвязи с удельным весом воды.

Учащиеся учатся выполнять процедуру калибровки прибора.

Примечание. Измерение солености производится только в отношении образцов солоноватой и соленой воды. В случае пресной воды вместо измерения солености производится измерение удельной электропроводности.

Примечание. Информацию общего характера (предпосылки) и особые указания, относящиеся к отбору образцов солоноватой и соленой воды на участке гидрологических исследований см. в соответствующих подразделах раздела *Измерение солености*.

Калибровка и контроль качества данных

Применяемый метод измерения и пригодность используемых химикатов следует проверять как минимум раз в шесть месяцев. Каждый год следует приготавливать новые стандартные растворы.

Стандартные растворы для титрования солености

Стандартные растворы для титрования солености не поставляются вместе с набором химикатов для титрования солености. Эти растворы приготавливаются следующим образом.

1. Разведите поваренную соль в воде так, чтобы получить стандартный раствор с соленостью 38,6 частей на тысячу. Пользуйтесь этим стандартным раствором, проверяя точность титрования солености.



- 1.1 Отмерьте 17,5 г NaCl (поваренной соли) с помощью аналитических весов. Поместите соль в мензурку вместимостью 500 мл.
- 1.2 Заполните мензурку до отметки «500 мл» дистиллированной водой.
- 1.3 Тщательно перемешайте раствор так, чтобы вся соль была растворена.
- 1.4 Слейте раствор в литровую пластиковую бутылку и обозначьте ее ярлычком из липкой ленты (с указанием даты приготовления раствора).



2. Измерьте соленость стандартных растворов в соответствии с инструкциями по выполнению практической работы. В тех случаях, когда в инструкциях говорится об «образце воды», используйте стандартные растворы.
3. Зарегистрируйте значения солености стандартного и контрольного растворов на листе калибровочных данных.
4. Если соленость стандартных растворов отличается от ожидаемой более чем на 0,4 части на тысячу, приготовьте новые стандартные растворы и повторите измерение.



Примечание. Концентрация стандартного раствора для титрования солености морской воды корректируется в соответствии с составом морской воды. Например, чтобы рассчитать соленость морской воды на основе раствора 17,5 г NaCl в 500 мл воды (концентрация NaCl 35 частей на тысячу), следует учитывать молекулярную структуру NaCl (отношение молекулярного веса Cl к молекулярному весу NaCl равно 0,61). Произведение концентрации NaCl (35 частей на тысячу) и коэффициента 0,61 дает значение концентрации хлора (21,35 частей на тысячу). Соленость стандартного раствора: $21,35 \times 1,80655 = 38,6$ частей на тысячу, так как ионы хлоридов в морской воде составляют 55,354% общего веса растворенных в морской воде солей.



Время прилива и отлива

Получите значения времени прилива и отлива для пункта, ближайшего к вашему участку отбора образцов воды. Регистрируемые значения времени прилива и отлива должны ограничивать время, в течение которого производятся измерения. Значения времени прилива и отлива, а также координаты пункта, для которого были сообщены эти значения, следует зарегистрировать на листе ввода данных гидрологических исследований и загрузить, вместе с другими данными, в базу данных учащихся-участников программы GLOBE.



Измерение солености

1. Пользуйтесь набором химикатов для титрования солености, соответствующим требованиям к приборам и материалам, используемым в рамках программы GLOBE, приведенным в разделе *Комплект приборов и материалов*. Такие наборы позволяют добавлять к образцу воды окрашивающее ее вещество-индикатор, после чего в раствор по каплям добавляется титрующая кислота, до тех пор, пока не произойдет изменение окраски раствора.
2. Выполните инструкции изготовителя набора химикатов для титрования солености. Если требуется титрование соленой воды, содержание солей в которой составляет более чем 20 частей на тысячу, можно повторно заполнить пипетку для титрования кислотой, регистрируя общее количество использованной кислоты.
3. Зарегистрируйте значение солености, выраженное как количество частей на тысячу, на листе ввода данных гидрологических исследований.
4. Рассчитайте среднее значение солености на основе показаний, полученных группами учащихся для различных образцов воды. Если зарегистрированные показания не отличаются от среднего значения более чем на 0,4 части на тысячу, загрузите полученное среднее значение в базу данных учащихся-участников программы GLOBE. Если полученные показания отличаются от среднего значения более чем на 0,4 части на тысячу, учащиеся должны повторить измерения, пользуясь новыми образцами воды, зарегистрировать показания и рассчитать новое среднее значение. Если после этого все еще будет наблюдаться показание, отличающееся от среднего значения более чем на 0,4 части на тысячу, проигнорируйте это показание, рассчитайте среднее значение на основе остальных показаний, и, если остальные показания не отличаются от нового среднего значения более чем на более чем на 0,4 части на тысячу, загрузите полученное среднее значение в базу данных учащихся-участников программы GLOBE. Если полученные показания все еще существенно отличаются одно от другого, обсудите с учащимися порядок выполнения измерений, но не загружайте

полученное значение в базу данных учащихся-участников программы GLOBE. Повторите измерения, чтобы получить значения, соответствующие предъявляемым требованиям.

5. Слейте все использованные жидкости в контейнер для отходов.

Приветствие

Введение

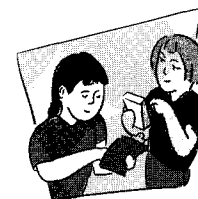
Практика

Задания

Приложение

Тимрозание согласности (дополнительная практическая работа)

Определение щелочности



Предназначение практической работы

Измерение щелочности образца воды.

Обзор

Способность обитающей в водоеме фауны и флоры к выживанию непосредственно зависит от щелочности воды.

Продолжительность измерений

15 минут.

Уровень подготовки учащихся

Средний и высокий.

Частота измерений

Измерения производятся еженедельно.

Калибровка производится каждые шесть месяцев.

Важнейшие концепции

Щелочность и естественные факторы, влияющие на щелочность.

Метод измерения щелочности.

Стандартизация показаний.

Точность и надежность данных.

Навыки

Надлежащее выполнение измерений щелочности воды.

Регистрация данных.

Приборы и материалы

Набор для измерения щелочности (см. раздел «Комплект приборов и материалов»).

Поваренная сода (бикарбонат натрия).

Бутылка для дистиллированной воды.

Дистиллированная вода.

Химический стакан вместимостью 500 мл.

Мензурка вместимостью 100 мл.

Мензурка вместимостью 500 мл.

Палочка для перемешивания раствора.

Листы ввода данных.

Бутылка для образца воды.

Латексные перчатки и защитные очки.

Весы.

Подготовка

Перед выполнением измерений требуется выполнить процедуры калибровки и контроля качества данных, описание которых приведено ниже. Приборы и материалы перемещаются на участок отбора образцов воды.

Предварительные условия

Отсутствуют.

Калибровка и контроль качества данных

Приготовление стандартного раствора поваренной соды

1. Пользуясь аналитическими весами, отмерьте 1,9 г поваренной соды и поместите ее в мензурку вместимостью 500 мл. Проследите за тем, чтобы в мензурку попала вся взвешенная сода.
2. Заполните мензурку дистиллированной водой до отметки «500 мл».
3. Слейте полученный раствор в химический стакан вместимостью 500 мл и перемешайте его палочкой, чтобы вся поваренная сода растворилась.
4. Слейте 15 мл раствора из химического стакана в мензурку вместимостью 100 мл.
5. Предварительно промыв мензурку вместимостью 500 мл дистиллированной

водой, слейте 15 мл раствора поваренной соды в мензурку вместимостью 500 мл.

6. Заполните мензурку вместимостью 500 мл дистиллированной водой до отметки «500 мл».
7. Раствор, находящийся в мензурке вместимостью 500 мл — ваш стандартный раствор.

Фактическая щелочность (содержание CaCO_3) стандартного раствора поваренной соды составляет 68 мг/л. Фактическая щелочность дистиллированной воды составляет, как правило, 14 мг/л.

Контроль качества данных

1. Выполните процедуру определения щелочности, описание которой приводится выше, пользуясь стандартным раствором поваренной соды вместо образца воды.
2. Зарегистрируйте полученное значение щелочности (содержания CaCO_3 в мг/л) на листе ввода калибровочных данных.

Если щелочность стандартного раствора поваренной соды отличается от ожидаемой на величину (в мг/л), эквивалентную более чем одной капле или более чем одному делению вашего набора химикатов для титрования щелочности, приготовьте новый раствор поваренной соды, внимательно проверяя точность отмеряемых количеств соды и воды. Если щелочность нового раствора все еще будет отличаться от ожидаемой на величину (в мг/л), эквивалентную более чем одной капле или более чем одному делению вашего набора химикатов для титрования щелочности, может потребоваться получение новых химических реактивов для вашего титрующего набора.

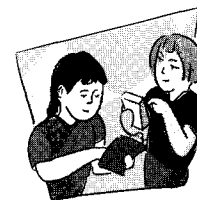
Измерение щелочности

Если ваш набор для титрования щелочности позволяет измерять щелочность как в низком диапазоне, так и в высоком диапазоне значений, выполняйте процедуру титрования щелочности в низком диапазоне значений, если щелочность вашего образца воды не превышает примерно 125 мг/л CaCO_3 . Это позволит вам произвести более точные измерения.

1. Пользуйтесь набором химикатов для титрования щелочности, соответствующим требованиям к приборам и материалам, используемым в рамках программы GLOBE, приведенным в разделе *Комплект приборов и материалов*. Такие наборы позволяют добавлять к образцу воды окрашивающее ее вещество-индикатор, после чего в раствор по каплям добавляется титрующая кислота, до тех пор, пока не произойдет изменение окраски раствора.
2. Зарегистрируйте общее значение щелочности, выраженное в мг/л CaCO_3 , на листе ввода данных гидрологических исследований.
3. Рассчитайте среднее значение щелочности на основе показаний, полученных группами учащихся для различных образцов воды. Если зарегистрированные показания не отличаются от среднего значения на величину (в мг/л), эквивалентную более чем одной капле или более чем одному делению вашего набора химикатов для титрования щелочности, загрузите полученное среднее значение в базу данных учащихся-участников программы GLOBE. Если измерения производили более трех групп учащихся, и одной из них было получено показание, отличающееся от среднего значения на величину (в мг/л), эквивалентную более чем одной капле или более чем одному

делению вашего набора химикатов для титрования щелочности, не учитывайте это показание, рассчитайте среднее значение на основе остальных показаний, и, если остальные показания не отличаются от нового среднего значения на величину (в мг/л), эквивалентную более чем одной капле или более чем одному делению вашего набора химикатов для титрования щелочности, загрузите полученное среднее значение в базу данных учащихся-участников программы GLOBE. Если полученные показания все еще существенно отличаются одно от другого (на величину (в мг/л), эквивалентную более чем одной капле или более чем одному делению вашего набора химикатов для титрования щелочности), обсудите с учащимися порядок выполнения измерений, но не загружайте полученное значение в базу данных учащихся-участников программы GLOBE. Повторите измерения, чтобы получить значения, соответствующие предъявляемым требованиям.

Измерение содержания нитратов



Предназначение практической работы

Измерение содержания нитратного азота в образце воды, отобранном на участке гидрологических исследований.

Обзор

Измерение концентрации нитратов в воде — важный этап определения качества воды. Азот содержится в водоемах в самых различных формах, в том числе в форме нитритов (NO_2^-) и нитратов (NO_3^-). Нитраты, как правило, важнейшие из этих соединений. Нитриты обычно содержатся только в воде с пониженным содержанием кислорода. Нитраты — существенные для роста сине-зеленых водорослей и других водяных растений питательные вещества, концентрация которых может быть довольно высокой в связи с попаданием в водоемы содержащих азот веществ из разных источников. Непосредственное измерение концентрации нитратов в воде чрезвычайно затруднительно; поэтому нитраты восстанавливаются с получением нитритов, и измеряется результирующая концентрация нитритов. Такое измерение позволяет определять общее содержание нитритов (если они присутствуют) и нитратов в совокупности. Так как мы заинтересованы в измерении содержания нитратов, требуется также измерение фоновой концентрации нитритов. Результаты измерений содержания нитратов выражаются в мг/л нитратного азота или азота нитратов. Результаты измерений содержания нитритов выражаются в мг/л нитритного азота или азота нитритов.

Уровень подготовки учащихся

Средний и высокий.

Продолжительность измерений

Примерно 15 минут.

Частота измерений

Измерения производятся еженедельно.

Калибровка производится каждые шесть месяцев.

Важнейшие концепции

Колориметрические методы анализа состава воды.

Содержание нитратов в воде.

Навыки

Выполнение колориметрического анализа.

Планирование порядка выполнения измерений.

Регистрация данных.

Приборы и материалы

Химический стакан или колба вместимостью 50 мл.

Набор для измерения содержания нитратов (если анализируется образец солоноватой или соленой воды, проследите за тем, чтобы использовался надлежащий набор химикатов).

Мензурка вместимостью 100 мл.

Мензурка вместимостью 500 мл.

3 бутылки или банки вместимостью 500 мл.

Дистиллированная вода.

Подготовка

Внимательно прочтите все инструкции, сопровождающие набор химикатов, перед началом выполнения анализа. Убедитесь в том, что в наборе содержатся все перечисленные в инструкциях материалы. Проверьте, какое содержание нитратов в воде допустимо (в питьевой максимальной допустимая концентрация нитратного азота составляет 10 мг/л).

Предварительные условия

Краткое обсуждение того, почему содержание нитратов в воде — важный показатель.

Обсуждение разницы между нитратным азотом и нитратами.

Обсуждение разницы между нитратами и нитритами.

Практическое обучение методам калибровки.

Калибровка и контроль качества данных

Для того, чтобы проверить точность применяемого вами метода и пригодность используемых вами химикатов, калибровку с использованием стандартных растворов следует производить раз в шесть месяцев. Если стандартный раствор не консервируется, перед каждой калибровкой следует готовить новый стандартный раствор. Измерение щелочности стандартных растворов поможет учащимся выполнять те инструкции, приведенные в сопровождающей документации к аналитическим наборам, содержание которых может показаться неясным.

Стандартные растворы нитратов

Стандартные растворы нитратов не поставляются вместе с аналитическими наборами; их требуется заказывать отдельно или готовить следующим образом.

- **Резервный раствор нитрата.** Сушите нитрат калия (KNO_3) в печи (духовке) в течение 24 часов при температуре 105°C . Затем растворите 3,6 г нитрата калия в 500 мл дистиллированной воды, отмеренной с помощью мензурки вместимостью 500 мл. Тщательно перемешайте раствор, не взбалтывая. Храните в бутылке или банке вместимостью 500 мл. Полученный раствор содержит 7200 мг/л нитрата калия (т. е. 1000 мг/л нитратного азота).
Примечание. Для того, чтобы рассчитать содержание нитратного азота (NO_3-N), необходимо учитывать молекулярную структуру нитрата калия (KNO_3) (отношение молекулярного веса азота (N) к молекулярному весу нитрата калия (KNO_3) составляет 0,138). $7200 \text{ мг/л } \text{KNO}_3 \times 0,138 @ 1000 \text{ мг/л } \text{NO}_3-\text{N}$.
- **Стандартный раствор нитрата.** Отмерьте 50 мл резервного раствора нитрата с помощью мензурки вместимостью 100 мл. Слейте раствор в мензурку вместимостью 500 мл и разбавьте его дистиллированной водой до отметки «500 мл». Тщательно перемешайте раствор. Полученный стандартный раствор содержит 100 мг/л нитратного азота. Храните раствор в бутылке или банке вместимостью 500 мл. Обозначьте сосуд с раствором ярлыком из липкой ленты (с указанием даты приготовления раствора).
- Приготавливайте новый резервный раствор нитрата перед выполнением каждой калибровки, если резервный раствор не

был законсервирован. Стандартные растворы нитрата следует готовить заново каждый раз, независимо от того, был ли законсервирован резервный раствор. Резервный раствор нитрата можно хранить в законсервированном и стабилизированном виде до шести месяцев, пользуясь хлороформом (CHCl_3) в качестве консерванта, если у вас есть возможность использовать хлороформ безопасно. Для того, чтобы законсервировать резервный раствор нитрата, добавляйте по 1 мл хлороформа на каждые 500 мл резервного раствора.

Контроль качества данных

1. Разбавьте стандартный раствор нитрата с концентрацией 100 мг/л, чтобы получить второй стандартный раствор с концентрацией 2 мг/л. Используя второй стандартный раствор, проверьте точность показаний, получаемых с помощью аналитического набора для измерения содержания нитратов. Отмерьте 10 мл стандартного раствора с концентрацией 100 мг/л с помощью мензурки вместимостью 100 мл. Слейте 10 мл этого стандартного раствора в колбу или химический стакан вместимостью 500 мл. Добавьте 490 мл дистиллированной воды в эту мензурку вместимостью 500 мл и слейте полученный второй стандартный раствор в бутылку или банку вместимостью 500 мл. Обозначьте сосуд с раствором ярлыком из липкой ленты (с указанием даты приготовления раствора). Тщательно перемешивайте стандартный раствор в процессе приготовления.
2. Выполните инструкции, приведенные в описании *практической работы*, чтобы измерить щелочность стандартного раствора. В тех случаях, когда в инструкциях говорится об «образце воды», используйте стандартный раствор.
3. Зарегистрируйте значения щелочности стандартного раствора на листе ввода данных гидрологических исследований.
4. Если концентрация стандартного раствора нитрата отличается от ожидаемой более чем на 1 мг/л, приготовьте новые растворы и повторите измерение. Если после этого концентрация раствора будет все еще неудовлетворительной, заново приготовьте резервный раствор и повторите процедуру контроля качества данных.



Измерение концентрации нитратного азота



1. Пользуйтесь набором для определения содержания нитратов, соответствующим требованиям, приведенным в разделе *Комплект приборов и материалов* настоящего руководства. Перед началом выполнения измерений промойте пробирки, включенные в аналитический набор, водой из исследуемого водоема как минимум три раза.



2. **Определение общего содержания нитратного и нитритного азота.** Выполните инструкции изготовителя аналитического набора. Анализ с помощью набора производится следующим образом. В образец воды добавляется реактив, восстанавливающий нитраты с получением нитритов. Нитриты реагируют со вторым реактивом, в результате чего меняется окраска образца. Интенсивность окраски образца пропорциональна содержанию нитратов в образце. Концентрация определяется посредством сравнения цвета образца после добавления реактивов с цветом компаратора, включенного в аналитический набор. Если инструкции предусматривают встряхивание образца, не забудьте встряхивать образец точно в течение указанного времени. Несоблюдение указаний, относящихся ко времени, приведет к получению неточных результатов.



3. Поручите как минимум трем учащимся сравнивать цвет образца с компаратором. Зарегистрируйте значения концентрации нитратов, полученные каждой из групп учащихся, на листе ввода данных гидрологических исследований. (**Примечание.** Используемый компаратор должен быть хорошо освещен светом из окна, отраженным солнечным светом или лампой. Тем не менее, прямой солнечный свет не должен падать на компаратор.)



4. Рассчитайте среднее значение содержания нитратов на основе трех показаний, полученных группами учащихся. Если зарегистрированные показания не отличаются от среднего значения более чем на 1 мг/л, загрузите полученное среднее значение в базу данных учащихся-участников программы GLOBE. Если зарегистрированные показания отличаются от среднего



значения более чем на 1 мг/л, поручите учащимся повторить регистрацию показаний компаратора, после чего зарегистрируйте новые значения и рассчитайте новое среднее значение. (**Примечание.** Не считывайте показания компаратора повторно, если после регистрации первых показаний прошло более 5 минут.) Если все полученные теперь показания не отличаются от среднего значения более чем на 1 мг/л, загрузите среднее значение в базу данных учащихся-участников программы GLOBE. Если одно из полученных показаний все еще существенно отличается от среднего, не учитывайте это показание и рассчитайте новое среднее значение на основе остальных показаний. Если полученные показания все еще существенно отличаются одно от другого (более чем на 1 мг/л), обсудите с учащимися порядок выполнения измерений, но не загружайте полученное значение в базу данных учащихся-участников программы GLOBE. Повторите измерения, чтобы получить значения, соответствующие предъявляемым требованиям.

5. **Определение содержания нитритного азота.** Выполните инструкции изготовителя аналитического набора, относящиеся к нитритам. Процедура определения концентрации нитритов сходна с предшествующей процедурой, но она не предусматривает использования реактивов, восстанавливающих нитраты с получением нитритов.
6. Повторите операции 3—4, чтобы получить значения концентрации нитритов.

Примечание. Результаты анализа следует регистрировать в мг/л нитратного азота (NO_3^-N), т. е. в тех же единицах, в каких определялась концентрация стандартных растворов, а не в мг/л нитратов (NO_3^-).

Общая информация. Для того, чтобы преобразовать значение концентрации нитратов, выраженное в мг/л, в значение концентрации нитратного азота, выраженное в мг/л, разделите значение концентрации нитратов на 4,4, т. е. на соотношение молекулярных весов нитрата и нитратного азота. Например, концентрация 44 мг/л NO_3^- эквивалентна 10 мг/л NO_3^-N . Для того, чтобы преобразовать значение концентрации нитритов, выраженное в мг/л, в значение концентрации нитритного азота, выраженное в мг/л, разделите значение концентрации нитритов на 3,3, т. е. на соотношение молекулярных весов нитрита и нитритного азота.



Прогулка у воды

Учащиеся знакомятся со своим участком гидрологических исследований и определяют его характеристики.

Моделирование водосборного бассейна

Учащиеся сочетают свои наблюдения местности с топографической картой и изображениями, полученными с помощью спутников, сооружая трехмерную модель водосборного бассейна на своем участке.

Детективы-гидрологи (занятие для учащихся 3 класса)

Учащиеся изучают, каким образом мы пользуемся своими органами чувств и почему мы используем приборы с целью регистрации данных.

Игра в рН

Учащиеся играют в игру, помогающую им лучше понимать важность показателя рН.

Подготовка к выполнению практических работ

Учащиеся проходят в классной комнате практическую подготовку по использованию приборов и аналитических наборов, применяемых при выполнении практических работ, изучая диапазоны показаний приборов и причины возможных отклонений и ошибок.

Повсюду вода!

Учащиеся начинают изучать и анализировать данные, собранные в рамках программы GLOBE.

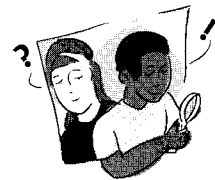
Открытие макрофауны беспозвоночных

Учащиеся изучают воздействие химического состава воды на флору и фауну их участка исследований.

Моделирование водяного баланса

Учащиеся моделируют изменения содержания воды в почве на протяжении года.

Прогулка у воды



Предназначение занятия

Ознакомление с гидрологическими характеристиками местности.

Обзор

Учащиеся посещают участок гидрологических исследований, где они производят визуальный обзор, собирая информацию о местных методах землепользования и качестве воды, и документируют свои наблюдения, определяя характеристики водоема и отмечая их на карте. В ходе этого предварительного исследования учащиеся задают вопросы о местных методах землепользования и (или) о химическом составе воды, которые могут потребовать дальнейшего изучения.

Продолжительность занятия

Одна экскурсия в полевых условиях и одно классное занятие.

Уровень подготовки учащихся

Любой.

Важнейшие концепции

Поверхностные воды существуют во множестве различных форм, таких, как пруды, озера, реки и снежный покров.

Характеристики воды тесно связаны с характеристиками окружающей местности.

Вода перемещается из одного места в другое.

Поверхностные воды отличаются многими характеристиками, поддающимися наблюдению, такими, как цвет, запах, скорость течения и форма водоема.

Предпосылки

Водоем, расположенный на вашем участке — часть водосборного бассейна. Водосборным бассейном называется территория, на которой вода стекает в одну и ту же реку и ее притоки. Форма водосборного бассейна определяется топографией местности. Характеристики окружающей местности и методы ее использования — поселки, города, шоссе, сельскохозяйственные работы, скотоводство, лесное хозяйство (рубка деревьев), естественная растительность, — влияют на химический состав воды в водоемах водосборного бассейна.

Навыки

Наблюдение воды на участке исследований.

Описание воды на участке исследований.

Организация результатов наблюдений.

Формулирование вопросов на основе наблюдений, произведенных на участке исследований.

Идентификация взаимосвязей между характеристиками местности и характеристиками воды.

Сообщение результатов первоначальных наблюдений и их интерпретации в устной, письменной и графической формах.

Отображение на карте гидрологических характеристик участка исследований.

Приборы и материалы

Материалы для приготовления зарисовок и карт.

Научные дневники участников программы GLOBE и ручки.

Фотоаппараты или видеокамеры.

Компас и измерительные планки или измерительный шнур.

Прозрачные пластиковые стаканы или бутылки для наблюдения прозрачности и окраски воды.

Подготовка

Получение топографических карт и спутниковых изображений участка исследований.

Предварительные условия

Отсутствуют.

На характеристики воды в речной системе, озере или пруде воздействует множество различных факторов. К числу таких характеристик относятся температура и цвет воды, форма водоема и т. п. В ходе выполнения практических работ вы будете собирать данные, определяющие качество воды, измеряя содержание растворенного в воде кислорода, ее кислотность (рН), щелочность и электрическую проводимость. Полевые наблюдения помогают учащимся осмысливать взаимосвязи между характеристиками местности и воды. Настоящее занятие является введением в гидрологические исследования на участке и позволяет заложить основу для последующих гидрологических исследований и практических работ.

Порядок проведения занятия

1. Спросите учащихся, что они знают о местных водоемах. Начните с вопросов следующего типа.

Какое озеро, какую реку, какой пруд или ручей вы время от времени посещаете?

Каким образом вы любите проводить время у воды?

Почему существование этого водоема имеет большое значение для вас?

2. Посетите с учащимися участок гидрологических исследований. Предварительно напомните им о правилах обеспечения безопасности.

Учащиеся с начальным уровнем подготовки

3. В отношении учащихся младших классов цель занятия состоит в том, чтобы они совершили прогулку, производя наблюдения и задавая вопросы, относящиеся к воде на их участке исследований. В том числе, учащиеся замечают направление и скорость течения в реках или ручьях, имеющиеся пруды или озера, воду, остающуюся после выпадения осадков, родники и влажность почвы. Побуждайте учащихся сосредоточивать внимание на воде, встречающейся в самых разнообразных формах, по мере того, как они совершают прогулку по участку. Возьмите с собой контейнер, чтобы набрать образец воды. Попросите учащихся определить цвет воды, рассказать, что они замечают в воде, движется ли вода и как быстро она движется, какие объекты находятся около воды, могут ли они услышать движение воды в тишине, каков запах воды, насколько прозрачна или мутна вода, и т. п.
4. Поручите учащимся описать расположение и размеры участка исследований, делая зарисовки и (или) заметки. Сравните расположение водоема с расположением других характерных признаков участка — деревьев, холмов, и т. п. Побуждайте учащихся задавать вопросы о возможных источниках воды.



Студенты Аризонского университета выполняют измерения pH, электропроводности и щелочности воды.

Учащиеся со средним и высоким уровнем подготовки

3. Поручите нескольким группам учащихся произвести разведку в различных частях участка исследований. В каждой группе назначьте учащихся, выполняющих обязанности журналиста, картографа, рисовальщика и фотографа. Учащиеся должны начать документирование результатов их наблюдений, относящихся к порученной им части участка. Каковы внешний вид и запах воды в их части участка, и какие формы она принимает? Следует отмечать характер местности, окружающей изучаемую территорию: жилые застройки, сельскохозяйственные угодья, промышленные объекты, лесистую или заболоченную местность, и т. п. Учащиеся должны обозначить на карте общие контуры и основные характеристики порученной им территории и отметить, какие животные и растения встречаются на этой территории около воды и в воде. Каков уклон местности, прилегающей к



обозреваемой учащимися части водосборного бассейна?

4. Вернувшись в классную комнату, учащиеся должны составить общую карту участка исследований из карт, подготовленных отдельными группами. Выявляйте различия и сходство между явлениями, наблюдавшимися различными группами, и обсуждайте замеченные закономерности. Побуждайте учащихся пользоваться результатами их наблюдений с тем, чтобы объяснить, как вода попала на участок исследований, как она протекает через этот участок, куда она стекает и как характеристики окружающей местности влияют на качество воды, в особенности в периоды выпадения дождей, осадков, таяния снега, половодья и т. п. Какие вопросы возникают у учащихся? Запишите эти вопросы и вывесьте их в виде объявления на стене в классной комнате?



5. Кроме того, попросите учащихся обсудить некоторые из следующих вопросов.
- Какие методы землепользования наблюдались учащимися и были перечислены ими? Как, по их мнению, эти методы землепользования могут изменить характеристики воды? Повлияют ли эти методы на качество воды?



В какой форме вода чаще всего встречалась на участке исследований, и что можно сказать о качестве воды на основе этого факта?

Наблюдались ли какие-либо признаки использования воды людьми? Каковы были признаки использования воды дикими и другими животными?



Дальнейшие исследования

1. По мере ежемесячных посещений участка исследований учащимися, выполняющими практические работы и регистрирующими данные, напоминайте им о наблюдениях, произведенных в ходе этого занятия, и просите их регистрировать наблюдаемые изменения в их научных дневниках участников программы GLOBE.



2. Количество и качество воды — факторы глобального значения. Соберите всю информацию о вашем участке гидрологических исследований, полученную учащимися, и подготовьте общее описание его характеристик, включив такие материалы, как графики, построенные на основе полученных гидрологических данных. Обратитесь к учащимся другой школы, уже сообщившей гидрологические данные, и попросите их построить графики полученных ими данных. Обменяйтесь графиками с учащимися другой школы и сравните данные, полученные обеими школами. Затем учащиеся каждой из школ должны подготовить письменное описание характеристик участка гидрологических исследований, изучаемого другой школой, с указанием различий между участками двух школ. После этого учащиеся могут обменяться такими описаниями и обсудить вопрос о том, насколько описания, составленные только на основе данных, отличаются от первоначальных описаний, подготовленных на основе фактических наблюдений и данных. Выясните, какие выводы можно сделать исключительно на основе данных, и какие выводы требуют непосредственных наблюдений.

Оценка успехов учащихся

Поручите учащимся подготовить экспозицию, иллюстрирующую имеющуюся у них информацию об исследуемом водоеме, в том числе о методах землепользования на окружающей водоем территории, о влиянии этих методов (благоприятном и неблагоприятном) на качество воды и том, как такое влияние отражается на рыбе, животных и людях, зависящих от воды. Поделитесь полученной информацией с другими учащимися и с представителями общественности.

Использованная литература

Учебный материал подготовлен на основе раздела *Прогулка у реки (River Walk)* руководства для учителей, подготовленного в рамках программы Ground Truth Studies Аспенского института исследования глобальных изменений, а также на основе материалов программы *Осмысление потока (Stream Sense)* в рамках проекта *Отходы, окружающая среда и технология (WET)* Управления по охране окружающей среды США.

Моделирование водосборного бассейна



Предназначение занятия

Ознакомление учащихся с водосборным бассейном и происходящими в нем процессами.

Обзор

Учащиеся с начальным уровнем подготовки создают трехмерную модель водосборного бассейна и проводят эксперименты, относящиеся к стоку воды. Учащиеся со средним и высоким уровнем подготовки пользуются топографическими картами и изображениями, полученными с помощью спутников Landsat, подготавливая трехмерную модель водосборного бассейна и проверяя свои гипотезы, относящиеся к стоку воды.

Продолжительность занятия

Начальный уровень подготовки: одно классное занятие.

Средний и высокий уровни подготовки: два или три классных занятия.

Уровень подготовки

Любой.

Важнейшие концепции

Все осадки и сточные воды, попадающие в водосборный бассейн, направляются в общий водосток или водоем.

Участок гидрологических исследований — часть водосборного бассейна.

Свойства водосборного бассейна зависят от физических характеристик местности.

Навыки

Моделирование водосборного бассейна.

Прогнозирование стока вод.

Интерпретация карт и изображений с целью создания физической модели водосборного бассейна.

Приборы и материалы

Начальный уровень подготовки

Фанерный щит площадью примерно 1 x 1 м.

Камни различных размеров.

Лист пластика.

Лейка.

Средний и высокий уровень подготовки

Топографическая карта участка гидрологических исследований и окружающей местности.

Изображение участка исследований по программе GLOBE, полученное с помощью спутника Landsat (предоставляется участникам программы GLOBE).

Фанерный щит площадью примерно 1 x 1 м.

Гипс, пластилин или другой материал для лепки.

Герметизирующий состав или хозяйственный пластиковый липкий оберточный материал.

Подготовка

Приготовьте требуемые материалы.

Получите топографические карты (см. раздел *Получение карт и изображений, полученных дистанционными методами* в главе *Комплект приборов и материалов*).

Предварительные условия

Средний и высокий уровень подготовки: требуется понимание основных принципов картографирования и умение обращаться с топографическими картами и изображениями, полученными с помощью спутников Landsat.

Пояснения, относящиеся к обозначениям на контурных картах, см. в разделе «Основы контурного картографирования» в приложении к этой главе руководства.

Предпосылки

На территории водосборного бассейна все осадки и сточные воды (вода и растворенные в ней и взвешенные в ней вещества) направляются в общее русло или в общий водоем. Водоразделом называется возвышающаяся часть рельефа территории, разделяющая различные

водосборные бассейны. Вы, может быть, слышали о континентальном водоразделе в США — о хребте, который разделяет водосборные бассейны рек, впадающих в Атлантический и Тихий океаны. Большие водосборные разделы континентального масштаба состоят из меньших водосборных бассейнов отдельных рек. В ходе настоящего занятия учащиеся определяют



расположение местного водосборного бассейна и создают его модель, которая будет полезна при дальнейшем изучении их участка гидрологических исследований.



Деятельность человека, например, строительство плотин, вызывающих накопление воды в резервуарах, отклонение водостоков через водоразделы с тем, чтобы направить воду из одного водосборного бассейна в другой, или изменение топографии местности в ходе строительства дорог и других инфраструктур, может приводить к изменению характеристик водосборных бассейнов. Изучение водосборного бассейна и его моделирование помогают людям понять фактические характеристики системы водоснабжения, которой они пользуются — узнать, откуда берется вода, где она накапливается и куда она течет. На основе таких знаний люди могут принимать ответственные решения, относящиеся к потреблению воды и защите водных ресурсов.



Порядок проведения занятия

Учащиеся с начальным уровнем подготовки

1. Разместите несколько камней различной формы и различного размера на фанерном щите. Положите поверх камней лист тонкого пластика и обожмите пластик вокруг камней таким образом, чтобы рельеф пластикового листа примерно соответствовал форме и размеру камней и чтобы образовались возвышения и углубления.
2. Спросите учащихся, что, по их мнению, произойдет, если они нальют воду на пластик на различных участках их модели.
3. После этого поручите учащимся налить на модель воду из лейки. Воду следует наливать до тех пор, пока не образуются небольшие потоки. Пронаблюдайте за тем, как стекает вода и где она накапливается.
4. Обсудите с учащимися их наблюдения, обращая особое внимание на то, каким образом сток воды зависит от формы модели.
5. Спросите учащихся, что произойдет, если они переместят камни в другие места. Спросите их, как они разместили



бы камни, чтобы получить более быстрые или более медленные потоки воды или чтобы в том или ином месте накапливалось больше или меньше воды.

6. Попросите учащихся переместить камни, чтобы проверить их гипотезы. Повторите изменение рельефа модели несколько раз.

Учащиеся со средним и высоким уровнем подготовки

1. Задайте следующие вопросы.
Что такое водосборный бассейн?
Почему водосборные бассейны имеют большое значение?
2. Выдайте учащимся топографические карты вашего района и изображения вашего участка исследований, полученные с помощью спутников Landsat. Помогите учащимся разобраться в том, что изображено на топографической карте и спутниковом изображении, и как они соотносятся. Помогите учащимся использовать полученное с помощью спутников изображение в качестве вспомогательного полезного источника информации. Попросите учащихся назвать наименование местного водосборного бассейна и найти его границы. Контурные линии и обозначения высоты над уровнем моря, указанные на карте, помогают определять границы водосборных бассейнов. Отметив вершины холмов и хребты (рельефные возвышения), учащиеся могут отметить границы местного водосборного бассейна.

В первую очередь учащиеся должны выбрать легко опознаваемый пункт, например, устье ручья. Двигаясь «вверх по течению» ручья, они должны отметить другие легко опознаваемые пункты, например, вершины и хребты, разделяющие близлежащие ручьи. Спросите учащихся: «Почему вода стекает в этом направлении?» Попросите учащихся указать стрелками направления стоков. По мере добавления новых пунктов и контуров, карта водосборного бассейна будет становиться все более понятной и четко обозначенной.

3. Выдайте учащимся материалы, необходимые для построения модели местного водосборного бассейна. Изготавливая модель, учащиеся могут пользоваться любым подходящим материалом — гипсом, пластилином, и т. п. Попросите учащихся разделиться на несколько небольших групп, работая над моделью. Готовую модель следует покрыть тонким оберточным пластиком.
4. По окончании подготовки модели попросите учащихся налить воду на модель и проследить, в каких направлениях вода движется по водосборному бассейну и стекает ли она в надлежащее русло.
5. Обсудите взаимосвязь между физическими характеристиками водосборного бассейна и расположением участков, на которых ведется человеческая деятельность. Обратите особое внимание на закономерности распределения потоков воды в вашем водосборном бассейне.

Дальнейшие исследования

1. Частью какого более крупного водосборного бассейна является местный водосборный бассейн? Частью какого еще более крупного водосборного бассейна является, в свою очередь, этот водосборный бассейн? Продолжайте задавать этот вопрос в отношении все более крупномасштабных водосборных бассейнов? Какой водосборный бассейн крупнее всех остальных?
2. Сравните изображения района, недавно полученные с помощью спутников, с изображениями, полученными ранее. Какие измерения водосборного бассейна произошли за прошедшее время?

Оценка успехов учащихся

1. Попросите учащихся написать сочинение на тему «Значение водосборных бассейнов».
2. Попросите учащихся описать, каким образом каждая из практических работ по теме «Гидрологические исследования» связана с пониманием характеристик водосборных бассейнов и их значения.

3. Попросите учащихся указать на топографической карте и на спутниковых изображениях несколько естественных отличительных признаков водосборного бассейна и несколько признаков человеческой деятельности. Найдите соответствующие участки и пункты на модели водосборного бассейна.
4. Попросите учащихся описать, каким образом будущая человеческая деятельность может зависеть от физических характеристик водосборного бассейна. Попросите их высказать свои предположения о том, каким образом физические характеристики водосборного бассейна будут влиять на деятельность людей.
5. Попросите учащихся описать, каким образом человеческая деятельность влияет на форму водосборного бассейна и, соответственно, на направление и географию стока воды.

Использованная литература

Материал подготовлен на основе раздела *Модель водосборного бассейна (A Watershed Model)* руководства для учителей, подготовленного в рамках программы наземных исследований объектов, зарегистрированных спутниковым оборудованием (Ground Truth Studies) Аспенского института исследования глобальных изменений, а также на основе дополнительной информации, содержащейся в руководстве *Понимание водосборных бассейнов (Understanding Watersheds)* Управления систем водоснабжения долины реки Теннесси.

Детективы-гидрологи



Предназначение занятия

Занятие помогает учащимся понять, что в воде содержится множество веществ, которые можно обнаружить с помощью органов чувств, и много других веществ, которые можно обнаружить только с помощью приборов и реактивов.

Обзор

Учащиеся пытаются определить вещества, содержащиеся в воде, с помощью пяти способов восприятия (органов чувств). Затем они пользуются приборами, предусмотренными в рамках программы GLOBE, выявляя вещества, содержащиеся в воде.

Продолжительность занятия

Одно классное занятие.

Уровень подготовки учащихся

Начальный.

Важнейшие концепции

Пять способов восприятия дают возможность получить представление об окружающем мире.

Различные органы чувств позволяют обнаруживать различные явления.

Приборы и реактивы помогают уточнить воспринимаемую картину окружающего мира.

Навыки

Поиск ответов на вопросы.

Формулирование гипотез в ответ на вопросы.

Проведение эксперимента.

Наблюдение за явлениями.

Регистрация данных.

Подсчет (сложение).

Приборы и материалы

В расчете на каждую группу из 4—5 учащихся

5 прозрачных пластиковых стаканов или банок.

5 пластиковых ложек.

Фломастер для нумерации стаканов.

Материалы, позволяющие демонстрировать обнаружение веществ в воде с помощью каждого из способов восприятия (органов чувств):

желтая пищевая краска, лимонный сок или окрашенная содовая вода для демонстрации обнаружения веществ с помощью зрения;

поваренная сода для демонстрации обнаружения веществ с помощью осязания;

лимонный сок, уксус для демонстрации обнаружения веществ с помощью обоняния;

соль, сахар, дистиллированная вода, вода из-под крана для демонстрации вкусового обнаружения веществ*;

содовая вода для демонстрации слухового обнаружения веществ.

Лист ввода данных

*Вкусовое обнаружение веществ демонстрируется по усмотрению учителя.

Подготовка

Приготовьте образцы воды для проведения эксперимента и копии листа ввода данных «Детективы-гидрологи».

Предварительные условия

Отсутствуют.

Предпосылки

Круговорот воды в природе (гидрологический цикл) приводит к постепенной эрозии континентов (со скоростью 30 см в год в среднем). Часть вымытого водой материала переносится реками в океаны как в виде взвешенных в воде твердых частиц (например, песка, глины и ила), так и в виде растворенных веществ (например, солей). Эти вещества можно считать естественными загрязнителями; к их числу могут относиться как

растворенный известняк (карбонат кальция), так и растворенные минералы, содержащие тяжелые металлы, такие, как свинец, кадмий и цинк. Другие вещества попадают в гидрологическую систему в результате деятельности человека — например, нефть, канализационные отходы, химические удобрения и пестициды. Очевидно, что все эти содержащиеся в воде вещества оказывают влияние на все живые организмы, обитающие в воде и потребляющие воду.



Ученые разработали аналитические тесты, позволяющие обнаруживать различные содержащиеся в воде вещества, полезные и вредные, естественного или искусственного происхождения. Для измерения содержания веществ в воде или характеристик воды, которые люди не могут определять с помощью органов чувств, используются приборы и реактивы.

Подготовка к проведению занятия

- Для каждой группы учащихся подготовьте рабочий набор стаканов с водой, в которую добавлены, в небольших количествах, различные «неизвестные вещества» (соленая вода, содовая вода и т. п.); (учащиеся не должны знать, какие вещества были добавлены в те или иные стаканы). Кроме того, в один из стаканов налейте воду из-под крана.
- Разложите ложки для зачерпывания исследуемой воды.
- Пронумеруйте стаканы фломастером.
- Раздайте всем учащимся копии листа ввода данных.

Порядок проведения занятия

Обсудите с учащимися то, каким образом они пользуются органами чувств, обнаруживая явления в окружающей среде. Обсудите преимущества и ограничения каждого из способов восприятия (органов чувств). Учащиеся могут подумать над следующими вопросами.

1. Каким образом мы обнаруживаем опасность с помощью зрения? В каких ситуациях наше зрение становится неэффективным? (Ответы: если наблюдаемый объект находится за пределами поля зрения, в темноте или если объект незаметен).
2. Каким образом мы обнаруживаем опасность с помощью слуха? В каких ситуациях наш слух становится неэффективным? (Ответы: если наблюдаемые явления бесшумны или если мы не слушаем достаточно внимательно).
3. Каким образом мы обнаруживаем опасность с помощью обоняния? В каких ситуациях наше обоняние становится неэффективным? (Ответы: если наблюдаемые объекты не имеют запаха или если наше обоняние не

функционирует, например, во время простуды).

4. Каким образом мы обнаруживаем опасность с помощью осязания? В каких ситуациях наше осязание становится неэффективным? (Ответы: если наблюдаемый объект находится на расстоянии или если прикосновение к объекту опасно).
5. Каким образом мы обнаруживаем опасность с помощью вкуса? В каких ситуациях наш вкус становится неэффективным? (Ответы: если наблюдаемый объект ядовит или не гигиеничен).
6. Возьмите стакан с водой. Спросите, какие органы чувств окажутся наиболее полезными для того, чтобы можно было определить, содержится ли в стакане питьевая вода из-под крана? Обсудите преимущества и недостатки использования различных способов восприятия с этой целью.
7. Считаете ли вы, что только один из способов восприятия всегда позволит вам выяснить, какой из стаканов содержит воду из-под крана? Предложите гипотезу относительно того, какой из способов восприятия позволит чаще всего выявлять вещества, добавленные в воду. Обведите кружком обозначенные способа восприятия, соответствующего вашей гипотезе, на листе ввода данных «Детективы-гидрологи» (см. рисунок в верхней части листа ввода данных).





Выполнение эксперимента

1. Покажите учащимся упаковки и контейнеры с «неизвестными веществами», добавленными в воду (упаковки с солью, поваренной содой и т. п.). Скажите: «Вот пищевые добавки, которые были смешаны в водой, находящейся в стаканах, стоящих перед вами. Мы должны выяснить с помощью наших органов чувств, какие из этих добавок содержатся в различных стаканах.»
2. Попросите учащихся взглянуть на стаканы с водой. Попросите их отметить крестиком на листе ввода данных номер любого стакана, который не выглядит как стакан с водой из-под крана. Номер любого стакана, вода в котором выглядит как вода из-под крана, следует обозначить буквой «В».
3. Попросите учащихся поднести ухо к поверхности воды в каждом из стаканов. Попросите их отметить крестиком на листе ввода данных номер любого стакана, который издает звуки, не свойственные воде из-под крана. Номер любого стакана, который на слух представляется учащимся стаканом с водой из-под крана, следует обозначить буквой «В».
4. Попросите учащихся понюхать воду в каждом из стаканов. Попросите их отметить крестиком на листе ввода данных номер любого стакана, вода в котором не пахнет, как вода из-под крана. Номер любого стакана, вода в котором пахнет, как вода из-под крана, следует обозначить буквой «В».
5. Попросите учащихся вылить в ложку несколько капель воды из каждого стакана и пощупать воду в ложке. Попросите их отметить крестиком на листе ввода данных номер любого стакана, вода в котором не ощущается пальцами, как вода из-под крана. Номер любого стакана, вода в котором ощущается пальцами, как вода из-под крана, следует обозначить буквой «В».
6. Попросите учащихся набрать ложкой воду из каждого стакана. Предупредите их, что каждый раз следует использовать чистую ложку. Попросите их отметить крестиком на



листе ввода данных номер любого стакана, вода в котором на вкус не кажется водой из-под крана. Номер любого стакана, вода в котором на вкус кажется водой из-под крана, следует обозначить буквой «В».

7. Попросите учащихся подсчитать количество крестиков, проставленных после каждой проверки с помощью различных органов чувств. В отношении какого способа восприятия (органа чувств) было проставлено больше всего крестиков? Этот способ восприятия лучше всего позволяет выявлять вещества, содержащиеся в воде.
8. Попросите учащихся пересмотреть их гипотезы относительно того, какой из способов восприятия позволяет лучше всего выявлять содержащиеся в воде вещества. (Вкус?) Напомните учащимся о том, что пробовать воду на вкус не всегда безопасно. Спросите их: «Стали бы вы пробовать воду, если бы не знали, что в нее могло быть добавлено?»
9. Спросите учащихся, какими другими способами можно было бы выявить содержащиеся в воде вещества. Предложите им подумать об использовании приборов и реактивов и попросите их привести примеры того, как люди пользуются приборами, чтобы уточнить свое восприятие. Например, можно вспомнить о детекторах дыма, микроскопах, слуховых аппаратах и т. п.
10. Познакомьте учащихся с лакмусовой бумагой как средством обнаружения содержащихся в воде веществ. Попросите учащихся проверить воду в стоящих перед ними стаканах с помощью лакмусовой бумаги. Что позволяет обнаруживать лакмусовая бумага?

Примечание. Дальнейшее использование лакмусовой бумаги предусмотрено в описании занятия «Игра в pH». В ходе этого занятия учащиеся могут определять значения кислотности (pH) различных веществ, которые можно найти в окружающей среде.

Адаптация материала для старшекласников

1. Попросите учащихся применить более сложные методы анализа, определяя различия между характеристиками воды в разных стаканах (щелочностью, электропроводностью, соленостью или удельным весом).
2. Предложите учащимся самостоятельно запланировать аналитические тесты, позволяющие определять различие между образцами воды. (Например, можно применять такие методы, как взбалтывание воды или добавление в воду других химических веществ, которые могут реагировать с уже содержащимися в ней веществами.)

Оценка успехов учащихся

Попросите учащихся:

- перечислить несколько веществ, содержащихся в воде;
- объяснить, почему для обнаружения некоторых веществ требуются приборы;
- выдвинуть гипотезы относительно того, каким образом различные содержащиеся в воде вещества могут влиять на организмы, живущие в воде;
- объяснить, почему каждый из способов восприятия (органов чувств) полезен для изучения различных материалов и явлений;
- зарегистрировать полученные ими данные на листе ввода данных и проверьте, помогает ли им содержащаяся на этом листе информация объяснить полученные ими результаты.

Дальнейшие исследования

Поручите учащимся узнать, предпочитают ли различные виды животных и растений воду того или иного состава.








Детективы-гидрологи: лист ввода данных

Имя, фамилия _____



№ стакана Зрение Слух Обоняние Осязание Вкус Тест на pH



						
1						
2						
3						
4						
5						
ИТОГО						



Указания по заполнению листа данных



В столбце, соответствующем каждому из способов восприятия, и в строке, соответствующей каждому из пронумерованных стаканов, проставляется крестик, если вы считаете, что опробованный вами образец не является обычной водой из-под крана. Если вы считаете, что образец является водой из-под крана, проставьте букву «В» в соответствующей клетке таблицы.

Принимая каждое решение, пользуйтесь только одним из способов восприятия (органов чувств), обозначенных в заголовках столбцов. По окончании проверки каждого из образцов воды проверьте, какому из стаканов соответствует наибольшее количество букв «В». Этот стакан, по всей видимости, содержит обычную воду из-под крана.



Игра в рН



Предназначение занятия

Это занятие позволяет учащимся приобрести навыки определения уровней кислотности жидкостей и других веществ, которые можно найти на пришкольном участке, и понять, каким образом кислотность связана с другими явлениями в окружающей среде.

Обзор

«Игра в рН» позволяет учащимся производить измерения рН различных образцов воды, почвы, растений и других естественных материалов, найденных в различных местах. Учащиеся приготавливают смеси различных материалов с тем, чтобы получить различные результаты измерений рН.

Продолжительность занятия

Подготовка: одно классное занятие.

Игра: одно классное занятие.

Уровень подготовки учащихся

Любой.

Важнейшие концепции

Измерение кислотности (рН).

Навыки

Выполнение измерений.

Выполнение анализа.

Интерпретация результатов.

Понимание взаимосвязи явлений в природе.

Приборы и материалы

В расчете на каждую группу учащихся (по 4 человека)

20 полосок лакмусовой бумаги.

3 или 5 небольших стаканов.

Бумага и карандаш.

Ярлыки из липкой ленты, позволяющие закреплять листы с результатами на доске объявлений.

В расчете на весь класс

Доска объявлений для вывешивания результатов, полученных всеми группами учащихся (одна строка уровней рН от 2 до 9 отводится каждой группе учащихся).

«Шпартгалка» с правилами игры.

Дополнительные полоски лакмусовой бумаги.

Подготовка

Учитель должен приготовить различные кислотные и щелочные смеси и растворы естественных и переработанных веществ. Эти смеси и растворы должны быть обозначены буквами, соответствующими содержащимся в них веществам, но учащиеся не должны знать, являются ли эти вещества кислотными или щелочными агентами. К числу кислотных смесей и растворов относятся силос, разбавленный и концентрированный лимонный сок, черный кофе, уксус, апельсиновый сок и напитки на основе содовой воды. К числу щелочных смесей и растворов относятся морская вода или соленая вода, шампунь, поваренная сода, хлорная известь, нашатырный спирт и моющее средство для очистки духовок. Следует использовать растворы почвы, полученные посредством смешивания образцов местной почвы с водой, а также образцы местной воды. Кроме того, учитель может приготовить образцы растворов из материалов, найденных на пришкольном участке, таких, как машинное масло, подтекающее из автомобиля, жидкость в брошенной бутылке и т. п.

Предварительные условия

Отсутствуют.



Предпосылки

Уровень кислотности (рН) в значительной степени влияет на растительность и диких животных. Уровень кислотности может зависеть от различных факторов. Основное воздействие на рН оказывают щелочные вещества, вымываемые из каменных пород и почвы, количество воды, характерное для данной местности, а также человеческая деятельность (плотность автомобильного движения, количество зданий, количество асфальтированных поверхностей и т. п.). Кислотный дождь также может оказывать существенное влияние на показатель рН воды. Важно понимать взаимосвязь этих факторов. Это простое занятие поможет учащимся понять взаимозависимость природы и человека.



Примечание. Напомните учащимся о разнице между гипотезой и фактическими результатами. Побуждайте их выдвигать свои гипотезы и находить способы их проверки (приготовьте соответствующую литературу, пригласите специалиста участвовать в занятии, просмотрите с учащимися результаты сделанных ранее измерений и т. п.).

Правила игры

1. Разъясните учащимся цель игры — каждая из групп учащихся должна найти растворы, кислотность которых (рН) составляет от 2 до 9.

Учащиеся должны начертить горизонтальную шкалу значений рН от 0 до 14 со значением рН = 7 посередине шкалы. Столбцы шкалы должны быть



шириной примерно 1 см каждый. Под каждым из значений рН от 2 до 9 следует начертить пустую клетку.

Каждая группа учащихся находит вещества, рН которых соответствует клетке на шкале значений рН.

2. Учитель чертит на доске следующую матрицу (см. матрицу НУД-Л-1).
3. Одно очко начисляется за каждую заполненную клетку, даже если группа нашла два образца с одинаковым значением рН.
4. Учащиеся должны регистрировать всю информацию о растворах, указанную на ярлыках, а также измеренные ими значения показателя рН.
5. Когда учащиеся будут готовы к начислению им очка на доске, они должны представить учителю свои записи и этот образец. Вместе с учителем они снова измеряют рН образца новой полоской лакмусовой бумаги. Если значение рН соответствует предыдущему измерению учащихся, образец утверждается и этой группе учащихся начисляется очко на доске. Ниже приведен образец таблицы результатов, полученных разными группами учащихся (см. матрицу НУД-Л-2).
6. Учитель выдает группе учащихся новую полоску лакмусовой бумаги за каждый из образцов, получивших очко.

Матрица НУД-Л-1

Группы	Значение рН								
	2	3	4	5	6	7	8	9	ИТОГО
Группа 1									
Группа 2									
Группа 3									

Матрица НУД-Л-2

Группы	Значение рН								
	2	3	4	5	6	7	8	9	ИТОГО
Группа 1	1		1			1	1		4
Группа 2		1		1				1	3
Группа 3	1				1		1		3



Адаптация материала для учащихся различного возраста

Начальный уровень

Для разъяснения основных концепций используйте растворы соли и сахара и объясните учащимся, что соленость раствора не обязательно означает его кислотность, и что сладость раствора не обязательно означает его щелочность. «Кока-кола» и другие напитки такого типа — прекрасный пример сладких жидкостей, отличающихся высокой кислотностью.

Средний уровень

Способствуйте более активной конкуренции групп учащихся. Например, группа, находящая или приготавливающая первый образец, отличающийся определенным уровнем pH, может получить сразу 5 очков. Впоследствии, другие образцы с тем же значением pH получают только 1 очко.

Усложните игру, предъявив требование, гласящее, что в качестве веществ, образующих выигрывающие очки образцы, можно использовать только вещества естественного происхождения.

Ограничьте количество полосок лакмусовой бумаги, выдаваемых группам учащихся, и введите правило, гласящее, что новые полоски лакмусовой бумаги группы будут получать только после начисления очков.

Высокий уровень подготовки

Спросите учащихся, какие растворы следует смешать, чтобы получить нейтральный раствор. Поручите им проверить свои гипотезы посредством смешивания некоторых из обозначенных ярлыками растворов и регистрации результирующих значений pH. Поручите учащимся количественное определение нейтрализующего действия различных растворов. Свяжите наблюдения учащихся с буферизующей активностью (щелочностью) реактивов, используемых в ходе гидрологических исследований.

Предоставьте учащимся образцы растворов, полученные из других частей страны (или из других стран мира) и попросите их охарактеризовать различное воздействие этих растворов на уровень pH.

Выполните сходный анализ с использованием образцов из различных геологических слоев или из различных частей района или участка исследований.

Примечание. В случае проведения занятия с учащимися старшего возраста мы рекомендуем пригласить специалиста, который может ответить на их вопросы.

Дальнейшие исследования

Найдите на участке гидрологических исследований различные материалы — образцы почвы, каменных пород и растительности, — влияющие на кислотность (pH) воды.

Попробуйте идентифицировать и количественно оценить воздействия, которые не всегда наблюдаются на участке исследований, например, выпадение осадков или какое-либо явление, возникающее выше по течению от вашего участка отбора образцов.

Оценка успехов учащихся

По окончании игры соберите учащихся вокруг доски, на которой зарегистрированы результаты, и поясните, какие образцы они идентифицировали, где эти образцы были найдены и какова кислотность (pH) этих образцов. Побуждайте учащихся самостоятельно выдвигать предположения относительно того, почему для различных образцов характерна различная кислотность. Подчеркивайте разницу между образцами воды, взятыми из почвы, из каменных мест, с искусственных поверхностей, из озер, из рек и т. п. Упомяните способность некоторых каменных пород к нейтрализации кислот (щелочность пород) и способность различных материалов повышать кислотность воды. Спросите учащихся, почему так трудно найти образцы, отличающиеся некоторыми уровнями pH, и почему образцы с другими уровнями кислотности найти легче.

Использованная литература

«Игра в pH» была разработана и опробована ведущей группой организации TEREZA (Ассоциацией экологического образования Чешской республики.)

Подготовка к выполнению практических работ



Предназначение занятия

1. Обучение правильному использованию каждого из гидрологических приборов.
2. Изучение диапазонов показаний каждого из приборов.
3. Использование каждого из приборов, предусмотренных в описаниях практических работ.
4. Понимание важности контроля качества данных.

Обзор

Группы учащихся поочередно пользуются измерительными приборами, предусмотренные в каждом из описаний практических работ, выполняемых классом. Они приобретают навыки применения прибора или аналитического набора реактивов и выполнения той или иной практической работы, изучая возможные причины отклонений показаний и ошибок. Занятие завершается анализом образцов воды, взятых в различных местах (дома, на пришкольном участке, из луж, из ручьев и т. п.).

Если у вас имеется достаточное количество приборов и аналитических наборов, для того, чтобы упростить обсуждение, можно сосредоточить внимание на каких-либо определенных приборах или аналитических наборах на протяжении одного классного занятия.

Продолжительность занятия

От трех до четырех классных занятий.

Уровень подготовки учащихся

Зависит от практической работы, к выполнению которой готовятся учащиеся.

Важнейшие концепции

- Обеспечение качества данных.
- Контроль качества данных.
- Надежность данных.
- Точность данных.
- Выполнение инструкций.
- Калибровка.

Навыки

- Точное выполнение указаний.
- Выполнение измерений.

Приборы и материалы

См. приборы, оборудование и аналитические наборы, требуемые для выполнения каждой практической работы, в

описаниях практических работ по теме *Гидрологические исследования*.

Одно ведро с водой из-под крана.

Копии листов ввода данных гидрологических исследований.

При подготовке к выполнению различных практических работ потребуются также следующие материалы.

Определение прозрачности воды: зеленая пищевая краска, столовая ложка илистого донного осадка или илистой почвы.

Измерение pH: образцы воды с уксусом, дистиллированной воды, молока, сока, содовой воды и т. п.

Измерение температуры: лед.

Измерение электропроводности: дистиллированная вода, соль.

Определение солености: дистиллированная вода, соль, лед.

Определение содержания нитратов: удобрение для газонов.

Подготовка

Попросите учащихся принести с собой образцы воды, набранные дома и (или) на пришкольном участке.

Приготовьте измерительные комплекты приборов и материалов на рабочих местах для каждого вида измерений, которые будут производиться учащимися. В расчете на каждое рабочее место потребуется следующее.

Оборудование и приборы, необходимые для выполнения измерений.

Экземпляр описания практической работы, вывешенный рядом с рабочим местом.

Копии листов ввода данных гидрологических исследований.

Наберите ведро воды из-под крана в начале школьного дня и поставьте его в классной комнате. Зарегистрируйте время отбора образца воды на ярлыке из липкой ленты, закрепленном на ведре.

В то же время наполните водой бутылку для образца воды, используемого при измерении содержания растворенного кислорода, и законсервируйте образец воды в соответствии с инструкциями, приведенными в описании практической работы. Зарегистрируйте время отбора образца воды на ярлыке, закрепленном на бутылке.

Предварительные условия

Отсутствуют.

Предпосылки

Разработка плана обеспечения и контроля качества данных необходима для того, чтобы результаты измерений были настолько точными и надежными, насколько это возможно. Точностью данных называется степень их соответствия фактическим значениям измеряемых характеристик. Надежностью данных называется последовательность и согласованность получаемых результатов. Желаемые точность, так же как и надежность данных, обеспечиваются следующими методами.

Следует тщательно калибровать измерительные приборы, правильно их использовать и вовремя производить их техническое обслуживание.

Необходимо строго выполнять указания, приведенные в описаниях практических работ.

Следует повторять измерения, проверяя их точность и выявляя причины возникновения ошибок.

Следует сводить к минимуму загрязнение аналитических химикатов и измерительного оборудования.

Необходимо регистрировать время и место отбора образцов воды и следите за тем, чтобы не перепутать образцы.

Принятие всех этих мер поможет вам получать достоверные, ценные и осмысленные данные.

Калибровка

Калибровкой называется процедура проверки точности измерительного оборудования. Для того, чтобы убедиться в правильном функционировании приборов, измерения производятся с использованием раствора, концентрация которого точно известна заранее. Процедуры калибровки различных приборов неодинаковы и приводятся в описаниях соответствующих практических работ.

Обеспечение безопасности



См. листы научных данных о материалах, поставляемые вместе с аналитическими наборами и буферными веществами. Кроме того, см. правила обеспечения безопасности, действующие в вашем школьном округе.

Порядок проведения занятия

1. Разделите учащихся на небольшие группы, лучше всего по три человека в группе. Проверяя работу, выполняемую другими членами группы, учащиеся должны поочередно практиковаться в

чтении инструкций, выполнении измерений и регистрации данных.

2. Группы учащихся поочередно используют различные рабочие места с комплектами приборов и материалов для выполнения различных практических работ (измерений).
3. Соберите весь класс и проведите следующие обсуждения по каждому из видов измерений.
 - а. Постройте график с использованием всех полученных данных, чтобы визуальным образом продемонстрировать учащимся концепцию точности данных. Если измерения производились точно, все точки данных на графике будут находиться близко одна от другой. Обсудите диапазон выполненных измерений и отклонения, наблюдавшиеся в ходе измерений.
 - б. Обсудите с участием всего класса вопрос о том, почему наблюдаются расхождения. На этой стадии обсуждения следует посвятить время концепциям калибровки с использованием стандартных растворов, обеспечения надежности и точности данных и точного выполнения инструкций. Свяжите свои пояснения с причинами, по которым выполняются те или иные операции, предусмотренные инструкциями. Обратите особое внимание на необходимость выполнения точных измерений, позволяющих сравнивать характеристики различных образцов.
4. Сравните результаты анализа образцов воды, взятых в различных местах. Помогите учащимся осмыслить полученные ими результаты, отмечая данные на карте различных источников образцов воды и обсуждая исходные условия формирования свойств воды в колодцах, в городской системе водоснабжения, в пруде, в бассейне, в лужах или в ручье. На этой стадии обсуждения полезно подчеркнуть важность точности измерений при сравнении характеристик различных образцов. Отражает ли разница между полученными результатами фактические различия или ошибку, допущенную при измерении? В это же время можно разъяснить, почему не



производилось измерение содержания растворенного кислорода в образцах и температуры образцов и как следует производить такие измерения.

Адаптация материала для учащихся с различными уровнями подготовки



Учащиеся младших классов

Сосредоточивайте внимание на каждом из измерений поочередно, в целом следуя плану проведения занятия, изложенному выше.

Учащиеся старших классов

Поручите учащимся самостоятельно подготовить графики данных и предложить свою интерпретацию этих графиков.



Дальнейшие исследования

Повторите измерения, произведенные ранее, но при этом изменяйте один из измеряемых параметров — например, температуру, охлаждая одну треть каждого из образцов воды, нагревая другую треть и не изменяя комнатную температуру остающейся трети каждого образца. После этого определите влияние изменения температуры воды на другие измеряемые параметры.



Гидрологические исследования

Лист ввода данных учащихся

Рабочее место для определения прозрачности воды

Предпосылки

Прозрачность воды на вашем участке исследований зависит от количества частиц почвы, взвешенных в воде, и от количества сине-зеленых водорослей и других растительных организмов, обитающих в воде на вашем участке. Прозрачность воды может изменяться сезонно в связи с активностью роста и размножения организмов, в связи с изменениями количества осадков и по другим причинам. От прозрачности воды зависит глубина проникновения солнечного света в воду. Так как солнечный свет необходим растениям, прозрачность воды — важный показатель, определяющий биологическую продуктивность воды на вашем участке исследований.

В полевых условиях прозрачность воды определяется одним из двух методов: с помощью диска Секки (в глубоких, спокойных водах) или с помощью трубки для замера мутности воды (на мелководье или при определении характеристик проточной воды). В лабораторных условиях, т. е. при прохождении практики в классной комнате, используется трубка для замера мутности воды.

Порядок практической подготовки

1. Попросите каждого из учащихся заполнить трубку для замера мутности воды водой из-под крана до того уровня, на котором изображение на дне трубки становится незаметным. Зарегистрируйте глубину столба воды в трубке в сантиметрах.

2. Сравните данные, полученные несколькими учащимися. Попросите учащихся выдвинуть гипотезы, объясняющие расхождение полученных ими результатов.
3. Снова произведите измерения прозрачности воды с помощью трубки, изменяя такие параметры окружающей среды, как количество света в помещении, условия считывания показаний (на солнечном свете и в тени, в темных очках и без них, стараясь увидеть изображение на дне трубки, поворачивая трубку, и позволив воде в трубке отстояться в течение 15—20 секунд).
4. После того, как учащиеся определяют глубину столба воды в трубке, пользуясь водой из-под крана, слейте воду в ведро, добавьте в нее несколько граммов ила и перемешайте.
5. Попросите учащихся заполнить трубки для замера мутности воды илистой водой и проверить, на какой глубине изображение на дне трубки становится незаметным для глаза. Сравните результаты, полученные несколькими учащимися.
6. Добавьте к воде из-под крана несколько капель зеленой пищевой краски.
7. Попросите учащихся заполнить трубки для замера мутности воды окрашенной водой и проверить, на какой глубине изображение на дне трубки становится незаметным для глаза.

Учащийся	Анализируемый образец	см

Гидрологические исследования

Лист ввода данных учащихся

Рабочее место для измерения температуры воды

Предпосылки

Температурой воды в данном случае называется естественная (измеряемая в естественных условиях) температура водоема — воды в ручье, реке, пруде, озере, колодце, сточной канаве и т. п. Температура водоемов может существенно варьировать в зависимости от широты, высоты над уровнем моря, времени суток, времени года, глубины воды и многих других переменных параметров. Температура воды имеет большое значение, так как она играет важнейшую роль в химических, биологических и физических взаимодействиях, происходящих в водоеме. Например, высокая температура может указывать на повышение активности размножения растений. Температура воды определяет состав флоры и фауны, обитающей в воде, так как для всех видов живых организмов свойственны определенные естественные температурные ограничения — минимальная и максимальная температуры, допускающие существование вида. Измерение температуры воды, таким образом, помогает нам понять, что происходит в водоеме, не измеряя непосредственно количество организмов, относящихся к сотням различных видов, обитающих в водоеме.

Порядок практической подготовки

1. Выполняя инструкции, приведенные в описании практической работы *Измерение температуры воды*, каждый член группы учащихся поочередно измеряет температуру одного и того же образца воды с помощью одного и того же термометра. Убедитесь в том, что каждый учащийся умеет считывать показания

термометра. Сравните полученные учащимися показания. Расходятся ли они более чем на 0,5°C? Почему? Почему нет? Если показания расходятся более чем на 0,5°C, повторите измерение температуры с использованием другого образца воды, чтобы получить результаты, не расходящиеся более чем на 0,5°C.

2. Каждый член группы учащихся, пользуясь своим термометром и выполняя инструкции по измерению температуры, приведенные в описании практической работы, измеряет температуру одного образца воды и сравнивает полученный результат с результатами, полученными другими членами группы. Расходятся ли они более чем на 0,5°C? Почему? Почему нет? Если показания расходятся более чем на 0,5°C, может потребоваться калибровка термометров.
3. Выполняя инструкции, приведенные в описании практической работы «Измерение температуры воды», учащиеся измеряют температуру горячей и холодной воды из-под крана, воды со льдом и воды, находившейся в ведре, стоявшем в классной комнате. Перечислите образцы воды, температура которых измерялась, и зарегистрируйте полученные значения температуры.
4. Обсудите возможный диапазон показаний каждого из термометров. Возможно ли измерение температуры ниже точки замерзания воды? Почему? Почему нет? Можно ли измерить температуру кипящей воды с помощью имеющегося термометра? Почему? Почему нет?

Учащийся	Анализируемый образец	Температура

Гидрологические исследования

Лист ввода данных учащихся

Рабочее место для определения содержания растворенного в воде кислорода

Предпосылки

Выживание всех организмов зависит от кислорода. В воде содержатся молекулы растворенного газообразного кислорода. В воздухе 20 из каждых 100 молекул приходится на долю кислорода. В воде содержится только 1—5 молекул кислорода на миллион. Поэтому содержание растворенного в воде кислорода выражается как количество частей на миллион. Различные виды водных организмов потребляют кислород в различных количествах, но в среднем для поддержания нормального роста и развития водной флоры и фауны требуется содержание растворенного кислорода, составляющее как минимум 6 частей на миллион. Количество кислорода, который может содержаться в воде («уровень кислородного баланса»), зависит от температуры и высоты над уровнем моря. В целом, теплая вода удерживает меньшее количество растворенного кислорода, чем холодная. Сходным образом, на большой высоте над уровнем моря, в горах, вода не может удерживать столько же кислорода, сколько содержится в воде на равнинах. Эти закономерности можно проследить, рассмотрев данные, приведенные в таблицах зависимости содержания растворенного кислорода от температуры и высоты над уровнем моря, приведенные в описании практической работы. Поэтому при измерении содержания растворенного кислорода мы пользуемся эталонным образцом дистиллированной воды и учитываем температуру и высоту над уровнем моря, корректируя полученные результаты.

Фактическое содержание растворенного в воде кислорода может не соответствовать уровню кислородного баланса. Бактерии, обитающие в воде, потребляют кислород по мере переработки ими разлагающихся остатков растительного и

животного происхождения. Эта деятельность бактерий может приводить к снижению содержания растворенного в воде кислорода. Напротив, сине-зеленые водоросли, обитающие в озерах, производят кислород в процессе фотосинтеза, что может летом иногда приводит к повышению содержания растворенного в воде кислорода.

Порядок практической подготовки

1. Выполняя инструкции, приведенные в описании практической работы *Измерение содержания растворенного кислорода*, каждый из членов группы учащихся поочередно измеряет содержание растворенного кислорода в одном и том же образце воды. Полученные учащимися результаты сравниваются. Расходятся ли полученные показания более чем на 0,2 мг/л? Почему? Почему нет? Если полученные показания расходятся более чем на 0,2 мг/л, повторите измерения с использованием другого образца воды, чтобы получить результаты, не расходящиеся более чем на 0,2 мг/л.
2. Если на кранах, из которых вы набираете образцы воды, установлены аэраторы, измерьте содержание растворенного кислорода в воде, только что набранной из-под крана, в воде, которая была набрана в начале школьного дня и оставалась в неподвижно стоявшем ведре, а также в консервированном образце воды, отобранном одновременно с водой, набранной в ведро. Зарегистрируйте время анализа воды, находившейся в ведре. Сколько времени прошло с тех пор, когда вода была набрана в ведро? Сравните полученные показания. Отличаются ли они одно от другого? Почему? Почему нет? Чем могут объясняться наблюдаемые различия?

Учащийся	Анализируемый образец	Время	Содержание растворенного кислорода

Гидрологические исследования

Лист ввода данных учащихся

Рабочее место для измерения рН

Предпосылки

рН — показатель содержания кислоты в воде. Диапазон значений рН может составлять от 1 (кислота) до 14 (щелочь или основание). Значение рН, равное 7, соответствует нейтральному раствору. Показатель рН измеряется по логарифмической шкале, т. е. изменение значения рН на одну единицу соответствует десятикратному изменению содержания кислоты в воде. Например, изменение с 7 на 6 свидетельствует о десятикратном изменении кислотности раствора; с 7 на 5 - о стократном и т.д. Чем ниже показатель рН водоема, тем больше кислоты содержится в воде. Показатель рН водоема оказывает существенное влияние на живущие в воде организмы. Головастики саламандр, лягушки и другие обитающие в воде животные и растения чрезвычайно чувствительны к понижению показателя рН.

Порядок практической подготовки

1. Выполняя инструкции, приведенные в описании практической работы *Измерение кислотности (рН)*, каждый из членов группы учащихся поочередно измеряет показатель рН одного и того же образца. Расходятся ли полученные показания более чем на 1,0 единицы рН? Почему? Почему нет? Если полученные показания расходятся более чем на 1,0 ед. рН, повторите измерения с использованием другого образца, чтобы получить показания, не расходящиеся более чем на 1,0 ед. рН.
2. Не выполняя калибровку ручки для измерения рН, но выполняя инструкции

по измерению рН с помощью ручки, приведенные в описании практической работы, учащиеся поочередно измеряют рН различных образцов воды. Полученные значения регистрируются.

3. Откалибруйте ручку для измерения рН и повторите измерения, точно выполняя инструкции, приведенные в описании практической работы с тем, чтобы не допустить загрязнения образцов. Учащиеся могут пользоваться также одной откалиброванной ручкой для измерения рН и одной не откалиброванной ручкой, если имеется достаточное количество приборов. Результаты измерений регистрируются.
4. Сравните данные, полученные различными методами. Обсудите возможные причины наблюдающихся расхождений.
5. Измерьте рН различных широко распространенных жидкостей, таких, как дистиллированная вода, уксус, вода из-под крана, молоко, сок, содовая вода и т. п., пользуясь лакмусовой бумагой, неоткалиброванной ручкой для измерения рН и откалиброванной ручкой для измерения рН.
6. Перечислите проанализированные образцы и зарегистрируйте значения рН, полученные различными методами. Какие методы позволили получить самые точные значения? Какие методы позволили обеспечить наибольшую надежность данных?
7. Подготовьте шкалу значений рН и постройте график средних значений рН, полученных для каждого образца.

Анализируемый образец	Лакмусовая бумага	Неоткалиброванная ручка для измерения рН	Откалиброванная ручка для измерения рН

Гидрологические исследования

Лист ввода данных учащихся

Рабочее место для измерения удельной электропроводности

Предпосылки

Электрическая проводимость (электропроводность) воды — показатель способности воды проводить электрический ток. Чистая вода плохо проводит электричество, но примеси, содержащиеся в воде, такие, как растворенные в воде соли, повышают электропроводность воды. Поэтому измерения электропроводности воды часто используются с целью оценки количества растворенных в воде твердых веществ, так как измерение электропроводности гораздо проще, чем выпаривание всей воды в образце с последующим взвешиванием твердого остатка.

Электропроводность измеряется в микросименсах на сантиметр (мкСм/см). Полив водой, электропроводность которой составляет более 2200—2600 мкСм/см, вреден для чувствительных растений. В бытовых условиях предпочтительно использование воды с электропроводностью менее 1100 мкСм/см. При изготовлении многих видов продукции, в особенности электронных компонентов, требуется использование очень чистой воды.

Порядок практической подготовки

1. Выполняя инструкции, приведенные в описании практической работы *Измерение удельной электропроводности*, каждый из членов группы учащихся поочередно измеряет электропроводность одного и того же образца. Расходятся ли полученные показания более чем на 40 мкСм/см? Почему? Почему нет? Если полученные показания расходятся более чем на 40 мкСм/см, повторите измерения с использованием другого образца, чтобы получить показания, расходящиеся не более чем на 40 мкСм/см.

2. Не выполняя калибровку прибора для измерения электропроводности, но выполняя инструкции по измерению pH с помощью ручки, приведенные в описании практической работы, учащиеся поочередно измеряют электропроводность различных образцов воды — дистиллированной воды, воды из-под крана и дистиллированной воды, в которую была добавлена щепотка соли. Полученные значения регистрируются.
3. Откалибруйте прибор для измерения электропроводности и повторите измерения, точно выполняя инструкции, приведенные в описании практической работы с тем, чтобы не допустить загрязнения образцов. Результаты измерений регистрируются.
4. Сравните данные, полученные с помощью откалиброванного и не откалиброванного приборов. Наблюдаются ли расхождения? Обсудите возможные причины наблюдающихся расхождений. Замечаете ли вы, что показания одного прибора всегда выше показаний другого? Всегда ли показания этих приборов расходятся на одну и ту же величину?
5. Измерьте электропроводность различных широко распространенных жидкостей, таких, как дистиллированная вода, уксус, вода из-под крана, молоко, сок, содовая вода и т. п.
Перечислите проанализированные образцы и зарегистрируйте значения pH, полученные различными методами.
6. Каков диапазон показаний электропроводности? Подготовьте шкалу значений электропроводности и постройте график средних значений электропроводности, полученных для каждого образца.

Анализируемый образец	Неоткалиброванный прибор для измерения электропроводности	Откалиброванный прибор для измерения электропроводности
Дистиллированная вода		
Вода из-под крана		
Соленая вода		

Гидрологические исследования

Лист ввода данных учащихся

Рабочее место для определения солености (солонатовой или морской воды)

Предпосылки

Соленость — показатель содержания растворенных солей в морской или солонатовой воде. Соленость выражается как количество частей на тысячу. Соленость воды может варьировать в зависимости от выпадения осадков, таяния снегов или расстояния от исследуемого водоема от источника пресной воды (например, от устья реки).

Денсиметр — инструмент, позволяющий измерять удельный вес или плотность жидкости. Конструкция этого прибора основана на принципе, открытом греческим математиком Архимедом, гласящем, что все тела, погруженного в воду, равен весу вытесненной этим телом воды. Чем плотнее анализируемая жидкость, тем меньше погружается в нее тело, вытесняющее объем воды, эквивалентный весу тела.

Почему необходимо производить измерения температуры одновременно с регистрацией показаний денсиметра? Вода становится более плотной по мере ее охлаждения и замерзания, а затем, по мере превращения ее в лед — более плотной. Так как мы желаем измерить зависимость содержания растворенных в воде солей от ее плотности, мы должны знать значение переменного параметра температуры.

Порядок практической подготовки

1. Заполните мензурку вместимостью 500 мл пресной водой до отметки «500 мл».
2. Осторожно погрузите денсиметр в мензурку (не роняя его).
3. Считывайте показания денсиметра на уровне, соответствующем нижнему краю мениска. Зарегистрируйте показание.

4. Выньте денсиметр из мензурки и добавьте в воду 7,5 г соли. Перемешайте раствор.
5. Измерьте температуру воды в мензурке на глубине 10 см с помощью термометра. Зарегистрируйте показание.
6. Пользуясь денсиметром, измерьте удельный вес жидкости в мензурке. Зарегистрируйте показание.
7. Найдите значение солености жидкости, соответствующее измеренным показаниям температуры и удельного веса, в таблице. Зарегистрируйте значение.
8. Добавьте еще 10 г соли в раствор.
9. Измерьте температуру и соленость воды в мензурке на глубине 10 см с помощью термометра. Зарегистрируйте показания.
10. Добавьте в мензурку несколько кусочков льда.
11. Измерьте температуру и соленость воды в мензурке на глубине 10 см с помощью термометра. Зарегистрируйте показания.

Изучите зарегистрированные вами данные. Соленость пресной воды должна быть равна нулю. По мере добавления в воду соли соленость должна повышаться. Изменение температуры повлияет на плотность воды, но не должно отразиться на значении солености, определенном с помощью таблицы преобразования показаний.

Обсудите расхождения между значениями, полученными различными учащимися. Повторите измерения, если расхождения между полученными показаниями превышают 2 части на тысячу.

Лист ввода значений солености

Анализируемый образец	Температура	Показания денсиметра	Соленость	Учащийся
Пресная вода				
После добавления 7,5 г соли				
После добавления 17,5 г соли				

Гидрологические исследования

Лист ввода данных учащихся

Рабочее место для определения щелочности

Предпосылки

Щелочность — показатель сопротивления воды к понижению показателя рН при добавлении в воду кислот. Добавление кислот в воду происходит в основном в результате выпадения дождя или снега, хотя почва в некоторых районах также является существенным источником кислот. Щелочность воды повышается по мере растворения каменных пород, содержащих карбонаты кальция, такие, как кальцит и известняк. Щелочность воды в естественных условиях защищает рыбу и другие обитающие в воде организмы от внезапных изменений кислотности.

Порядок практической подготовки

1. Выполняя инструкции, приведенные в описании практической работы *Определение щелочности*, каждый из членов группы учащихся поочередно измеряет щелочность одного и того же

образца. Сравните полученные учащимися результаты. Расходятся ли полученные показания более чем на величину, эквивалентную добавлению одной капли титрирующего реактива? Почему? Почему нет? Если полученные показания расходятся более чем на величину, эквивалентную добавлению одной капли титрирующего реактива, повторите измерения с использованием другого образца, чтобы получить показания, расходящиеся не более чем на величину, эквивалентную добавлению одной капли титрирующего реактива.

2. Проанализируйте взятые из других источников образцы воды, принесенные в класс.

Перечислите проанализированные образцы воды и зарегистрируйте полученные результаты. Сравните щелочность трех образцов. Каков диапазон наблюдаемых результатов? Почему наблюдаются расхождения между результатами?

Учащийся	Анализируемый образец	Показание

Гидрологические исследования

Лист ввода данных учащихся

Рабочее место для определения содержания в воде нитратов

Предпосылки

Азот — одно из трех основных питательных веществ, потребляемых растениями. Большинство растений не могут потреблять молекулярный газообразный азот (N_2). В водных экологических системах сине-зеленые водоросли преобразуют молекулярный газообразный азот в аммиак (NH_3) и нитраты (NO_3^-), которые затем потребляются растениями. Животные едят эти растения, чтобы получить азот, необходимый для формирования белков. Когда растения и животные умирают, белковые молекулы расщепляются бактериями, выделяющий аммиак. Другие бактерии окисляют аммиак с получением нитритов (NO_2^-) и нитратов (NO_3^-). В условиях пониженного содержания кислорода нитраты затем могут превращаться другими бактериями в аммиак (NH_3), и цикл преобразования азотистых соединений начинается снова.

Как правило, содержание азота в воде в естественных условиях невелико (менее 1 части нитратного азота на миллион). Азот выделяется из разлагающихся экскрементов животных, мертвых растений и животных и быстро потребляется растениями. В водоемах с высоким содержанием азота может происходить эвтрофикация. Содержание азота может повышаться в результате естественных воздействий и человеческой деятельности. Утки и гуси вносят большое количество азота в водоемы, в которых они обитают. К искусственным источникам азота относятся канализационные отходы, сливаемые в реки, удобрения, вымываемые водой, стекающей после выпадения осадков или просачивающейся в грунтовые воды, а также водой, стекающей из кормушек и скотных дворов.

Содержание нитратов измеряется в миллиграммах нитратного азота на литр воды.

Порядок практической подготовки

1. Выполняя инструкции, приведенные в описании практической работы *Измерение содержания нитратов*, каждый из членов группы учащихся поочередно измеряет содержание нитратов в одном и том же образце. Расходятся ли полученные показания более чем на 0,2 мг/л? Почему? Почему нет? Если полученные показания расходятся более чем на 0,2 мг/л, повторите измерения с использованием другого образца, чтобы получить показания, расходящиеся не более чем на 0,2 мг/л.
2. Повторите измерения содержания нитратов в том же образце воды, но предварительно взболтайте образец в течение половины времени, указанного в описании практической работы.
3. Повторите измерения содержания нитратов в том же образце воды, но предварительно дайте ему отстояться в течение времени, на пять минут превышающего продолжительность времени, предусмотренную в описании практической работы.
4. Измерьте содержание нитратов в ряде различных образцов воды — воды, стекающей с площадки для игры в гольф, воды из другого пруда, воды из резервуара, реки и т. п. Перечислите источники, из которых были взяты образцы воды, и зарегистрируйте полученные результаты.
5. Добавьте в образец воды несколько граммов удобрения. Какое изменение показаний вы наблюдаете?
6. Обсудите возможные причины варьирования содержания азота в ваших образцах воды.

Учащийся	Показание	Учащийся

Повсюду вода!



Предназначение занятия

Изучение изменений характеристик воды в зависимости от места отбора образцов воды и сравнение учащимися полученных ими результатов измерений с характеристиками образцов воды, взятых на других участках. Учащимся демонстрируется, каким образом ученые начинают изучение данных; стимулируется самостоятельный анализ учащимися полученных ими данных.

Обзор

Учащимся поручают изучение исходных данных, зарегистрированных участниками программы GLOBE и проанализированных учеными. После прочтения комментариев ученых, относящихся к этим данным, учащиеся просят найти дополнительные данные, сообщенные школами, участвующими в программе GLOBE, с целью их изучения и анализа.

Продолжительность занятия

Одно классное занятие (первоначальное) с последующими дополнительными занятиями.

Уровень подготовки учащихся

Средний и высокий.

Важнейшие концепции

Варьирование характеристик воды (в некоторых пределах).

Формулирование вопросов на основе данных.

Поиск ответов на вопросы с использованием данных.

Навыки

Построение графиков данных.

Сравнение данных, полученных в разных местах и в разное время.

Анализ расхождений между данными и выявление закономерностей.

Формирование гипотез.

Проверка гипотез.

Использование базы данных участников программы GLOBE.

Приборы и материалы

Карандаш и миллиметровая бумага или компьютерные средства построения графиков.

Компьютер и сервер базы данных участников программы GLOBE.

Научные дневники участников программы GLOBE.

Подготовка

Сбор данных, зарегистрированных в рамках программы GLOBE.

Предварительные условия

Отсутствуют.

Предпосылки

Несмотря на то, что многие годы иногда уходят на сбор данных, количество которых достаточно для изучения или для поиска ответов на вопросы, относящиеся к тому или иному участку, ученые, участвующие в программе GLOBE, уже начали изучать все увеличивающееся количество гидрологических данных, зарегистрированных в рамках программы, с тем, чтобы своевременно выявлять интересные закономерности и контролировать качество данных. Для того, чтобы помочь учащимся начать самостоятельное изучение полученных ими данных и данных, сообщенных учащимися других школ, гидрологи, участвующие в программе GLOBE, делятся с учащимися своими предварительными выводами. Ниже вы найдете

описание первых результатов анализа данных о кислотности (pH) и температуре воды, а также некоторые интересные вопросы, заданные на основе анализа других гидрологических данных. Так как эти исследования продолжаются, вы сможете получать новую информацию по мере поступления дополнительных данных. Эти результаты можно будет найти на странице «Уголок ученого» (Scientist's Corner) в базе данных учащихся-участников программы GLOBE. Дополнительную информацию о результатах анализа региональных данных можно получить также на страницах в сети Web.

По мере поступления все большего количества данных, ученые продолжают изучать интересные закономерности и задавать новые вопросы. Учащиеся могут помочь ученым,



контролируя и анализируя данные, регистрируемые на их участках исследований, а также данные, полученные другими школами из разных стран мира, и делясь своими наблюдениями и результатами исследований с другими участниками программы GLOBE с помощью компьютерной сети.

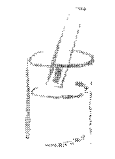


Порядок проведения занятия

В разделе 1 описания настоящего занятия содержится ряд графиков, которые были построены на основе данных о кислотности (pH) и температуре воды, сообщенных участниками программы GLOBE. Эти графики приводятся с тем, чтобы проиллюстрировать определенные вопросы, которые обычно задаются учащимися, а также связанные с качеством данных проблемы, которые часто наблюдаются учеными. Каждый комплект этих графиков можно использовать в качестве основы для дальнейших исследований или обсуждения методов анализа данных.



Начните с демонстрации учащимся графиков «типичных» данных о кислотности и температуре воды. Обсудите ожидаемые закономерности изменения данных и побуждайте учащихся задавать вопросы и комментировать информацию.



Затем поручите учащимся изучить данные, представленные каждым комплектом графиков, и предложить их гипотезы или задать вопросы о том, что они наблюдают. Зарегистрируйте их наблюдения. После того, как учащиеся изучат графики и зарегистрируют свои наблюдения и гипотезы, сравните их выводами с теми

выводами, которые делают ученые. Наблюдения и гипотезы учащихся следует регистрировать в их научных дневниках участников программы GLOBE. Затем учащиеся могут перейти к выполнению дальнейших исследований, самостоятельно анализируя полученные ими данные или данные, сообщенные учащимися других школ.

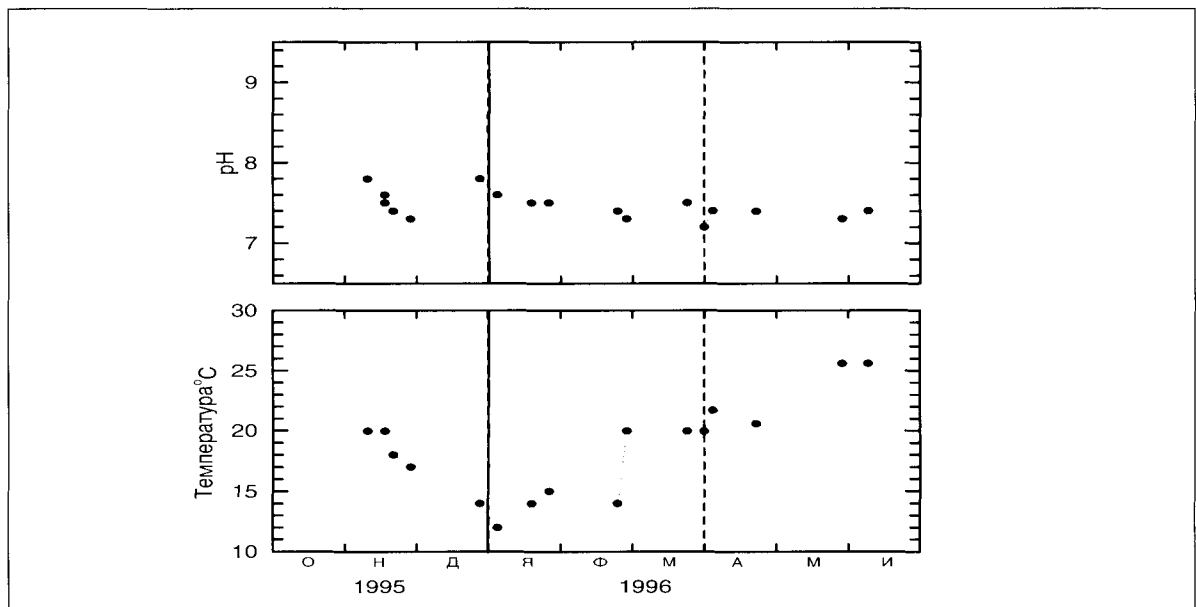
В разделе 2 приводятся первоначальные результаты изучения учеными-участниками программы GLOBE новых данных, полученных при выполнении других практических работ — измерений содержания растворенного кислорода, щелочности и электропроводности. Учащиеся могут изучить приведенные графики и попытаться выявить закономерности или проблемы, связанные с этими новыми результатами измерений.

Приведенные ниже графики можно найти также на странице «Уголок ученого» (Scientist's Corner) в базе данных учащихся-участников программы GLOBE. Учителя могут распечатать эти графики, приготовить диапозитивы или поручить учащимся работу с компьютерами. Дополнительные графики и информацию о дальнейших исследованиях ученых-участников программы GLOBE можно найти на страницах в сети Web и загрузить с целью получения распечаток или обработки компьютерными программами.

Примечание. Копии графиков, включенных в описание этого учебного занятия, приведены в более крупном формате в *приложении*. Увеличенные копии графиков можно использовать с целью приготовления диапозитивов, демонстрируемых в учебных целях, а



Рис. HYD-L-1. Данные школы-участницы программы GLOBE в Калифорнии, США



H₂O



также раздать учащимся, поручая им анализ или оценку данных.

Пример типичного набора данных, полученного в рамках программы GLOBE

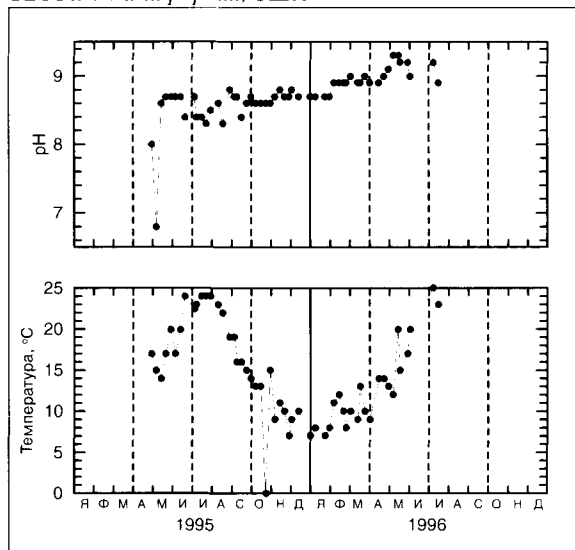
Типичные характеристики

- Значение показателя рН увеличиваются и уменьшаются, но в разумных пределах.
- Значения температуры варьируют в небольших пределах, но отражают общие сезонные изменения.

Наблюдаются ли какие-либо необычные явления на основе имеющегося набора данных?

Конечно, наблюдаются! Посмотрите еще раз на графики, приведенные на рис. HYD-L-1, и подумайте о том, что вы видите. Замечаете ли вы что-то неожиданное? Посмотрите, как повысилось значение рН с ноября до декабря! Это повышение может оказаться результатом ошибок, допущенных при измерениях, но оно может отражать и фактические явления! Если оборудование было правильно откалибровано и множество измерений показывают один и тот же результат, учащиеся, получившие этот результат, должны попытаться определить другие факторы, которые могли привести к такому повышению значения рН.

Рис. HYD-L-2. Данные школы-участницы программы GLOBE в Калифорнии, США



Раздел 1. Кислотность (рН) и температура

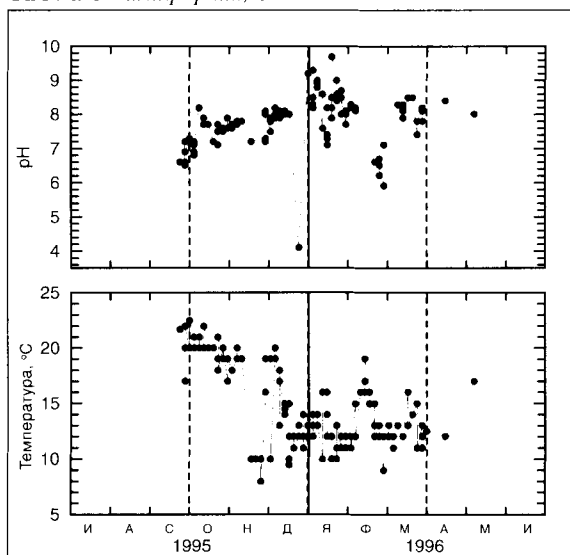
Часть 1. Выявление выбросов данных

1. Покажите учащимся графики, приведенные на рис. HYD-L-2 и HYD-L-3. После того, как они изучат эти графики и зарегистрируют свои наблюдения, попросите их указать любые необычные точки данных.
2. Обсудите важность обеспечения и контроля качества данных. Спросите учащихся, что следует делать в том случае, если некоторые точки данных существенно выходят за пределы диапазона остального набора данных (если наблюдаются «выбросы данных»)?
3. Обсудите наблюдения учащихся и их рекомендации.

Примечание ученых

Мы построили графики зависимости всех регистрировавшихся параметров от времени. Перед выявлением закономерностей и сравнением данных, полученных на различных участках, мы тщательно изучаем данные, выявляя выбросы данных. Например, на рис. HYD-L-2 можно заметить, что одно из показаний температуры выходит за пределы диапазона, занимаемого другими данными. Это значение, по всей вероятности, ошибочно, и мы удаляем эту точку из набора данных перед выполнением дальнейшего анализа.

Рис. HYD-L-3. Данные школы-участницы программы GLOBE в Калифорнии, США





Кроме того, показания рН, значительно отклоняющиеся от среднего значения, вызывают подозрения. На рис. HYD-L-3 можно заметить одно показание (рН = 4), которое не соответствует диапазону остальных показаний рН, составляющих от 6 до 9,5.



На графиках можно заметить некоторые дополнительные интересные явления. На рис. HYD-L-3 приведен график показаний рН, постепенно повышавшихся по мере их регистрации. При этом значения рН кажутся более разбросанными, чем это обычно ожидается. Почему, по вашему мнению, это происходило? На рис. HYD-L-2 приведена более типичная кривая изменения значения рН, также постепенно повышающаяся. Такое повышение значений может быть связано с изменением свойств буферного раствора со временем, но может и отражать фактическое изменение параметра в естественных условиях!



Дальнейший анализ

Побуждайте учащихся изучать полученные ими данные. Они могут строить графики изменения данных со временем, импортируя данные, полученные в рамках программы GLOBE, в компьютерные программы электронных таблиц или пользуясь программой-графопостроителем GLOBE.



Программу-графопостроитель можно найти на странице средств визуализации данных с помощью сервера базы данных учащихся-участников программы GLOBE. Указания по получению доступа к графопостроительным программам приведены в главе «Комплект приборов и материалов». Поручите учащимся выявление выбросов данных, наблюдающихся среди полученных ими показаний, с тем, чтобы свести к минимуму возможность влияния на данные ошибочной калибровки или неправильного выполнения измерений.



Вы можете также пользоваться средствами визуализации данных, предусмотренными для участников программы GLOBE, с тем, чтобы выявлять необычные результаты ежедневных наблюдений (см. рис. HYD-L-6). Учащиеся должны подготавливать точечные и контурные карты с обозначением результатов еженедельных наблюдений, пытаясь выявить необычные закономерности. Например, они могут найти светло-голубую точку (обозначающую очень низкое значение температуры) в районе, где все остальные точки данных оранжевого и красного цвета (т. е. обозначают сравнительно высокую температуру). Если учащиеся найдут сомнительные данные, они могут изучить набор



данных, относящийся к соответствующему участку исследований, и идентифицировать причины возникновения аномалии или связаться с учащимися, сообщившими эти данные (пользуясь электронной почтой GLOBEMail), и задать им вопросы, относящиеся к этим данным.

Часть 2. Изучение диапазона значений рН

Полученные значения рН изменяются непредсказуемым образом.

Рис. HYD-L-4. Данные школы-участницы программы GLOBE во Флориде, США

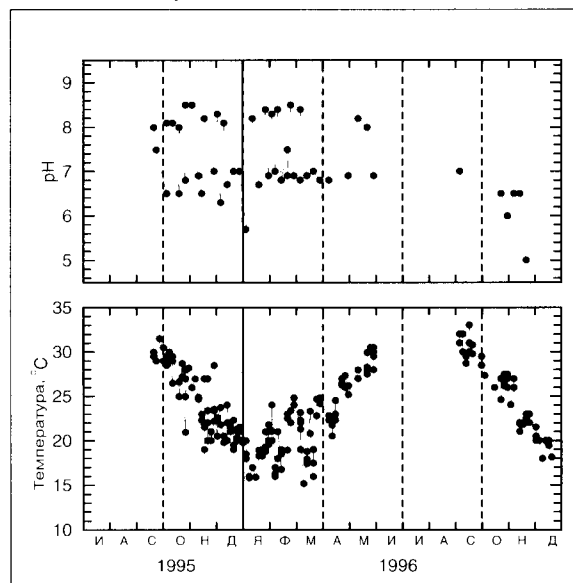


Рис. HYD-L-5. Данные школы-участницы программы GLOBE во Флориде, США

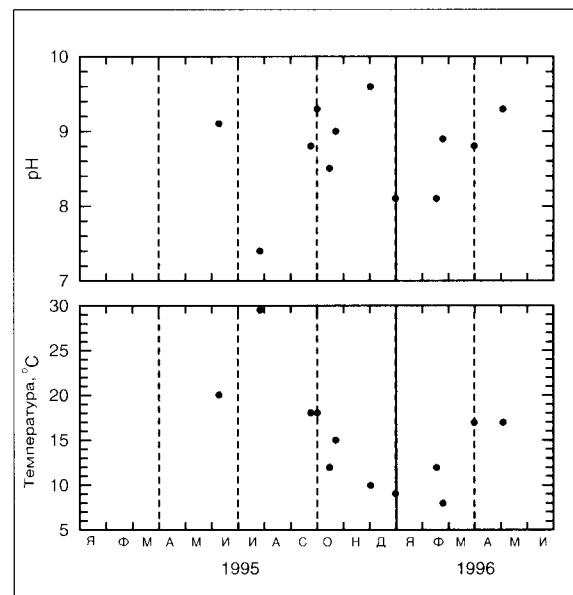
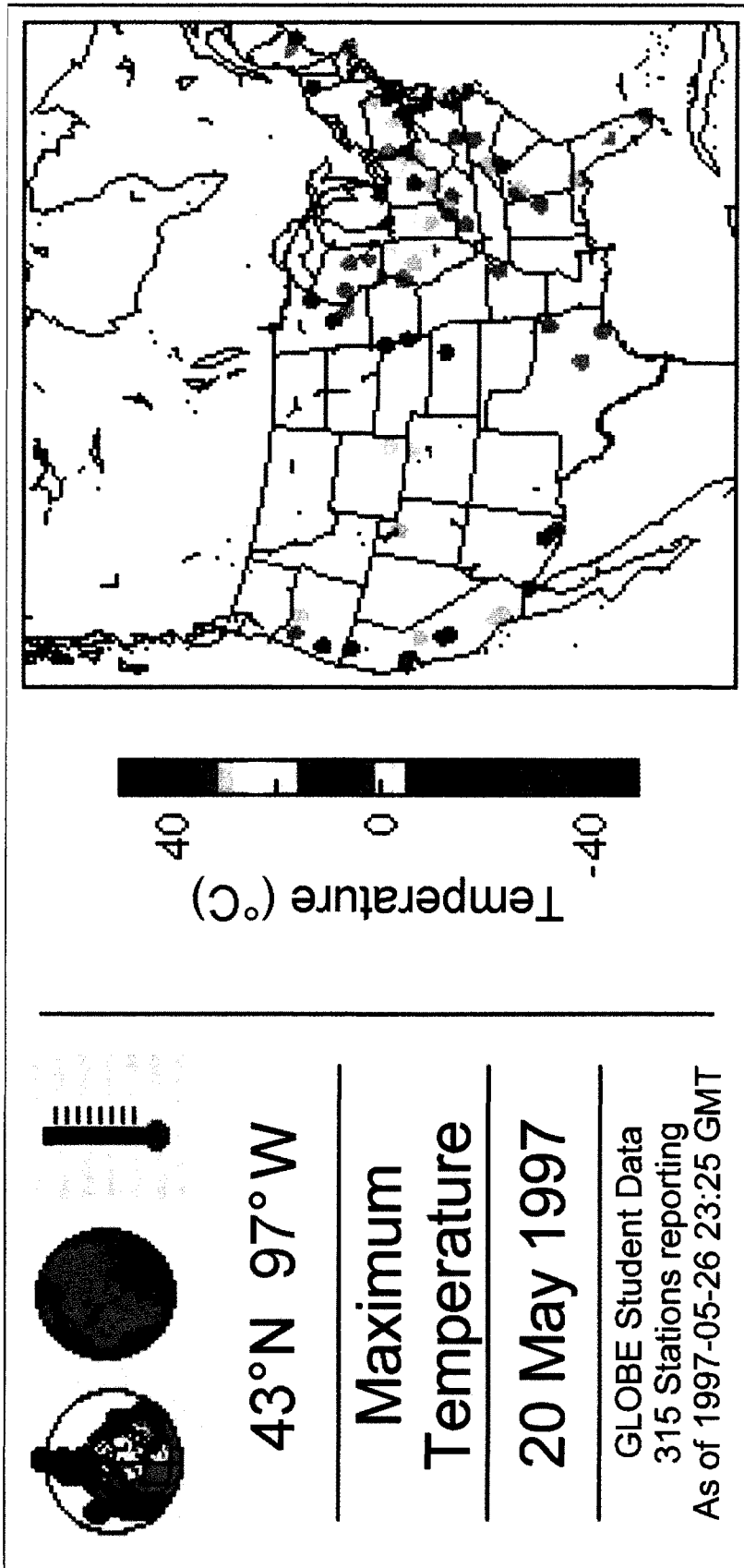


Рис. HYD-L-6. Значения температуры, указанные на странице базы данных учащихся-участников программы GLOBE.



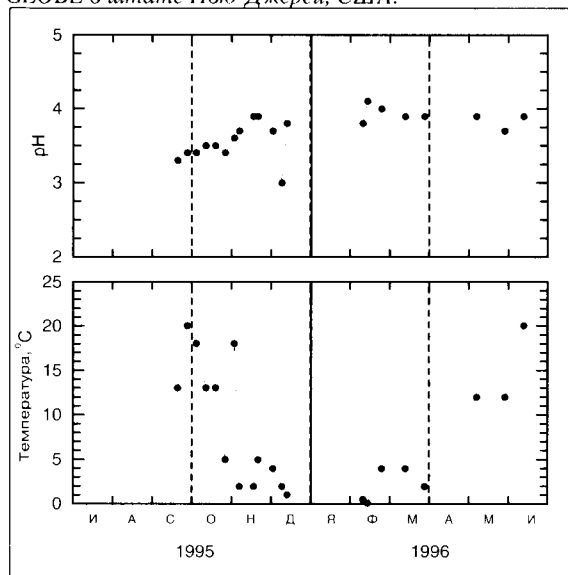
Правильно ли это? Должны ли значения pH давать такую неровную кривую?

1. Покажите учащимся два комплекта графиков, приведенных на рисунках HYD-L-4 и HYD-L-5. После того, как учащиеся изучат эти графики и зарегистрируют свои наблюдения, попросите их указать любые необычные закономерности.
2. Обсудите диапазон изменения значений pH, зарегистрированных учащимися на их участке исследований. Насколько варьируют зарегистрированные ими значения pH?
3. Поручите учащимся воспользоваться программой-графопостроителем GLOBE и построить график полученных ими данных, а также графики данных, полученных несколькими другими школами. Каковы диапазоны изменения значений, полученных различными школами?
4. Обсудите результаты наблюдений учащихся и их рекомендации.

Примечание ученых

Графики, приведенные на рис. HYD-L-4 и HYD-L-5 — хорошие примеры интересных наборов показаний pH. Возникает впечатление, что значения pH резко повышаются и понижаются в пределах диапазона, составляющего почти 3 единицы pH. Что, по вашему мнению, могло вызвать такое варьирование значений? Учитывайте, что значения pH, как правило, довольно стабильны, если водоем (ручей, озеро) не подвергается каким-либо существенным внешним воздействиям, таким, как периодический сброс отходов, сток воды во время сильных ливней, внезапное активное размножение сине-зеленых водорослей или изменение скорости течения и объема потока в связи со таянием снегов выше по течению. Хорошим примером причины периодического изменения скорости и объема потока воды может послужить также слив воды из резервуара, находящегося выше по течению. Такой слив воды существенно повлияет на значения pH, измеряемые ниже по течению. Приведенный набор температурных данных отражает обычные, предсказуемые сезонные изменения. Происходят ли явления, вызывающие сильное изменение кислотности воды в водоеме, или эти данные просто отражают ошибки, допущенные учащимися, приобретающими навыки выполнения измерений?

Рис. HYD-L-7. Данные школы-участницы программы GLOBE в штате Нью-Джерси, США.



Почему мы регистрируем такие низкие значения pH?

1. Покажите учащимся комплект графиков, приведенных на рис. HYD-L-7. После того, как учащиеся изучат эти графики и зарегистрируют свои наблюдения, попросите их указать любые необычные закономерности. Ожидали ли они, что значения pH должны быть такими низкими? Попросите их объяснить свой положительный или отрицательный ответ на этот вопрос. Учащиеся должны обосновывать свои объяснения, пользуясь данными и общей информацией о показателе pH.
2. Попросите учащихся выдвинуть гипотезу относительно того, почему на этом участке были зарегистрированы такие низкие значения pH.
3. Спросите учащихся, как, по их мнению, можно было бы проверить справедливость их гипотезы.
4. Найдите другие участки исследований, расположенные в том же регионе, с помощью сервера базы данных учащихся-участников программы GLOBE. Получите данные об этих участках и сравните их с данными, на основе которых были построены изучаемые графики.



Примечание ученых

График, приведенный на рис. HYD-L-7 — прекрасный пример данных, зарегистрированных на участке, для которого характерен низкий уровень pH. Вопрос состоит в том, насколько вероятно то, что показатель pH воды на этом участке действительно так низок. График показывает, что диапазон значений pH составляет от примерно 3 до 4,5. Обычно диапазон значений pH воды в естественных водоемах составляет от 6 до 8.



Возможные предположения

- На графике приведены фактические значения. Если вы так считаете, следует спросить себя и своих одноклассников, почему наблюдается такой низкий уровень pH. Что можно сказать об условиях, в которых находилась вода выше по течению, прежде чем она попала на участок гидрологических исследований?
- Значения, приведенные на графике, отражают систематическую ошибку, допускаемую при выполнении измерений. К сожалению, несмотря на то, что мы делаем все возможное, чтобы получить точные данные, иногда мы забываем выполнить ту или иную операцию или инструкцию, что приводит к ошибке при регистрации данных. В других случаях мы применяем реактивы или иные материалы, которые уже не пригодны к использованию. В случае регистрации низких значений pH наиболее вероятной причиной ошибки представляется тот факт, что калибровочные растворы, использовавшиеся учащимися этой школы, хранились слишком долго. Выяснение причин получения заниженных данных, конечно же, следовало бы начать с проверки пригодности калибровочных стандартных растворов.



Проверка стандартных растворов

Для того, чтобы проверить пригодность используемого вами стандартного раствора, вы можете применить один из двух возможных методов.

- Купите новый набор стандартных растворов и сравните характеристики старых растворов с новыми.



- Откалибруйте ваш прибор для измерения pH с помощью используемых стандартных растворов, после чего измерьте pH содовой воды в только что открытой банке. Кислотность таких продуктов, как содовая вода, поддерживается на одном и том же уровне в связи с требованиями, предъявляемыми при их изготовлении. Поэтому pH содовой воды можно использовать в качестве сравнительного стандарта при проверке правильности показаний вашего прибора для измерения pH.

Ниже приведены значения pH, характерные для нескольких распространенных содовых напитков при комнатной температуре.

«Coca-Cola»	2,5
«RC-cola»	2,5
«Mr. Pibb»	2,8
«Pepsi-Cola»	2,5
«Sprite»	3,2

Дальнейшие исследования

Поручите учащимся проверить точность показаний используемых ими приборов на основе приведенной выше информации.

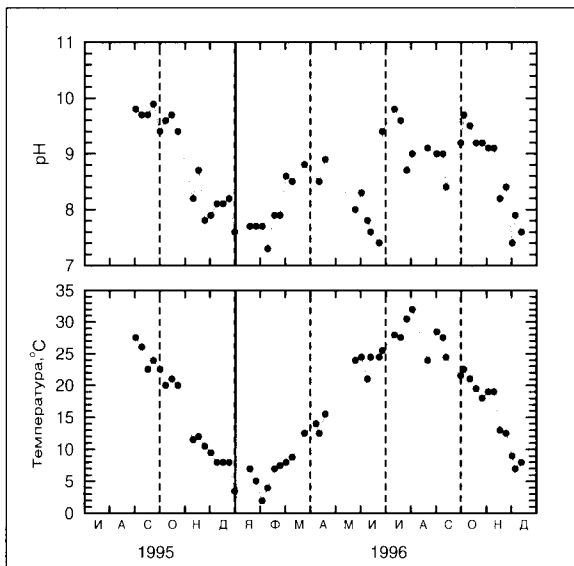
Часть 3. Выявление закономерностей изменения значений pH и температуры

Интересно! Значения pH и температуры волнообразно повышаются и снижаются!

1. Покажите учащимся комплект графиков, приведенных на рис. HYD-L-8. После того, как учащиеся изучат эти графики и зарегистрируют свои наблюдения, попросите их указать любые необычные закономерности.
2. Попросите учащихся выдвинуть свои гипотезы относительно определенной закономерности изменения значений на графиках. Значения pH изменяются в зависимости от изменений температуры. Обычное ли это явление?

3. Постройте графики полученных вами данных и данных, полученных на других участках, в особенности в Японии, пользуясь графопостроительными программными средствами GLOBE, чтобы сравнить эти графики.

Рис. HYD-L-8. Данные школы-участницы программы GLOBE в Японии



Примечание ученых

Иногда кажется, что мы все делаем правильно, и замечаем интересную закономерность изменения полученных нами данных. В ходе научных исследований важнейшее значение имеет проверка точности данных и поиск причин наблюдаемых закономерностей. На рис. HYD-L-8 приведены графики данных, полученных школой-участницей программы GLOBE в Японии. На этих графиках наблюдается постепенное волнообразное изменение значений pH, которые явно следуют за изменениями температуры, оставаясь при этом в пределах вполне приемлемого диапазона.

Данные выглядят хорошо! В чем основания для беспокойства?

Данные выглядят хорошо, потому что не заметно никаких необычных выбросов данных, потому что результаты измерений регистрировались регулярно и потому что наблюдается нормальная, предсказуемая закономерность изменения значений температуры. Тем не менее, следует учитывать следующие соображения.

- В естественных условиях изменение pH воды в водоеме в пределах, превышающих 1 или 1,5 единицы pH, весьма необычно. Кроме того, значения pH выше 9,0 также необычны для озер и рек. Было бы интересно проверить, получают ли такие же значения другие школы, расположенные в том же районе.
- Несмотря на то, что температура и кислотность воды в некоторой степени связаны между собой, наблюдаемая явная зависимость pH от температуры неожиданна. Приборы для измерения pH должны автоматически корректировать показания в зависимости от температуры. Осуществлялась ли такая коррекция в данном случае?



Часть 4. Чем отличаются показания лакмусовой бумаги и показания прибора для измерения pH?

Каким методом производились измерения pH: с помощью лакмусовой бумаги или с помощью прибора?



1. Объясните учащимся, что в разных школах могут использоваться различные средства измерения pH — лакмусовая бумага, портативные ручки для измерения pH и специальные приборы для измерения pH.

Рис. HYD-L-9. Данные школы-участницы программы GLOBE в континентальной части Запада США.

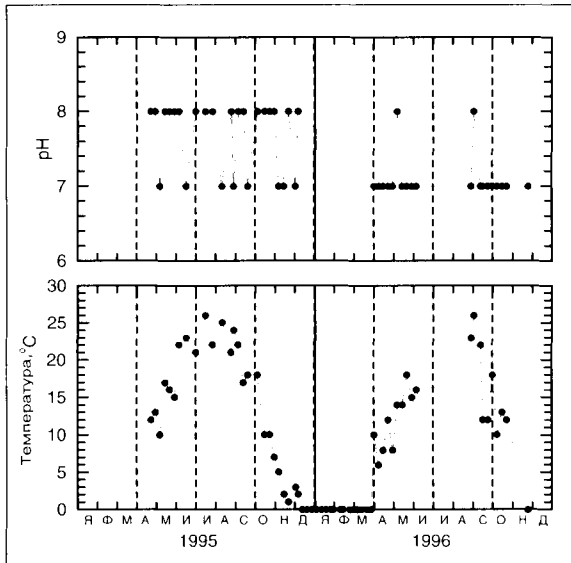
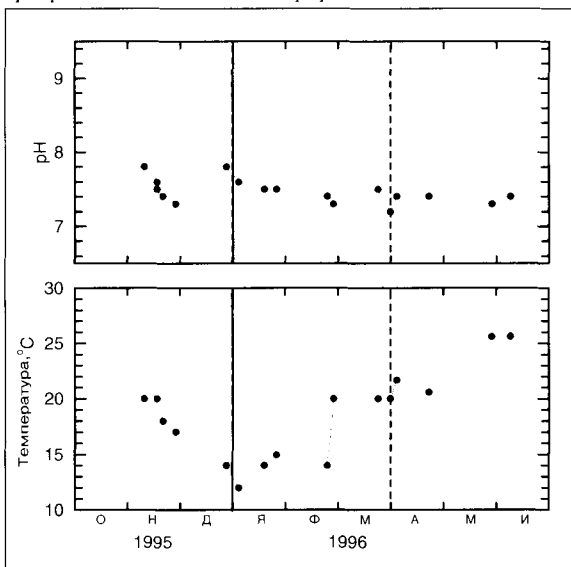


Рис. HYD-L-10. Данные школы-участницы программы GLOBE в Калифорнии, США.



2. Покажите учащимся комплекты графиков, приведенные на рис. HYD-L-9 и HYD-L-10. Покажите учащимся комплект графиков, приведенных на рис. HYD-L-8. После того, как учащиеся изучат эти графики и зарегистрируют наблюдения, попросите их выдвинуть свои гипотезы относительно того, какие средства применялись при регистрации этих значений pH.
3. Попросите учащихся обосновать или доказать справедливость своих гипотез, относящихся к средствам измерения приведенных на графиках значений pH.

Примечание ученых

Можно заметить, что учащиеся школы, на основе данных которой был построен график на рис. HYD-L-9, скорее всего, измеряли pH воды с помощью лакмусовой бумаги. Этим обстоятельством объясняется тот факт, что зарегистрированные значения каждый раз изменяются не менее чем на 1 единицу pH. Вполне возможно, что фактическое значение показателя pH этого водоема, расположенного в континентальной части Запада США, составляло больше 7 и меньше 8. Небольшие изменения pH, однако, приводили к тому, что показания лакмусовой бумаги изменялись на целую единицу.

На рис. HYD-L-10 приведен пример набора данных, полученных школой-участницей программы GLOBE, в которой используется прибор для измерения pH. Температурный график отражает достаточно постепенные изменения температуры.

Дальнейшие исследования

1. Поручите учащимся построить график значений pH, которые были бы получены учащимися школ, сообщивших данные, приведенные на рис. HYD-L-10, если бы они пользовались лакмусовой бумагой, а не прибором. Для этого следует округлить каждое из приведенных значений pH до ближайшей целой единицы и построить график заново на основе таких округленных значений.
2. Позволяют ли старые графики выявлять закономерности изменения данных так же хорошо, как и новые графики?



H₂O

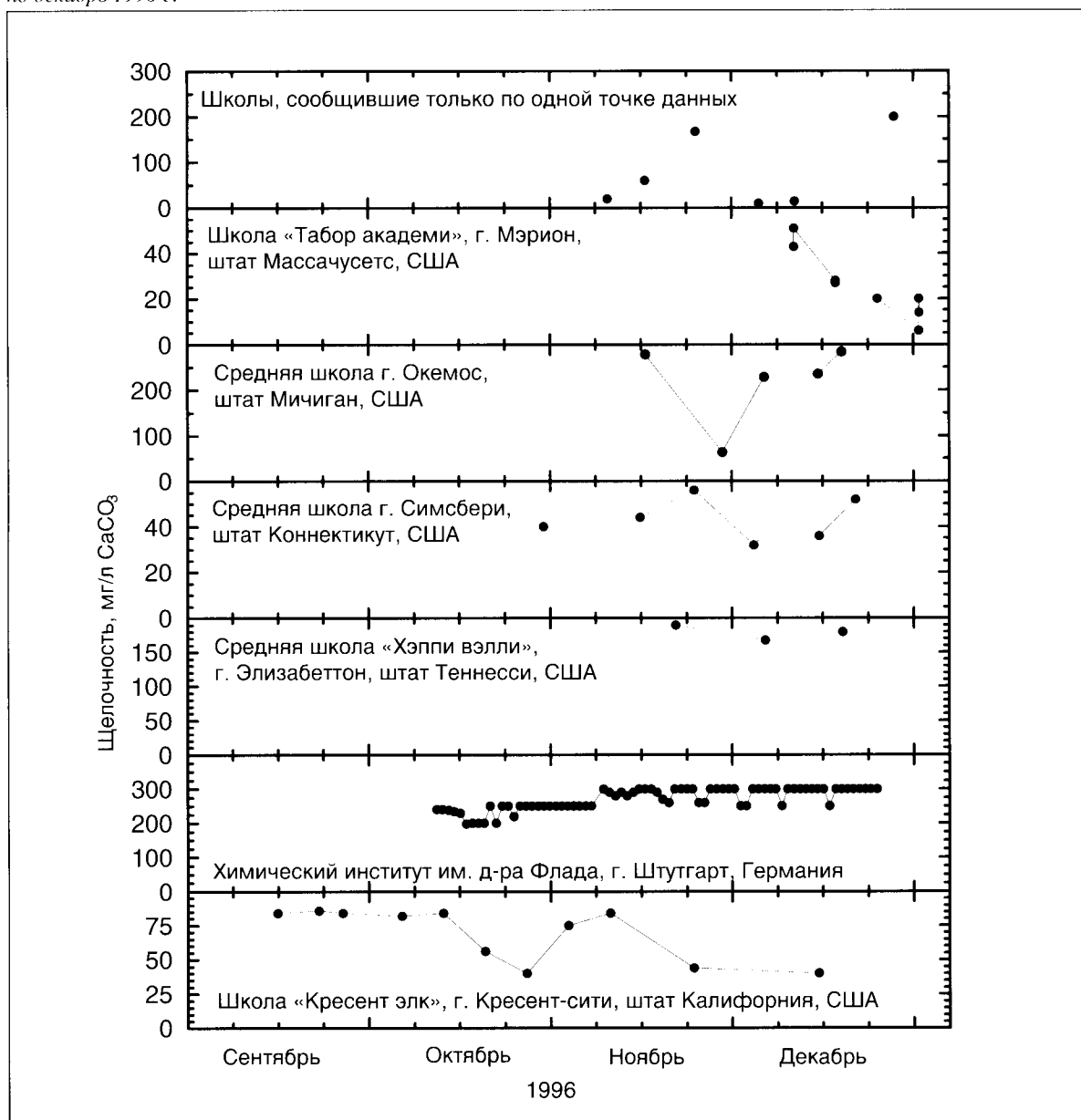


Раздел 2. Анализ новых данных, полученных участниками программы GLOBE

Описание процедуры измерения щелочности воды было добавлено в этот раздел руководства в сентябре 1996 г. На основе первых данных о щелочности воды, сообщенных школами, проводившими такие измерения, уже можно сделать некоторые выводы.

1. Поручите учащимся изучить данные, приведенные на графиках. Чем отличаются одни графики от других?
2. Попросите учащихся задавать вопросы на основе их наблюдений. Например, могут быть заданы следующие вопросы.
 - Какова закономерность измерения данных? Ожидаете ли вы сезонное изменение этих данных?
 - Относятся ли приведенные данные к нормальному диапазону изменения щелочности воды?
 - Наблюдаются ли какие-либо необычные точки данных?

Рис. HYD-L-11. Данные о щелочности воды, полученные в рамках программы GLOBE с сентября по декабрь 1996 г.





3. Попросите учащихся предсказать дальнейшие изменения значений на участках, к которым относятся приведенные на рисунке графики.
4. Запишите результаты наблюдений, вопросы и предсказания учащихся.
5. Попросите учащихся предложить способы поиска ответов на их вопросы.



Примечание ученых

Школа в г. Кресент-сити, штат Калифорния, США, сообщает относительно низкие значения щелочности, довольно существенно изменяющиеся со временем. Такие изменения могут быть связаны с дождевыми осадками, снижающими щелочность водоемов. Было бы интересно сравнить эти данные с другими гидрологическими и атмосферными показателями, измеряемыми в рамках программы GLOBE, с тем, чтобы получить более полное представление о происходящих явлениях.



Институт в Штутгарте, Германия, зарегистрировал очень подробную серию данных, отражающих ежедневные изменения щелочности воды. Наблюдается некоторое повышение щелочности в ноябре, но в остальном полученные данные относительно стабильны. Эти довольно высокие значения щелочности относятся к поверхностному водоему с хорошо буферизованной водой. Опять же, изменения щелочности изо дня в день могут быть связаны с выпадением дождевых осадков.



Школа в г. Элизабеттон, штат Теннесси, США, сообщает вполне согласованные промежуточные данные, отражающие щелочность более высокого уровня, чем данные школы «Кресент элк», но более низкого уровня, чем данные, зарегистрированные в Химическом институте. Было бы интересно проследить изменения щелочности воды на этом участке в течение зимы и весны.



Данные, сообщенные **школой в г. Симсбери, штат Коннектикут, США**, отражают относительно низкую щелочность, лишь слегка изменяющуюся со временем. На самом деле, поразительно, что щелочность воды изменялась так мало на протяжении всего подотчетного периода времени. Было бы интересно пронаблюдать, снизится ли уровень щелочности на этом участке после обильных дождей или таяния снега.



Школа в г. Окемос, штат Мичиган, США, сообщает значения щелочности, любопытным образом снижающиеся с уровня почти 300 мг/л до уровня примерно 70 мг/л. Эти данные следует



рассматривать в сочетании с данными о других гидрологических и атмосферных параметрах, измеряемых в рамках программы GLOBE, чтобы получить более полное представление о происходящем на участке.

Школа в г. Мэрион, штат Массачусетс, США, сообщает очень низкие значения щелочности, уменьшающиеся со временем. Мы рекомендуем учащимся этой школы еще раз проверить правильность их измерений и расчетов; если их результаты достоверны, наблюдается очень интересное явление. Не отражают ли эти данные изменения, вызываемые приливами и отливами на океанском берегу?

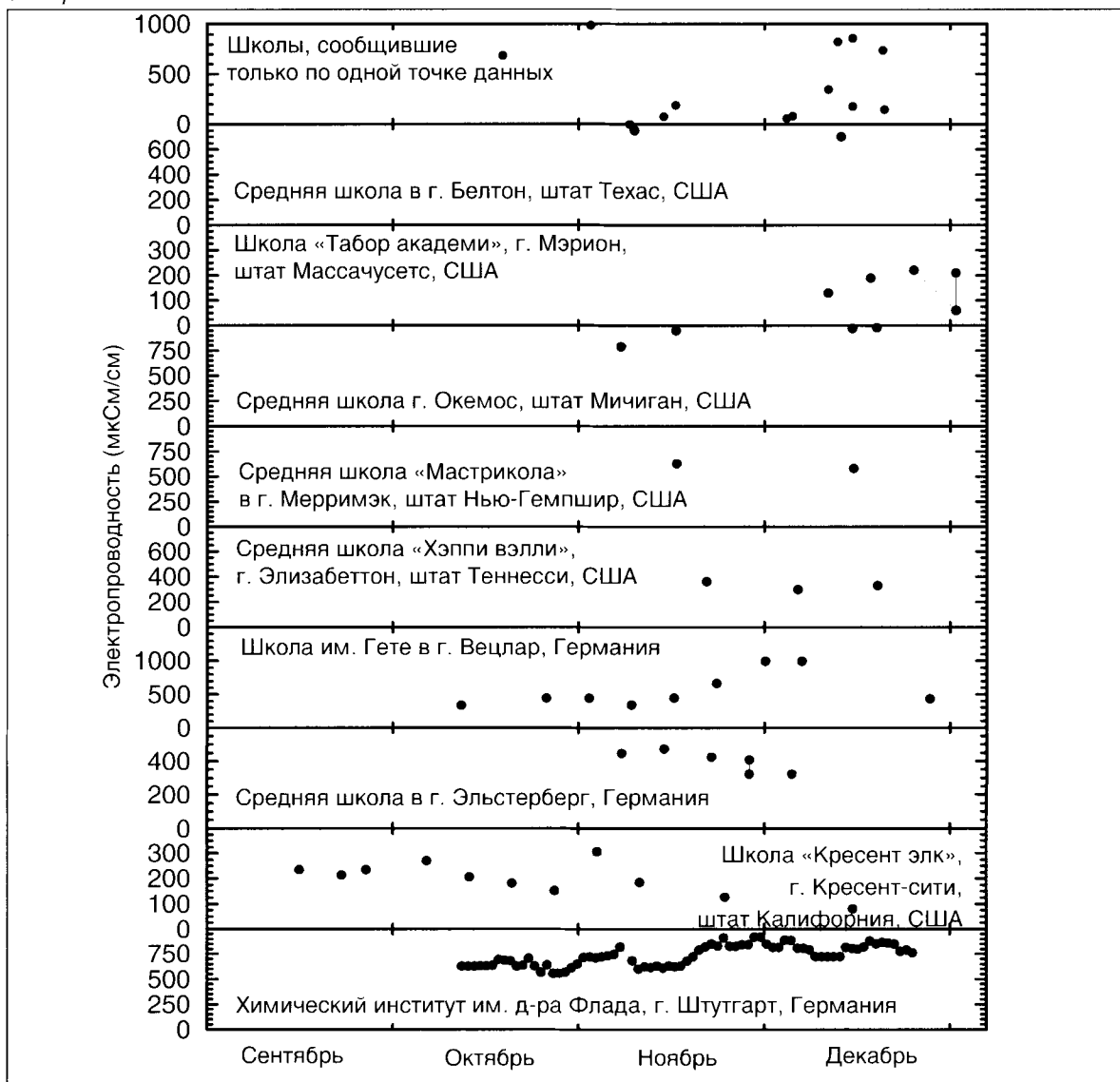
Описание процедуры измерения удельной электропроводности воды было добавлено к другим гидрологическим практическим работам в сентябре 1996 г. На основе первых данных об электропроводности воды, сообщенных школами, проводившими такие измерения, уже можно сделать некоторые выводы.

1. Поручите учащимся изучить данные, приведенные на графиках. Чем отличаются одни графики от других?
 - В каком диапазоне изменяются данные, сообщенные в отношении одного участка исследований?
 - В каком диапазоне изменяются все зарегистрированные данные?
 - Каковы закономерности изменения данных? Как изменяются значения электропроводности — повышаются или снижаются?
2. Попросите учащихся задавать вопросы на основе их наблюдений.
3. Попросите учащихся предсказать дальнейшие изменения значений на участках, к которым относятся приведенные графики.
4. Запишите результаты наблюдений, вопросы и предсказания учащихся.
5. Попросите учащихся предложить способы поиска ответов на их вопросы, выдвигая гипотезы и обосновывая эти гипотезы.

Примечание ученых

Школа в г. Белтон, штат Техас, США, провела две серии измерений электропроводности воды на своем участке гидрологических исследований. Результаты обеих серий измерений отражают уровни электропроводности воды, чрезвычайно типичные для речных водосборных систем (700 мкСм/см и

Рис. HYD-L-12. Данные об электропроводности воды, полученные в рамках программы GLOBE с сентября по декабрь 1996 г.



745 мкСм/см). Было бы интересно увидеть, какие данные будут получены этой школой в дальнейшем!

Школа в г. Мэрион, штат Массачусетс, США, сообщает данные, свидетельствующие о том, что на их участке наблюдается относительно чистая вода с довольно низкой электропроводностью от 60 мкСм/см до 22 мкСм/см. Если сравнить эти результаты с данными, зарегистрированными учащимися школы в г. Окемос, можно заметить, насколько различается содержание примесей в естественных водосборных бассейнах.

Школа в г. Окемос, штат Мичиган, США, зарегистрировала электропроводность воды в диапазоне от 790 мкСм/см до 980 мкСм/см. Это означает, что вода на их участке постоянно

содержит большое количество растворенных химических веществ.

Школа в г. Мерримэк, штат Нью-Гемпшир, США, сообщила две точки данных об электропроводности воды: 590 мкСм/см и 630 мкСм/см. Взглянув на другие графики, можно видеть, к какой категории относится изучаемый учащимися этой школы водоем. Что говорят полученные в этой школе данные о качестве воды? Следует учитывать, что электрическая проводимость — показатель содержания ионов, растворенных в воде, и поэтому может свидетельствовать о том, через какие каменные породы просачивалась вода, накапливающаяся в водоеме.



Школа в г. Элизабеттон, штат Теннесси, США, сообщает относительно последовательные низкие значения электропроводности воды (в диапазоне 300—360 мкСм/см). Мы хотели бы, чтобы учащиеся этой школы продолжили регистрацию этих данных, потому что мы нуждаемся в дополнительной информации о характеристиках водных ресурсов в Теннесси и о том, как они изменяются на протяжении года.



Данные **школы в г. Вецлар, Германия,** отражают самый большой диапазон изменения значений щелочности, наблюдавшийся в рамках программы GLOBE (339—993 мкСм/см). Учащиеся этой школы, довольно регулярно сообщаящие данные примерно раз в две недели, обнаружили интересную закономерность изменения свойств воды на своем участке! В течение одного месяца измеряемые ими значения электропроводности начали повышаться. Что могло послужить причиной такого изменения химического состава воды?



Данные **школы в г. Эльстерберг, Германия,** показывают, что содержание примесей в изучаемом учащимися этой школы водоеме довольно постоянно. Сообщенные ими значения электропроводности изменяются лишь в пределах от 322 мкСм/см до 472 мкСм/см. мы заметили, однако, что на протяжении периода измерений происходило постепенное снижение измеряемого уровня электропроводности. С чем может быть связано такое изменение?



Школа в г. Кресент-сити, штат Калифорния, США, постоянно сообщала данные на протяжении 3 месяцев. Измеренный ими уровень электропроводности представляется довольно низким. Нам кажется, что замечается постепенное снижение измеряемого уровня электропроводности. Замечаете ли вы эту закономерность? Сравните закономерности изменения значений щелочности и данные о количестве осадков с закономерностью изменения значений электропроводности в Кресент-сити. Замечаете ли вы какую-либо взаимосвязь между изменениями этих параметров?



Институт в Штутгарте, Германия, завоевал высокую репутацию в нашей группе гидрологов, благодаря тому, что учащиеся этого института регистрируют множество точек данных. Полученные ими данные об электропроводности, так же, как и данные других школ, отражают изменения этого параметра, происходящие не только на протяжении трех месяцев, но и изо дня в день. Диапазон изменения сообщенных Институтом значения составил от 552 мкСм/см до 920 мкСм/см. Мы считаем, что эти данные позволяют проследить периоды ливневых



дождей и, возможно, сезонные изменения содержания примесей в воде. Согласны ли вы с нашим заключением? Как эти закономерности соотносятся с закономерностями изменения количества дождевых осадков и щелочности?

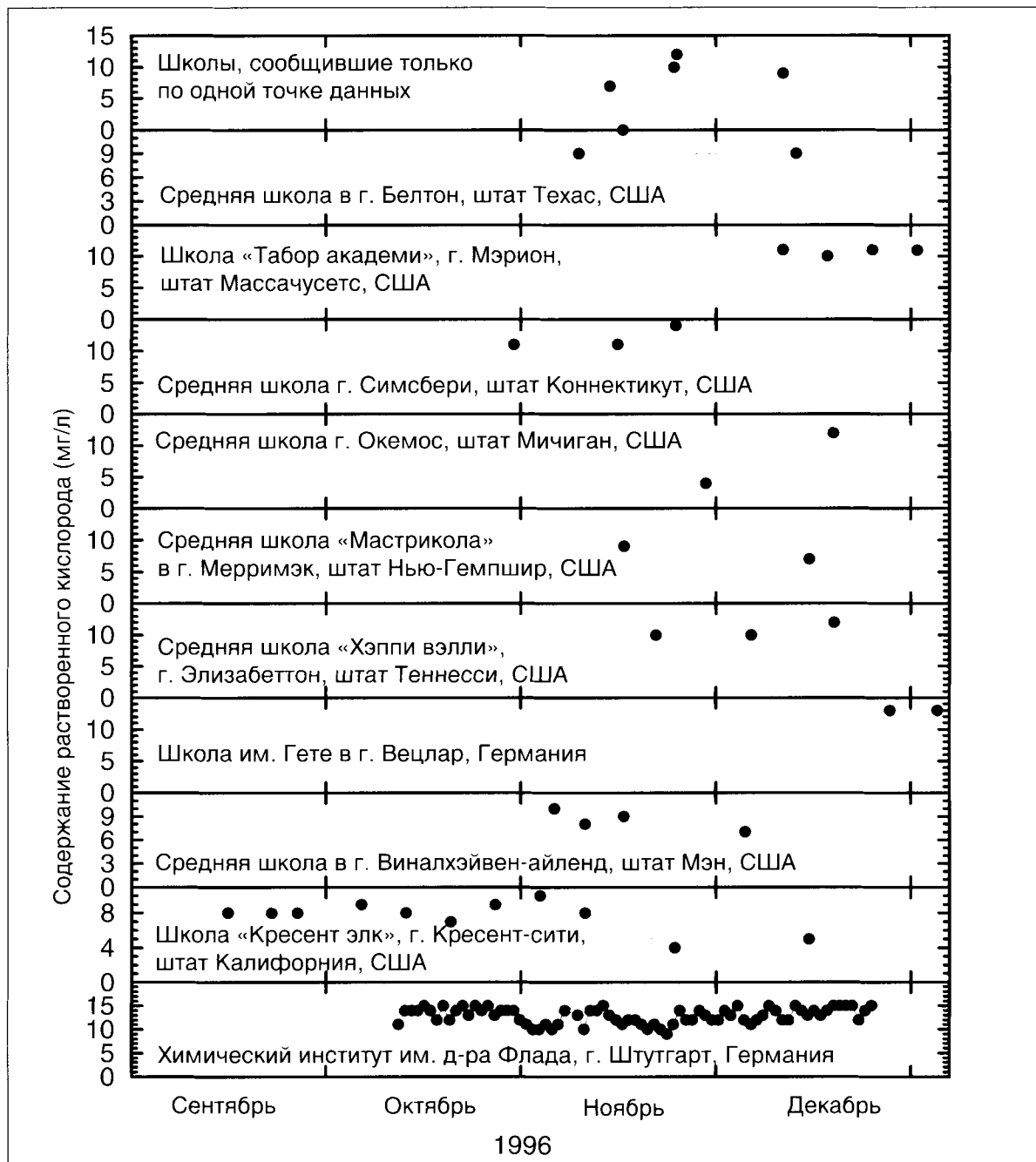
Описание процедуры определения содержания растворенного в воде кислорода было добавлено к другим гидрологическим практическим работам в сентябре 1996 г. На основе первых данных о содержании растворенного кислорода, сообщенных школами, проводившими такие измерения, уже можно сделать некоторые выводы.

1. Поручите учащимся изучить графики, приведенные на рис. HYD-L-13.
 - Чем отличаются одни графики от других?
 - В каком диапазоне изменялись значения, зарегистрированные на различных участках?
 - Какова закономерность изменения этих данных?
 - Соответствуют ли все зарегистрированные данные нормальному диапазону изменения содержания растворенного кислорода? На основе какой другой информации можно определить «нормальный» диапазон значений содержания растворенного в воде кислорода?
2. Попросите учащихся задавать вопросы на основе их наблюдений.
3. Попросите учащихся предсказать дальнейшие изменения значений на участках, к которым относятся приведенные графики.
4. Запишите результаты наблюдений, вопросы и предсказания учащихся.
5. Попросите учащихся предложить способы поиска ответов на их вопросы.

Примечание ученых

Школа в г. Белтон, штат Техас, США, сообщила две точки данных на уровне 9 мг/л. Такое содержание растворенного кислорода указывает на хорошее санитарное состояние водоема, пригодного для обитания рыбы и растений. Мы хотели бы, чтобы учащиеся школы в городе Белтон продолжали измерения содержания растворенного кислорода в изучаемом ими водоеме, чтобы мы могли пронаблюдать изменения уровня растворенного кислорода зимой и летом.

Рис. HYD-L-13. Данные о содержании растворенного кислорода в воде, полученные в рамках программы GLOBE с сентября по декабрь 1996 г.



Повсюду вода!

Занятия

Приложение



Школа в г. Мэрион, штат Массачусетс, США, сообщает, что содержание растворенного кислорода в изучаемом учащимися водоеме составляло 10—11 мг/л. Такое содержание кислорода в воде превышает уровень насыщения воды кислородом при температуре выше 11°C на уровне 0 м. На протяжении того же периода времени учащиеся этой школы зарегистрировали температуру в диапазоне от 6°C до 8°C. Что могло вызвать такое необычное повышение содержания кислорода в воде?



Данные, сообщенные школой в г. Симсбери, штат Коннектикут, США, отражают содержание растворенного в воде кислорода на уровне 11 мг/л в октябре, резко повысившееся до 14 мг/л в середине ноября. Значения содержания растворенного кислорода, зарегистрированные до этого повышения, весьма последовательны. Мы очень хотели бы знать, почему последнее сообщенное значение было таким высоким. Температура, зарегистрированная учащимися этой школы на протяжении того же периода времени, составляла от 1°C до 9°C. Озабоченность вызывает тот факт, что в день, когда было зарегистрировано резко повысившееся значение содержания растворенного кислорода (14 мг/л), была сообщена температура 3°C. Такое содержание растворенного кислорода превышает уровень насыщения воды кислородом при данной температуре. Это указывает на то, что учащиеся школы в Симсбери могли неправильно приготовить калибровочный раствор.



Школа в г. Окемос, штат Мичиган, США, сообщает о неожиданном резком возрастании содержания растворенного кислорода от 4 мг/л до 12 мг/л. Мы предлагаем проверить правильность показаний, произведя тщательную калибровку оборудования и материалов, использовавшихся при измерениях. Если сообщенные данные достоверны, они могут отражать сочетание воздействий снижения температуры и снижения потребления кислорода живыми организмами с началом зимы.



Школа в г. Мерримэк, штат Нью-Гемпшир, США, зарегистрировала снижение содержания растворенного кислорода с 9 мг/л до 7 мг/л на протяжении одного месяца в ноябре-декабре. Это снижение уровня содержания кислорода может отражать интересные явления, происходящие в водосборном бассейне, и мы считаем, что учащиеся школы должны подумать о возможных причинах такого существенного снижения содержания кислорода.



Школа в г. Элизабеттон, штат Теннесси, США, зарегистрировала содержание растворенного кислорода в водоеме, составившее от 10 до



12 мг/л на протяжении примерно одного месяца. Наблюдающееся повышение содержания кислорода могло быть связано со снижением температуры или каким-либо другим явлением. Будет интересно сравнить зарегистрированные этой школой значения температуры с этими данными.

Школа в г. Вецлар, Германия, зарегистрировала две точки данных, указывающие на довольно высокое содержание растворенного кислорода в изучаемом водоеме (13 мг/л). Интересно отметить, что такой уровень содержания растворенного кислорода в воде при зарегистрированной тогда же температуре (3,8°C), весьма близок к насыщению. Вероятно, вода, образцы которой анализировали учащиеся школы, активно перемешивается с окружающим воздухом.

Школа в г. Виналхэйвен-айленд, штат Мэн, США, первоначально регистрировала высокие уровни содержания растворенного кислорода (до 10 мг/л), а затем отметила постепенное снижение содержания растворенного кислорода на протяжении следующих полутора месяцев, до 7 мг/л. Что могло послужить причиной такого снижения уровня растворенного кислорода? Возможно, некоторые виды сине-зеленых водорослей, производившие кислород в начале осени, начали вымирать к концу осени, и выработка кислорода бактериями приостановилась. Другая возможность заключается в том, что содержание растворенного кислорода снизилось до нормального уровня после того, как какое-то явление вызвало временное повышение содержания кислорода.

Школа в г. Кресент-сити, штат Калифорния, США, регулярно регистрирует данные, отражающие изменения, происходящие на участке исследований по прошествии каждых двух недель. Данные этой школы показывают, что содержание растворенного кислорода в водоеме постепенно повышалось и снижалось в диапазоне от 5 до 10 мг/л. Интересно отметить, что на протяжении всего трехмесячного периода происходило, по всей видимости, общее снижение уровня растворенного кислорода. Это позволяет предположить, что содержание растворенного кислорода уменьшалось по мере снижения температуры. Но имеет ли смысл такое наблюдение? На самом деле нет, потому что содержание растворенного кислорода должно увеличиваться с уменьшением температуры, так как холодная вода может содержать больше растворенного кислорода, чем теплая. Что могло послужить причиной наблюдавшейся закономерности? Изменение содержания растворенного кислорода соответствовало изменениям таких параметров, как электро-

проводность и щелочность воды. Ученые хотели бы получить дополнительную информацию о жизнедеятельности животных и растений, имевшей место на протяжении того же периода времени, а также о том, как изменялся в это время сток воды из водоема.

Институт в Штутгарте, Германия, производит самые частые и последовательные измерения, по сравнению со всеми остальными школами, участвующими в программе GLOBE. Зарегистрированные учащиеся института данные показывают, что содержание растворенного кислорода в изучаемом ими водоеме варьирует в диапазоне примерно от 10 мг/л до 18 мг/л. Пытаясь понять, что могло послужить причиной такого высокого содержания растворенного кислорода, гидрологи, участвующие в программе, обнаружили, что учащиеся Института в Штутгарте не всегда регистрируют температуру воды одновременно с измерением содержания растворенного кислорода. Так как уровень растворенного в воде кислорода зависит от температуры, мы настоятельно рекомендуем учащимся школ сообщать температуру воды, измеренную одновременно с содержанием растворенного кислорода.

Продолжение анализа данных

Прочтите отчеты о результатах анализа данных гидрологических исследований, приведенные на странице «Уголок ученого» (Scientist's Corner) базы данных учащихся-участников программы GLOBE. Содержание этих отчетов периодически обновляется.

Дальнейшие исследования

1. Стимулируйте интерес учащихся к просмотру и получению новых наборов данных, зарегистрированных вышеупомянутыми школами, и к построению графиков на основе этих данных с помощью графопостроительных программных средств GLOBE. Учащиеся могут также импортировать данные в программы электронных таблиц и строить графики с помощью этих программ. На какие вопросы можно ответить, изучая набор данных, полученных на протяжении более длительного периода времени?
2. На какие вопросы можно ответить только с использованием других данных, таких, как данные о температуре или количестве осадков? Попросите учащихся указать данные, которые, по их мнению, могут иметь

значение при оценке гидрологических данных, и сравнить их с гидрологическими данными. Можно задать следующие вопросы.

- Помогает ли изучение данных о характеристиках почвы понять изменения электропроводности воды?
- Какова взаимосвязь между изменениями температуры и изменениями содержания растворенного в воде кислорода? Взаимосвязаны ли другие параметры с изменениями температуры?
- Наблюдаются ли сезонные изменения содержания в воде растворенного кислорода? Какие другие параметры подвергаются сезонным изменениям?
- Изучите изменения уровня pH в водоемах, исследуемых учащимися школ, сообщивших различные уровни щелочности воды. В каких водоемах значения pH варьируют больше — в водоемах с высоким уровнем щелочности или в водоемах с низким уровнем щелочности?
- Постройте график изменения количества осадков на вашем участке исследований. Какие гидрологические параметры изменяются, когда наблюдается большое количество осадков? Пользуясь точечными или контурными картами, предусмотренными в базе данных программы GLOBE, найдите другие районы, в которых недавно наблюдалось большое количество осадков. Как изменялись химические характеристики водоемов на этих участках после дождя?

Можно ли сформулировать новые вопросы на основе данных, собранных на протяжении более длительного периода времени? Запишите эти вопросы и попросите учащихся предложить методику дальнейших исследований.

Рекомендации. Пользуясь картами, содержащимися в базе данных GLOBE, найдите участки исследований, расположенные на той же широте, чтобы сравнить их характеристики. Определите «контрольные участки», т. е. участки, характеристики которых сходны с характеристиками вашего участка исследований

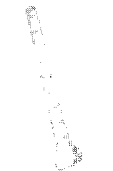


во всем, за исключением интересующего вас параметра. Например, можно сделать следующее.

1. Пользуясь электронной почтой GLOBEMail, запрашивайте информацию об участках исследований, не загруженную в базу данных программы GLOBE, и обменивайтесь результатами исследований с учащимися других школ.
2. Пользуйтесь графопостроительными программными средствами GLOBE, генерируя графики на основе данных, сообщенных двумя школами, и сравнивая эти графики.
3. Пользуйтесь топографическими картами, определяя границы водосборных бассейнов. Обратите особое внимание на один из заинтересовавших вас районов, отображенных на визуальных представлениях данных в базе данных программы GLOBE, и найдите участки исследований, расположенные в границах соответствующего водосборного бассейна. Постройте графики данных о химических характеристиках воды, зарегистрированные на участках, относящихся к одному и тому же водосборному бассейну, и попробуйте определить закономерности изменений характеристик воды на протяжении русла реки.

По мере добавления дополнительных данных в базу данных учащихся-участников программы GLOBE продолжайте поиск интересующих вас школ. Найдите школы, расположенные в местности, сходной с вашим районом. Похожи ли зарегистрированные этими школами гидрологические данные на данные, полученные вами?

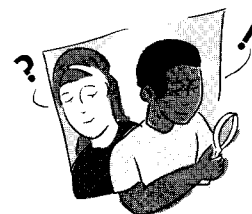
Попросите учащихся критически проанализировать полученные ими данные с использованием карт и графиков, с тем, чтобы выявить закономерности и необычные данные. Задавайте вопросы, ищите способы получать ответы на эти вопросы и начните исследования на своем участке.



Оценка успехов учащихся

Учащиеся должны уметь выявлять закономерности, аномалии и проблемы, связанные с наборами данных. Это умение может быть продемонстрировано в ходе обсуждений с участием всего класса. Можно также предлагать учащимся образцы графиков и просить их объяснить наблюдаемые закономерности, аномалии и замечаемые ими проблемы, анализируя данные в рамках письменного упражнения. Учащиеся должны уметь также продемонстрировать свое понимание объема информации, который может быть получен на основе наборов данных. Они должны уметь пользоваться графопостроительными программными средствами GLOBE, генерируя графики и анализируя собранные и подготовленные ими данные. Это занятие также позволяет учащимся понять такие измеряемые в рамках программы GLOBE параметры, как кислотность (pH), температура и щелочность воды. Уровень научного осмысления материала учащимися можно оценивать в контексте оценки понимания учащимися научных принципов анализа набора данных.

Открытие макрофауны беспозвоночных



Предназначение занятия

Определение разнообразия видов донных (обитающих на дне) крупных беспозвоночных на участке гидрологических исследований и изучение взаимосвязи между макрофауной беспозвоночных и результатами измерения химических характеристик воды.

Обзор

Учащиеся определяют показатель разнообразия донной макрофауны беспозвоночных, сортируя и подсчитывая организмы, собранные на участке исследований, знакомясь со многими таксонами (классификационными категориями) крупных беспозвоночных. Затем учащиеся изучают взаимосвязь между обнаруженными ими таксонами и результатами произведенных ими измерений химических характеристик воды.

Продолжительность занятия

Практическая подготовка: одно классное занятие.

Сбор образцов: одно классное занятие. Подсчет видов и расчет показателя: одно классное занятие.

Уровень подготовки учащихся

Любой.

Важнейшие концепции

Разнообразие видов зависит от химического состава воды.

Для выживания различных видов требуются различные условия.

Разнообразие видов можно определять методом статистически случайного отбора образцов.

Навыки

Расчет показателя разнообразия видов.

Случайный отбор образцов.

Изготовление инструментов.

Определение таксонов.

Определение требуемых условий обитания видов.

Измерение химических характеристик воды.

Приборы и материалы

Практическая подготовка

Неглубокий белый лоток или кювета (например, пенопластовый поддон из-под мяса) размером примерно 60 x 40 см.

Черный фломастер.

Линейка.

Конфеты-драже, конфетти для новогодних украшений или другие небольшие предметы различных цветов и форм для сортировки.

Лист ввода данных о составе макрофауны беспозвоночных.

Поддон для замораживания кубиков льда, используемый при сортировке таксонов.

Небольшие кусочки бумаги, пронумерованные от 1 до 50, для записи случайно генерированных чисел.

Занятия в полевых условиях

Комплект материалов для сортировки и отбора образцов (требуются 3 комплекта).

Неглубокий белый лоток для сортировки видов, размером примерно 30 x 20 см.

Неглубокий белый лоток для подсчета видов, размером примерно 60 x 40 см.

Черный фломастер, оставляющий несмываемые метки.

Поддон для замораживания кубиков льда, используемый при сортировке таксонов.

Кулинарный или смазочный шприц вместимостью 10-20 мл (с отверстием диаметром примерно 5 мм).

Большой пластиковый зажим или пинцет.

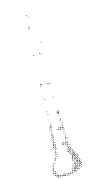
Увеличительное стекло.

Пастеровская пипетка, 3мл (пипетка для глазных капель) (с отверстием диаметром примерно 2 мм).

Четырехлитровый контейнер для сбора образцов с крышкой (или четыре литровых контейнера).

Набор пронумерованных кафельных плиток или бумажных листков.

Ведро для сливания воды через сетку.



Дополнительные контейнеры с крышками (если образцы макрофауны беспозвоночных перемещаются в классную комнату).

Лист ввода данных о составе макрофауны беспозвоночных.

В случае изучения фауны беспозвоночных в проточной воде или в местах с каменистым дном применяется **закидная сеть**:

Нейлоновая сеть 91 x 122 см (размер ячейки 2 мм).

Две стойки (длина 122 см, диаметр 1—2 см).
Зажимные скобы.

Две ленты джинсовой или другой плотной ткани (размером 8 x 122 см каждый).

Игла с нитками или плотная водонепроницаемая лента.

В случае изучения фауны беспозвоночных в спокойной (стоячей) воде или в местах с илистым дном применяется **сачок**:

Две нейлоновые сетки (размером 36 x 53 см каждая).

Три проволочных гардеробных плечика.

Лента из джинсовой или другой плотной ткани (8 x 91 см).

Игла с нитками или плотная водонепроницаемая лента.

Стойка высотой 152 см (например, ручка от метлы или граблей).

Зажим для труб с шириной захвата 4 см.

Подготовка

Изготовьте или приобретите сеть требуемого типа.

Скопируйте листы ввода данных о составе макрофауны беспозвоночных.

Приготовьте материалы, необходимые для отбора и сортировки образцов.

Найдите иллюстрации, изображающие местных крупных беспозвоночных, или книгу с такими иллюстрациями.

Предварительные условия

Учащиеся должны начать измерения и регистрацию химических характеристик воды в рамках программы GLOBE.

Предпосылки

Донные крупные беспозвоночные — небольшие, не имеющие внутреннего скелета животные, которых можно заметить невооруженным глазом, как правило, крупнее 1 мм, обитающие в иле или в слое гравия на дне водоемов. К этим беспозвоночным относятся личинки множества насекомых, таких, как комары, стрекозы и ручейники, начинающие свою жизнь в воде, а затем становящиеся насекомыми, обитающими на суше. К другим видам, относящимся к категории донных крупных беспозвоночных, относятся ракообразные (например, обычные речные раки), а также улитки, черви и пиявки. Количество этих существ, населяющих илистое или каменистое дно водоема, поразительно, и часто достигает нескольких тысяч особей на квадратный метр. Эти животные часто образуют важное звено пищевой цепи.

Крупные беспозвоночные позволяют многое сказать об условиях в водоеме. Многие из этих животных чувствительны к изменению кислотности воды (рН), содержания растворенного в воде кислорода, температуры, солености и других факторов среды обитания. Для выживания, роста и размножения того или

иного организма требуется постоянство характеристик воды на протяжении его жизни.

В ходе занятия *Открытие макрофауны беспозвоночных* учащиеся определяют показатель разнообразия видов на участке гидрологических исследований. Показатель разнообразия видов отражает количество различных видов организмов, обитающих в экологической системе. Этот показатель, однако, не отражает общее количество обитающих в системе видов. Например, в ручье с высокой кислотностью воды может обитать такое же количество животных, как и в ручье с меньшей кислотностью воды. Однако, так как некоторые типы (таксоны) крупных беспозвоночных не могут выжить в ручье с высокой кислотностью воды, показатель разнообразия видов для этого ручья будет ниже, т. е. количество различных типов (таксонов) беспозвоночных в этом ручье будет меньше. При этом в ручье с повышенной кислотностью воды может обитать большее количество организмов, относящихся в меньшему количеству типов, устойчивых к повышенной кислотности среды.

Порядок проведения занятия

Имеется ряд полезных справочных материалов, помогающих идентифицировать крупных беспозвоночных и изучать их состав. Некоторые из этих материалов перечислены в конце описания занятия.

1. Поручите учащимся изучить условия, в которых живут различные крупные беспозвоночные. Учащиеся могут пользоваться результатами собственных наблюдений, справочными материалами или таблицами, приведенными в конце описания этого занятия.
2. Попросите учащихся выдвинуть гипотезы, относящиеся к тому, каких крупных беспозвоночных можно найти в исследуемом ими водоеме в данное время года. Поручите им записывать результаты их исследований, их гипотезы и обоснования этих гипотез в научных дневниках участников программы GLOBE. Учащиеся могут зарисовать несколько распространенных крупных беспозвоночных в своих дневниках, сопровождая такие зарисовки примечаниями, которые помогут идентифицировать животных в полевых условиях.

Расчет показателя разнообразия макрофауны беспозвоночных в полевых условиях

Подготовка

Приготовьте материалы, необходимые для отбора образцов и определения показателя разнообразия видов в полевых условиях. Если это необходимо, изготовьте сеть для отбора образцов в соответствии с инструкциями, приведенными в конце описания этого занятия.

Примечание. Отбор образцов макрофауны беспозвоночных можно производить двумя методами, в зависимости от характеристик изучаемого водоема. Если наблюдается каменистое или гравийное дно и заметное течение, следует использовать закидную сеть. Если наблюдается илистое дно и течение не заметно, следует использовать сачок.

Перед выполнением работ в полевых условиях учащиеся должны пройти практическую подготовку, описание которой приведено ниже, в конце раздела. Это поможет учащимся приобрести необходимые практические навыки и понять концепцию статистически случайного отбора образцов.

Отбор образцов

Произведите измерения химических характеристик воды на участке исследований. **Примечание.** Убедитесь в том, что в воду можно безопасно заходить, и соблюдайте надлежащие меры обеспечения безопасности, когда учащиеся будут заходить в воду.

Отбор образцов с помощью закидной сети

1. Разделите класс на группы по 3—4 человека в каждой, и выдайте каждой группе ведро, сеть и набор материалов для отбора и сортировки образцов.
2. Поручите каждой группе учащихся определить место отбора образцов. Места отбора образцов должны находиться на расстоянии нескольких метров одно от другого, но относиться к различным участкам водоема — например, одно место отбора образцов может находиться на участке, заросшем травой, а другое — на каменистом участке.
3. Начиная с группы, находящейся дальше всего ниже по течению, поручайте одному или двум членам каждой группы взмутить донный осадок ногами, руками и (или) палками; при этом два человека должны держать поперек течения натянутую сеть, на 1-2 м ниже по течению от того места, где взмучивается донный осадок. Взмучивание донного осадка должно продолжаться как минимум одну минуту. Следует также переворачивать камни и соскребать налипший на них материал. Если глубина воды в месте отбора образцов превышает половину метра, не позволяйте учащимся заходить в воду, исходя из соображений безопасности.
4. Поднимите сеть из воды, перемещая нижний край сети вверх по течению под дну водоема так, чтобы не упустить материал, который может проскользнуть между нижним краем сети и дном. Наберите 100—200 мл воды из изучаемого водоема и промойте сеть над сортировочным лотком, чтобы скопившийся в сети материал остался в лотке.
5. Поручите двум членам каждой группы учащихся выбирать организмы из полученного материала кулинарным шприцем или пластиковым пинцетом и



складывать их в контейнеры, заполненные водой из изучаемого водоема.

- Повторите выполнение операций 3—5 в отношении каждой группы учащихся, с тем, чтобы собрать образцы, дающие представление о фауне на различных участках водоема. **Примечание.** Если место отбора образцов достаточно мелководно, постарайтесь собрать образцы со всей площади поперечного сечения водоема.



Сбор образцов с помощью сачка

- Разделите класс на группы по 3—4 человека в каждой, и выдайте каждой группе ведро, сеть и набор материалов для отбора и сортировки образцов.
- Поручите каждой группе учащихся определить место отбора образцов. Места отбора образцов должны находиться на расстоянии нескольких метров одно от другого, но относиться к различным участкам водоема — например, одно место отбора образцов может находиться на участке, заросшем травой, а другое — на каменистом участке.
- Поручите первой группе учащихся погрузить сеть в воду так, чтобы она достигла донного субстрата, и взмутить донный субстрат, поддевая его сачком на глубину примерно 30 см. Протащите сачок по дну участка сбора образцов на расстояние примерно 30 см, после чего выньте сачок из воды.
- Вытаскивая сеть из воды, проследите за тем, чтобы собранный материал не выпадал. Наберите 100—200 мл воды из изучаемого водоема и промойте сачок над сортировочным лотком, чтобы скопившийся в сачке материал остался в лотке.
- Поручите двум членам каждой группы учащихся выбирать организмы из полученного материала кулинарным шприцем или пластиковым пинцетом и складывать их в контейнеры, заполненные водой из изучаемого водоема.
- Повторите выполнение операций 3—5 в отношении каждой группы учащихся, с тем, чтобы собрать образцы, дающие представление о фауне на различных участках водоема. **Примечание.** Если



H₂O



место отбора образцов достаточно мелководно, постарайтесь собрать образцы со всей площади поперечного сечения водоема.

Расчет показателя разнообразия видов

- Расчертите дно лотка для подсчета образцов квадратными клетками со стороной 4 см.
- Последовательно пронумеруйте эти квадратные клетки.
- Слейте воду с образцом в лоток так, чтобы собранные организмы были более или менее однородно распределены по площади лотка в слое воды толщиной примерно 1 мм.
- Поручите одному из учащихся вытащить из пачки листок бумаги со случайным номером.
- Поручите другому учащемуся найти клетку на дне лотка с этим номером и вынуть один организм, находящийся на этой клетке, с помощью пипетки или пластикового пинцета. Поместите этот организм (организм № 1) в тарелку с водой. **Примечание.** Если на клетке с соответствующим номером нет организмов, вытащите листок бумаги с другим номером.
- Поставьте крестик на листе ввода данных, отметив организм № 1.
- Возьмите организм № 2 с той же клетки или, если на этой клетке больше нет организмов, вытащите листок бумаги с другим номером и возьмите организм с соответствующей клетки.
- Поместите организм № 2 в тарелку с водой вместе с организмом № 1.
- Если организм № 2 относится к тому же типу животных, что и организм № 1, поставьте крестик на листе ввода данных. Если этот организм относится к другому типу животных, поставьте кружок на листе ввода данных.
- Поместите организм № 1 в одно из отделений лотка для замораживания кубиков льда или в один из контейнеров для сортировки образцов животных, относящихся к различным таксонам.

11. Возьмите организм № 3 с той же клетки или, если на этой клетке больше нет организмов, вытащите листок бумаги с другим номером и возьмите организм с соответствующей клетки.
12. Поместите организм № 3 в тарелку с водой вместе с организмом № 2.
13. Если организм № 3 относится к тому же типу животных, что и организм № 2, поставьте на листе ввода данных тот же знак, который был поставлен в отношении организма № 2. Если этот организм относится к другому типу животных, поставьте другой (второй) знак.
14. Поместите организм № 2 в одно из отделений лотка для замораживания кубиков льда. Если он относится к тому же типу животных, что и организм № 1, поместите его в то же отделение лотка. Если он относится к другому типу животных, поместите его в новое отделение.
15. Продолжайте вытаскивать листки со случайными номерами и брать образцы, отмечая каждый из них крестиком или кружком на листе ввода данных, в зависимости от соответствия нового организма предыдущему, и сортируя их по таксонам в отделениях лотка для кубиков льда до тех пор, пока не будет отобрано 50 организмов.
16. Подсчитайте количество групп последовательных одинаковых знаков, отмеченных на листе ввода данных (см. приведенный ниже пример), и зарегистрируйте это число.
17. Разделите количество групп последовательных одинаковых знаков на количество подсчитанных организмов (50) и зарегистрируйте полученный результат на листе ввода данных.
18. Подсчитайте количество различных таксонов (типов) организмов, которые вам удалось обнаружить в вашем образце, и зарегистрируйте это число.
19. Найдите произведение двух последних чисел и зарегистрируйте результат. Это значение показателя разнообразия видов.
20. Поручите учащимся как можно большее количество различных таксонов (типов) собранных организмов.

Пример расчета на листе ввода данных:

X X O O O X O O X
1—2—3 4—5

В данном случае было зарегистрировано 5 групп последовательных одинаковых знаков.

Дальнейшие исследования

1. Учащиеся должны идентифицировать как можно большее количество типов крупных беспозвоночных, обнаруженных в образце.
2. Сравните выдвинутые учащимися гипотезы с фактическим составом макрофауны беспозвоночных.
3. Сформулируйте гипотезы относительно того, какими условиями объясняется присутствие не ожидавшихся типов животных и почему некоторые из ожидавшихся таксонов отсутствуют.
4. С помощью сервера базы данных программы GLOBE найдите школы, участки гидрологических исследований которых сходны с вашим участком. Начните поиск со школ, расположенных на территории вашего водосборного бассейна или расположенных на той же широте и на той же высоте над уровнем моря, изучаемые водоемы которых отличаются сходными кислотностью, температурой, содержанием растворенного кислорода и соленостью.
5. Пользуясь электронной почтой GLOBE-Mail, свяжитесь с этими школами и узнайте, каких крупных беспозвоночных удалось обнаружить учащимся этих школ.

Параметры среды обитания отдельных крупных беспозвоночных



Диапазон кислотности воды (pH) для отдельных крупных беспозвоночных*

ТАКСОНЫ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Поденки Веснянки Ручейники							XXXX							
Улитки Двустворчатые моллюски Прочие моллюски							XXXXXXXXXX							



* Большинство организмов не выживает, если pH воды составляет от 1 до 6 или от 10 до 14.

Диапазон температуры воды для отдельных крупных беспозвоночных

ТАКСОНЫ	Холодная вода (<12,8°C)	Умеренная температура (12,8—20°C)	Теплая вода (>20°C)
Ручейники	X	X	X
Веснянки	X	X	
Поденки	X	X	
Личинки жуков Psephenidae	X		
Жуки-плавунцы			X
Водомерки			X
Стрекозы			X



Минимальные уровни растворенного кислорода для отдельных крупных беспозвоночных

ТАКСОНЫ	Высокий диапазон (8—10 частей на миллион)	Средний диапазон (4—8 частей на миллион)	Низкий диапазон (0—4 части на миллион)
Веснянки	X		
Личинки жуков Psephenidae	X		
Ручейники	X	X	
Некоторые поденки	X	X	
Разнокрылые стрекозы		X	
Клопы		X	
Равнокрылые стрекозы (стрелки, красотки)		X	
Комары			X
Галлицы, мокрецы			X
Трубчатые черви			X
Улитки			X
Крыски			X



H₂O



Практическая подготовка к подсчету показателя разнообразия видов

1. Расчертите дно лотка для подсчета образцов квадратными клетками со стороной 4 см.
2. Последовательно пронумеруйте эти квадратные клетки.
3. Разбросайте сортируемые мелкие предметы по лотку так, чтобы они были более или менее равномерно распределены по площади лотка.
4. Поручите одному из учащихся вытащить из пачки листок бумаги со случайным номером.
5. Поручите другому учащемуся найти клетку на дне лотка с этим номером и вынуть один предмет, находящийся на этой клетке, с помощью пипетки или пластикового пинцета. Поместите этот предмет (предмет № 1) в тарелку с водой. Примечание. Если на клетке с соответствующим номером нет никаких предметов, вытащите листок бумаги с другим номером.
6. Поставьте крестик на листе ввода данных, отметив предмет № 1.
7. Возьмите предмет № 2 с той же клетки или, если на этой клетке больше нет никаких предметов, вытащите листок бумаги с другим номером и возьмите предмет с соответствующей клетки.
8. Поместите предмет № 2 в тарелку с водой вместе с предметом № 1.
9. Если предмет № 2 относится к тому же типу, что и предмет № 1, поставьте крестик на листе ввода данных. Если этот предмет относится к другому типу, поставьте кружок на листе ввода данных.
10. Поместите предмет № 1 в одно из отделений лотка для замораживания кубиков льда или в один из контейнеров для сортировки образцов, относящихся к различным типам.
11. Возьмите предмет № 3 с той же клетки или, если на этой клетке больше нет никаких предметов, вытащите листок бумаги с другим номером и возьмите предмет с соответствующей клетки.
12. Поместите предмет № 3 в тарелку с водой вместе с предметом № 2.
13. Если предмет № 3 относится к тому же типу, что и предмет № 2, поставьте на листе ввода данных тот же знак, который был поставлен в отношении предмета № 2. Если этот предмет относится к другому типу, поставьте другой (второй) знак.
14. Поместите предмет № 2 в одно из отделений лотка для замораживания кубиков льда. Если он относится к тому же типу, что и предмет № 1, поместите его в то же отделение лотка. Если он относится к другому типу, поместите его в новое отделение.
15. Продолжайте вытаскивать листки со случайными номерами и брать образцы, отмечая каждый из них крестиком или кружком на листе ввода данных, в зависимости от соответствия нового предмета предыдущему, и сортируя их по категориям в отделениях лотка для кубиков льда до тех пор, пока не будет отобрано 50 предметов.
16. Подсчитайте количество групп последовательных одинаковых знаков, отмеченных на листе ввода данных (см. приведенный ниже пример), и зарегистрируйте это число.
17. Разделите количество групп последовательных одинаковых знаков на количество подсчитанных предметов (50) и зарегистрируйте полученный результат на листе ввода данных.
18. Подсчитайте количество различных категорий (типов, таксонов) предметов, которые вам удалось обнаружить в вашем образце, и зарегистрируйте это число. Найдите произведение двух последних результатов.

ЛОТК ДЛЯ КЛАССИФИКАЦИИ ОБРАЗЦОВ

Таксон 1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Таксон 2	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Таксон 3	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Таксон 4	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60



Дальнейшая практическая подготовка

Поручите учащимся рассчитать показатель разнообразия видов, используя меньшее количество категорий (типов, таксонов) или различные количества предметов, относящихся к различным категориям. Сравните полученные результаты.



Пример расчета на листе ввода данных:

XX 000 X 00 X

№ предмета: 1 2 3 4 5 6 7 8 9

Группы знаков: 1--2----3 4--5

В приведенном выше примере предметы № 1 и № 2 относились к одной категории. Предмет № 3 относился к другой категории, нежели предмет № 2. Предметы № 4 и № 5 относились к той же (второй) категории, что и предмет № 3. Предмет № 6 относился к другой категории (первой или третьей), нежели предмет № 5, и т. д. Всего было зарегистрировано 5 групп последовательных одинаковых знаков.



Справочные материалы и пособия по идентификации пресноводных донных крупных беспозвоночных

Caduto, M. J. [Кадутто М. Дж.] (1990), *Pond and Brook: A Guide to Nature Study in Freshwater Environments*, [«Пруд и ручей: руководство по изучению естественных пресноводных сред»], 2-е изд., Prentice-Hall, Нью-Джерси.

Cromwell, Mare et al. [Кроммуэлл, Мэр и др.] (1992), *Investigating Streams and Rivers*, [«Изучение ручьев и рек»], в серии GREEN, Университет штата Мичиган, г. Энн-Арбор.

Maitland, Peter S. [Мэйтленд Питер С.] (1990), *Biology of Fresh Waters*, [«Биология пресных вод»], изд. Blackie, Glasgow and London.

Merritt, R. E. and K. W. Cummins [Меррит Р. Э. и Камминс К. У.] (1988), *An Introduction to the Aquatic Insects of North America*, [«Водные насекомые Северной Америки: введение»], изд. Kendall-Hunt Publishing Co., г. Дюбюк, штат Айова.

Mitchell, Mark K. and Stapp, William B. [Митчелл Марк К. и Стапп Уильям Б.] (1996), *Field Manual for Water Quality Monitoring*, [«Руководство по контролю качества воды в полевых условиях»], Энн-Арбор, штат Мичиган, 48104.

McCafferty, P. W. [Маккафферти П. У.] (1981), *Aquatic entomology: The Fishermen's and Ecologist's Guide to Insects and Their Relatives*,

[«Насекомые и их родственники: гидроэнтомологический справочник для рыбаков и экологов»], изд. Jones and Barlett Publishers, Inc., Калифорния.

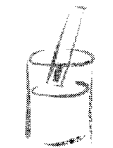
Needham, James G. [Нидэм Джеймс Дж.] (1962), *A Guide to the Study of Fresh-Water Biology*, [«Руководство по исследованию биологии пресноводных организмов»], изд. Holden-Day, Inc., Сан-Франциско.

Pennok, Robert. [Пеннок Роберт] (1973), *Freshwater Invertebrates of the United States*, [«Пресноводные беспозвоночные США»], изд. Ronald Press, Нью-Йорк.

River Watch Network [Сеть организаций речного контроля]; адрес: 153 State St., Montpelier, Vermont 05602.

Save Our Streams [«Спасите наши реки»], The Izaak Walton League of America [Американская лига им. Айзека Уолтона], адрес: 1800 North Kent Street, Suite 806, Arlington, Virginia 22209.

Видеофильм (17 мин.): *Identification of the Benthic Macroinvertebrates* [Идентификация донных крупных беспозвоночных]; Edward A. Deschuytner [Эдвард Э. Дешайтнер], Northern Essex Community College [Колледж Северного Эссекса], адрес: Elliott Way, Haverhill, MA 01830-2399.



H₂O



Инструкции по изготовлению сетей для сбора крупных беспозвоночных

Изготовление закидной сети

1. Вложите край длинной стороны сети в сложенную вдвое ленту плотной ткани размером 8 x 122 см и пришейте ленту к сети, чтобы укрепить край сети.
2. Укрепите противоположный край длинной стороны сети таким же образом.
3. Прикрепите сеть к стойкам зажимными скобами так, чтобы нижние концы стоек совпадали с нижним краем сети и чтобы стойки выступали над верхним краем сети, образуя ручки.
4. Оберните сеть вокруг стоек, сделав несколько витков, чтобы закрепить края сети, и снова закрепите сеть на стойках зажимными скобами.

Изготовление сачка

1. Вырежьте сеть из двух кусков нейлоновой сетки размером 36 x 53 см каждый (см. схему) и шейте их вместе.

2. Укрепите передний край сети плотной тканью, оставив отверстие, позволяющее вставить проволочное плечико в ткань, как в чехол.
3. Отрежьте крючки от проволочных плечиков и распрямите скрученные концы проволоки плечиков.
4. Пользуясь плотной липкой лентой для герметизации труб, обмотайте лентой несколько проволочных плечиков, чтобы утяжелить и усилить конструкцию рамы.
5. Вставьте проволочную раму в чехол из плотной ткани, укрепляющей передний край сети, и скрутите вместе проволочные концы плечиков, выступающие из отверстия.
6. Просверлите отверстие в конце деревянной ручки, достаточно большое, чтобы в него вошли скрученные проволочные концы плечиков. Вставьте скрученные концы плечиков в это отверстие. Закрепите сеть на ручке, пользуясь крючком, отрезанным от плечиков и зажимом для труб (хомутом) или лентой для герметизации труб, так, чтобы крючок плотно обжимал деревянную ручку.

Рис. HYD-L-14. Изготовление закидной сети.

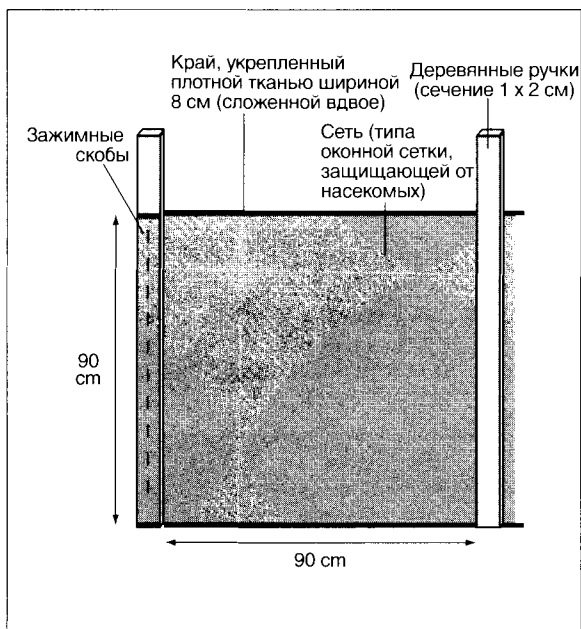
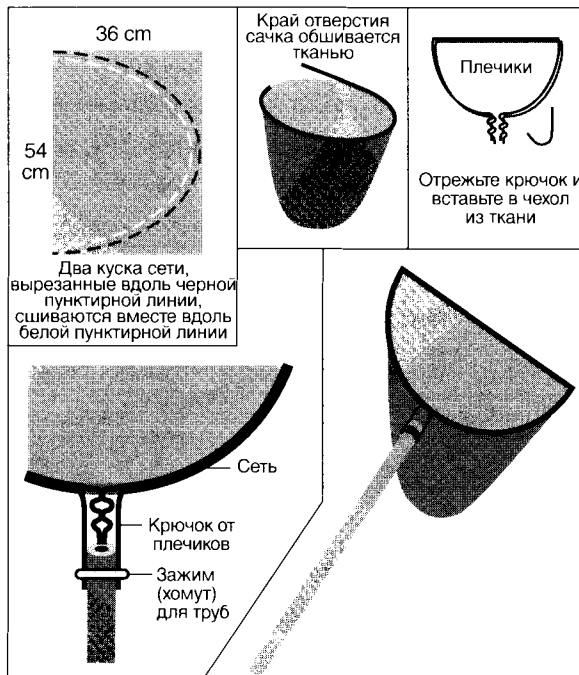
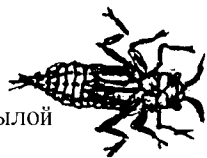


Рис. HYD-L-15. Изготовление сачка.

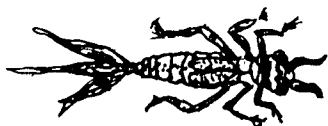


Примеры крупных беспозвоночных

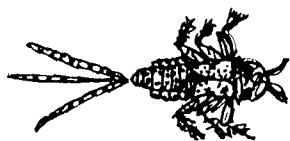
1. Нимфа разнокрылой стрекозы



2. Нимфа равнокрылой стрекозы



3. Нимфа поденки



4. Нимфа веснянки



5. Личинка ручейника



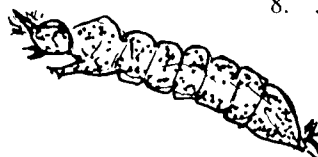
6. Личинка вертячки



7. Пресноводный равноногий рачок



8. Личинка мошки



9. Личинка коридалы



10. Личинка галлицы



11. Личинка долгоножки



12. Личинка жука Psephenidae



13. Личинка комара

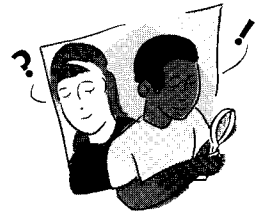


14. Рачок-бокоплав





Моделирование водяного баланса



Предназначение занятия

Моделирование изменений содержания воды в почве на протяжении года на основе значений температуры, широты и количества осадков, измеренных в рамках программы GLOBE, а также дальнейшее сравнение полученной модели с данными о содержании воды в почве и биометрическими данными, зарегистрированными участниками программы GLOBE.

Обзор

Учащиеся создают физическую модель баланса содержания воды в почве с использованием стеклянных химических стаканов, иллюстрирующих характеристика разреза почвы. Они используют данные, хранящиеся в базе данных учащихся-участников программы GLOBE, рассчитывая скорость потенциальной эвапотранспирации (количество воды, необходимое для удовлетворения потребности в воде на протяжении месяца), а также средние ежемесячные значения температуры и количества осадков, относящиеся к их модели.

Продолжительность занятия

Расчет значений: одно классное занятие.

Построение модели: одно классное занятие.

Проверка гипотез: одно классное занятие.

Уровень подготовки учащихся

Средний и высокий.

Важнейшие концепции

Почва содержит воду.

Почва характеризуется определенной способностью к удержанию воды.

Повышение температуры и увеличение продолжительности дневного освещения приводят к повышению скорости эвапотранспирации.

Количество выпавших осадков не равно количеству воды, содержащейся в почве.

Содержание воды в почве связано с активностью роста растений.

Навыки

Измерение объема и длины.

Выполнение инструкций.

Построение моделей.

Считывание данных с помощью сервера базы данных учащихся-участников программы GLOBE.

Чтение графиков.

Расчет средних значений.

Проверка гипотез с использованием моделей.

Построение графиков, полученных в рамках программы GLOBE.

Приборы и материалы

14 химических стаканов, обычных стеклянных стаканов или мензурок высотой примерно 20—25 см каждый, или достаточно высоких для того, чтобы они вмещали общее количество осадков, выпавших за самые дождливые месяцы, наблюдавшиеся на моделируемом участке).

Вода (или другой материал, иллюстрирующий количество выпавших осадков, например, сухой рис).

Красный и черный фломастеры.

Линейка.

Данные, полученные с помощью образцов почвы или загруженные из базы данных GLOBE.

Подготовка

Учащиеся с высоким уровнем подготовки регистрируют значения температуры и количества осадков, координаты (с помощью GPS), содержание воды в почве, количество биомассы и гидрологические данные на участке исследований по программе GLOBE.

Предварительные условия

Умение производить простые математические расчеты, читать графики и пользоваться сервером базы данных GLOBE.



Предпосылки

Количество воды, содержащейся в почве на вашем участке исследований, можно оценить, рассчитав водной баланс на этом участке. Содержание воды в почве изменяется в зависимости от баланса между количеством воды, накопившейся в результате выпадения осадков, и количеством воды, потерянной в результате испарения и транспирации растений. Показатель общего количества воды, потерянной в результате испарения и транспирации, называется скоростью эвапотранспирации. Максимальная скорость эвапотранспирации наблюдается в случае наличия беспрепятственного доступа растений к воде; такая скорость эвапотранспирации называется потенциальной эвапотранспирацией. Содержание воды в почве - важнейший фактор, определяющий состав растительности на участке исследований. Содержание воды в почве зависит от нескольких факторов, таких, как температура, продолжительность дневного солнечного освещения, плотность земного покрова и количество осадков. Можно предположить, на первый взгляд, что наибольшее содержание воды в почве должно наблюдаться в месяцы, отличающиеся наибольшим количеством осадков. Это может быть так или не так. Если температура достаточно высока, большинство осадков успевают испариться. Ученые изучают водной баланс с тем, чтобы предсказывать время начала роста растений и время, на протяжении которого растения находятся в стрессовой ситуации в связи с отсутствием достаточного количества воды.

Подготовка к проведению занятия

Обсудите с учащимися важность содержания воды в почве. Для того, чтобы продемонстрировать способность почвы к удержанию различных количеств воды, можно провести занятие *Проходя мимо*.

Скопируйте и раздайте учащимся рабочие листы ввода данных.

Порядок проведения занятия

Изучите данные, приведенные на рис. HYD-L-16.

Количество осадков: общее количество осадков, выпавших за месяц.

Потенциальная эвапотранспирация (PE): общее количество воды, которое было бы потеряно в результате испарения и транспирации растений, если бы растения имели постоянный доступ к воде.

Излишек воды: количество осадков, превышающее уровень потенциальной эвапотранспирации.

Дополнительное необходимое количество воды: количество хранящейся в природных резервуарах воды, необходимой для восполнения недостатка осадков.

Количество хранящейся воды: количество воды, содержащейся в почве и доступной для растений (не может превышать 100 мм осадков, потому что такова максимальная способность почвы данного участка к удержанию воды).

Дефицит воды: количество воды, необходимое сверх количества осадков и количества воды, содержащейся в почве.

Рис. HYD-L-16. Таблица водного баланса, данные для практической подготовки, полученные на горе Леммон в штате Аризона.

Месяцы	Янв	Фев	Мар	Апр	Май	Июн	Июл	Авг	Сен	Окт	Ноя	Дек	Итого
Количество осадков (мм)	69	23	98	56	9	23	183	71	23	32	68	54	
Потенциальная эвапотранспирация (PE в мм)	13	7	16	33	64	99	101	96	86	60	27	7	
Излишек воды													
Дополнительное необходимое количество воды													
Количество хранящейся воды													
Дефицит воды													
Сток													
Температура (°C)	2	2	4	8	12	17	18	17	16	12	7	3	



Сток: вода, потерянная в результате стока в те периоды, когда количество осадков превышает уровень потенциальной эвапотранспирации и максимальную способность почвы к удержанию воды.

Температура: средняя температура за месяц.



1. В какие месяцы наблюдалось наибольшее и наименьшее количество осадков?
2. Какой месяц был самым теплым? Какой месяц был самым холодным?
3. В какие месяцы уровень потенциальной эвапотранспирации (PE) превышал количество осадков?
4. В какие месяцы можно ожидать стока излишнего количества осадков?
5. Сформулируйте гипотезу относительно того, в какой месяц или в какие месяцы может наблюдаться дефицит воды. Запишите вашу гипотезу и ее обоснование в научном дневнике участника программы GLOBE.

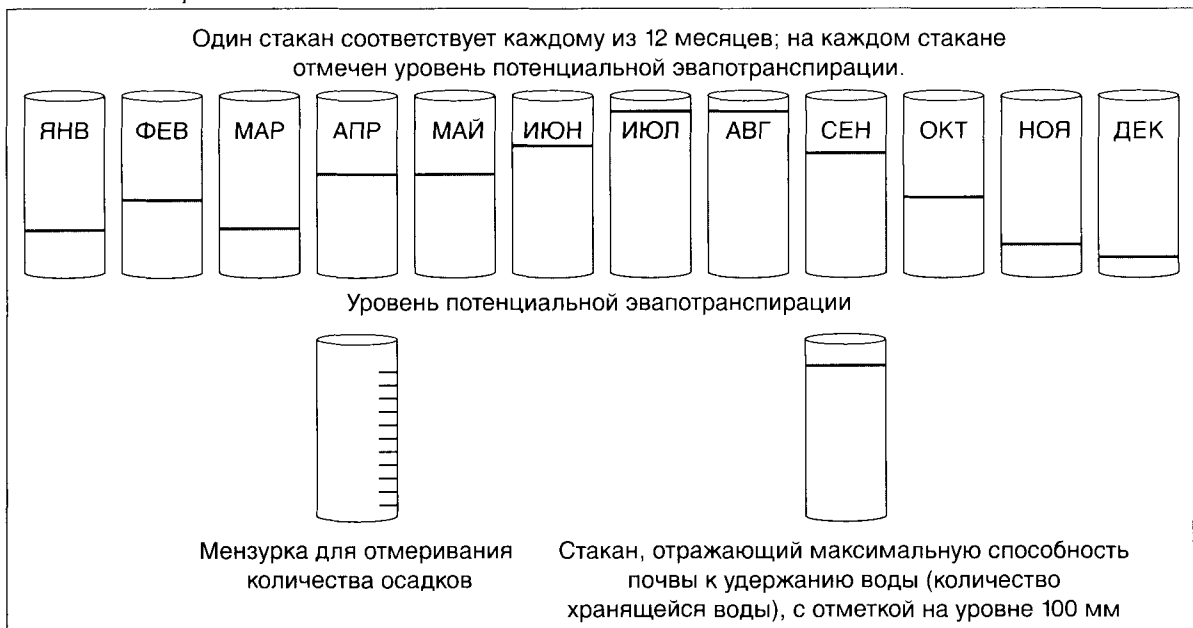


Построение модели

1. Выставьте 12 сосудов (стеклянных стаканов, мензурок), представляющих 12 месяцев года. Закрепите на них ярлыки с обозначениями месяцев, от января до декабря (см. рис. HYD-L-17).
2. Найдите в таблице количество потенциальной эвапотранспирации (PE), необходимой за каждый месяц.



Рис. HYD-L-17. Подготовка модели водного баланса



H₂O



Сделайте отметку на каждом сосуде, соответствующую количеству осадков, соответствующему потенциальной эвапотранспирации (PE) за каждый месяц.

3. Обозначьте 13-й сосуд в качестве сосуда, отражающего количество хранящейся воды. Сделайте отметку на этом сосуде, на высоте 100 мм, чтобы обозначить уровень максимального содержания воды в почве.

Использование модели

1. Начните моделирование водного баланса, отмерив с помощью мензурки или химического стакана количество осадков, выпавшее в январе. Затем выполните приведенные ниже инструкции в отношении каждого месяца.
 - Если за месяц выпало количество осадков, превышающее уровень потенциальной эвапотранспирации, заполните соответствующий этому месяцу сосуд только до отметки уровня потенциальной эвапотранспирации, после чего слейте оставшуюся воду из мензурки для отмеривания количества осадков в сосуд, отражающий количество хранящейся воды.

- Если сосуд, отражающий количество хранящейся воды, будет заполнен до отметки 100 мм, остающееся количество воды относится к стоку, и ее можно вылить в раковину.
 - Если за месяц выпало количество осадков, не достигающее уровня потенциальной эвапотранспирации, слейте всю воду, отражающую количество осадков, в соответствующий данному месяцу сосуд, после чего возьмите сосуд, отражающий количество хранящейся воды, и отлейте из него воду в соответствующий данному месяцу сосуд так, чтобы уровень воды достиг отметки уровня потенциальной эвапотранспирации.
 - Если после добавления в соответствующий данному месяцу сосуд всей воды, отражающей количество осадков и всей воды, отражающей количество хранящейся воды, уровень воды все еще не достигнет отметки уровня потенциальной эвапотранспирации, сделайте красную отметку на стакане на уровне воды, чтобы определить дефицит воды.
2. По мере приготовления модели водяного баланса заполняйте рабочий лист с таблицей водяного баланса соответствующими данными за каждый месяц. (Пользуйтесь образцом таблицы водяного баланса на рабочем листе.)
 3. Повторите перечисленные выше операции в отношении каждого из месяцев года. Выполняйте операции в последовательности, соответствующей чередованию месяцев, чтобы знать, сколько хранящейся воды остается на протяжении каждого следующего месяца.

Примечания

1. Вместо воды можно пользоваться песком, рисом или другим сыпучим материалом.
2. Постарайтесь начать выполнение инструкций с января, а затем начните построение модели с октября. В США и некоторых других странах гидрологи отсчитывают начало «гидрологического года» с октября, перед началом накопления снега. Одинаковы ли результаты, получаемые в обоих случаях?

Обсуждение результатов

1. В какие месяцы наблюдался дефицит воды? Согласуется ли это наблюдение с вашей гипотезой? Узнали ли вы о существовании каких-либо переменных параметров, которые вы теперь приняли бы во внимание, выдвигая гипотезу в отношении времени наступления дефицита воды на вашем участке?
2. Всегда ли дефицит воды наблюдается в месяцы, отличающиеся наименьшим количеством осадков?
3. Всегда ли дефицит воды наблюдается в месяцы, отличающиеся самой высокой температурой?
4. В течение каких месяцев можно ожидать наводнение? Предложите обоснование вашей гипотезы.

Проверка других гипотез с помощью модели

Сформулируйте гипотезы, предсказывающие изменения водяного баланса в зависимости от изменения переменных параметров.

1. Что происходит, когда зимой наблюдается повышенная влажность? (Ответ: увеличение количества зимних осадков)
2. Что происходит, когда наблюдается необычно засушливое лето? (Ответ: уменьшение количества летних осадков)
3. Что происходит, если наблюдается необычно высокая температура летом? (Ответ: повышение уровня потенциальной эвапотранспирации (PE) в летние месяцы)
4. Что происходит, если количество хранящейся воды увеличивается, например, в результате постройки искусственного резервуара? (Ответ: количество хранящейся воды увеличивается до уровня 150 мм)

Проверьте свои гипотезы путем измерения переменных параметров таблицы и повторного применения модели.



Адаптация материала для старшекласников

Поручите учащимся заполнить лист данных с таблицей водяного баланса данными, полученными ими самостоятельно, или полученными на другом участке (с помощью базы данных GLOBE).



1. Определите среднее количество осадков за каждый месяц и заполните соответствующие сосуды.
2. Определите среднюю температуру за каждый месяц и заполните строку «Температура» в таблице.
3. Определите широту вашего участка и зарегистрируйте ее в таблице.
4. Определите уровень потенциальной эвапотранспирации (PE) за каждый месяц и заполните соответствующую строку таблицы. (Уровень потенциальной эвапотранспирации можно рассчитать с помощью рабочего листа «Расчет потенциальной эвапотранспирации», включенного в раздел «Приложения».)



5. Определите разницу между количеством осадков и уровнем потенциальной эвапотранспирации за каждый месяц.
 - Если за месяц выпало количество осадков, превышающее уровень потенциальной эвапотранспирации, внесите данные в строку «Потенциальная эвапотранспирация».
 - Кроме того, введите разницу в строку «Дефицит воды», прибавив к зарегистрированному значению разницы количество хранящейся воды, оставшейся с прошлого месяца. **Примечание.** При регистрации данных за первый месяц количество хранящейся воды за предыдущий месяц не прибавляется; просто введите значение разницы.
 - Количество хранящейся воды не может быть меньше нуля или превышать 100 мм. Количество воды, превышающее уровень 100 мм, относится к стоку (выливается).
 - Если за месяц выпало количество осадков, не достигающее уровня потенциальной эвапотранспирации, внесите значение разницы в строку «Дефицит воды».

Рис. HYD-L-18. Образец графика количества осадков, уровня потенциальной эвапотранспирации (PE) и фактического уровня эвапотранспирации.



H₂O



- Найдите разницу между количеством хранящейся воды, оставшимся с предыдущего месяца, и дефицитом воды за текущий месяц.
 - Введите значение этой разницы в строку «Количество хранящейся воды» за текущий месяц, если оно больше нуля.
 - Если значение разницы меньше нуля, введите значение 0 в строку «Количество хранящейся воды» и полученное значение разницы в строку «Дефицит воды».
6. Кроме того, учащиеся должны рассчитать фактическое количество воды, потерянной в результате эвапотранспирации:

если количество осадков больше уровня потенциальной эвапотранспирации, то фактический уровень эвапотранспирации равен уровню потенциальной эвапотранспирации;

если количество осадков меньше уровня потенциальной эвапотранспирации (если количество хранящейся воды не равно нулю), то фактический уровень эвапотранспирации равен сумме количества осадков и дополнительного необходимого количества воды.

Прибавлять в качестве дефицита воды можно количество, не превышающее количество остающейся за прошлый месяц хранящейся воды.

Постройте графики изменения количества осадков, фактического уровня эвапотранспирации и уровня потенциальной эвапотранспирации (PE) для участка исследований, откладывая месяцы по оси абсцисс и количество воды в миллиметрах по оси ординат (см. рис. HYD-L-18). Изучите графики и заштрихуйте области, соответствующие периодам избытка и дефицита воды, использования оставшейся хранящейся воды и пополнения запаса хранящейся воды, а также стока.

Предложите гипотезы, относящиеся к возможности корреляции других переменных параметров в зависимости от данных водного баланса. Пользуйтесь сервером базы данных GLOBE, чтобы обосновать свои гипотезы.

1. Изучите полученные участниками программы GLOBE данные о содержании воды в почве на участке, в отношении которого вы моделировали водной баланс. Какая корреляция наблюдается между вашей моделью и фактическими данными о содержании воды в почве?
2. Сравните данные о количестве биомассы, полученные в рамках программы GLOBE на участке, в отношении которого вы моделировали водной баланс, с данными о водном балансе. Насколько сходны эти данные? Наблюдается ли наибольшее количество биомассы в периоды наибольшей доступности воды?
3. Постройте графики зарегистрированных вами значений химических характеристик воды. Существуют ли какие-либо признаки изменений водного баланса, которые способны повлиять на качество воды в водоеме?

Гидрологические исследования

Рабочий лист с таблицей водного баланса

Месяцы	Янв	Фев	Мар	Апр	Май	Июн	Июл	Авг	Сен	Окт	Ноя	Дек	Итого
Количество осадков (мм)													
Потенциальная эвапотранспирация (PE в мм)													
Излишек воды													
Дополнительное необходимое количество воды													
Количество хранящейся воды													
Дефицит воды													
Сток													
Температура (°C)													

Образец: заполненная таблица водного баланса (данные получены на горе Леммон в штате Аризона, США)

Месяцы	Янв	Фев	Мар	Апр	Май	Июн	Июл	Авг	Сен	Окт	Ноя	Дек	Итого
Количество осадков (мм)	69	23	98	56	9	23	183	71	23	32	68	54	
Потенциальная эвапотранспирация (PE в мм)	13	7	16	33	64	99	101	96	86	60	27	7	
Излишек воды	56	16	82	23			82				41	47	
Дополнительное необходимое количество воды					55	76		25	63	28			
Количество хранящейся воды	56	72	100	100	45	0	82	57	0	0	41	88	
Дефицит воды						31			6	28			
Сток			54	23									
Фактическая эвапотранспирация	13	7	16	33	64	68	101	96	80	32	27	7	
Температура (°C)	2	2	4	8	12	17	18	17	16	12	7	3	

Гидрологические исследования

Рабочий лист с таблицей водяного баланса

Этот рабочий лист позволяет рассчитывать уровень потенциальной эвапотранспирации (PE) для любого участка исследований с использованием данных о температуре и широте, полученных с помощью сервера GLOBE. Затем можно использовать значения уровня потенциальной эвапотранспирации в ходе занятия «Моделирование водяного баланса».

Этап 1

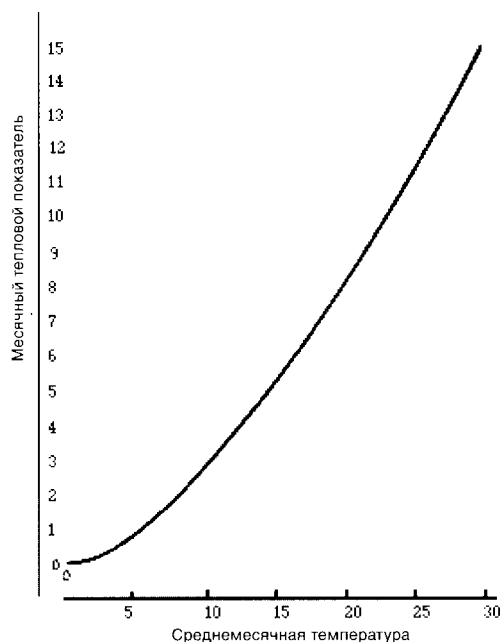
Определите среднюю температуру за месяц, зарегистрированную на вашем участке исследований, пользуясь сервером базы данных GLOBE.

Средняя месячная температура

Янв ___ Фев ___ Мар ___ Апр ___ Май ___ Июнь ___ Июль ___ Авг ___ Сен ___ Окт ___ Ноя ___ Дек ___

Этап 2

Определите тепловой показатель для каждого месяца с помощью графика, приведенного ниже.



Месячный тепловой показатель

Янв ___ Фев ___ Мар ___ Апр ___ Май ___ Июнь ___ Июль ___ Авг ___ Сен ___ Окт ___ Ноя ___ Дек ___

Этап 3

Сложите полученные месячные тепловые показатели, чтобы получить годовой тепловой показатель.

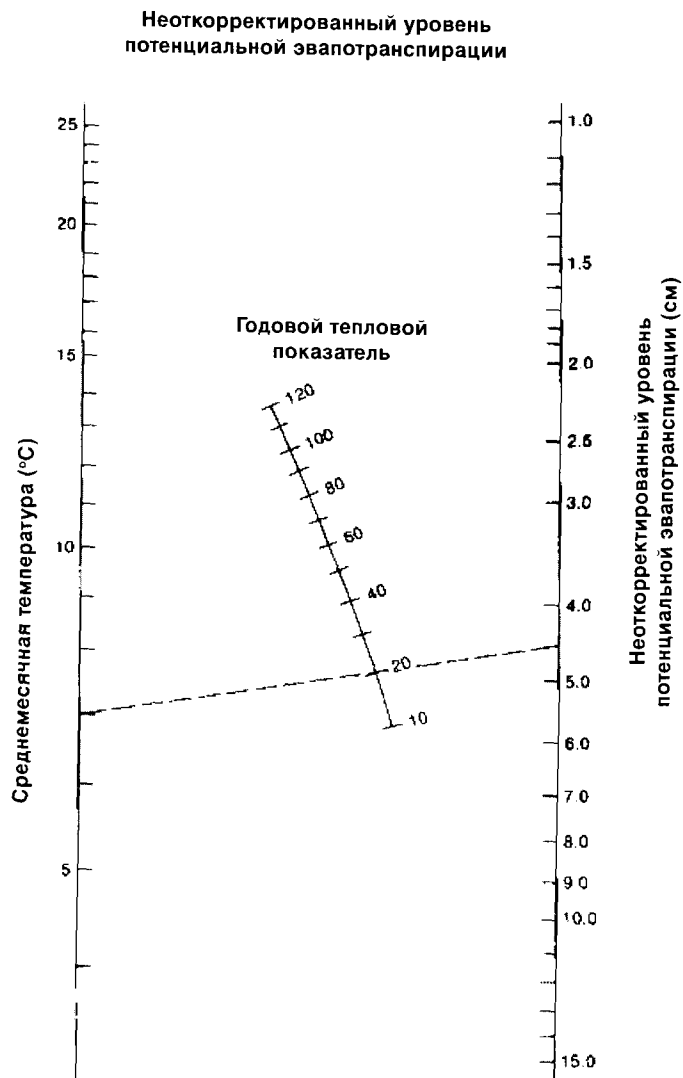
Годовой тепловой показатель: _____.

Рабочий лист для расчета уровня потенциальной эвапотранспирации (продолжение)

Этап 4

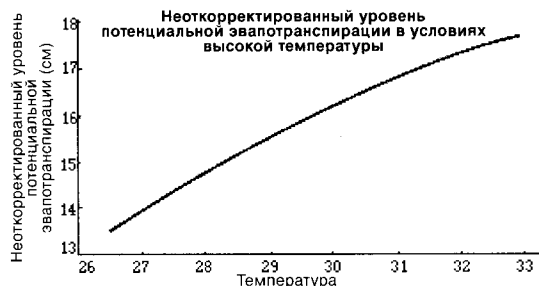
Пользуясь значениями годового теплового показателя и среднемесячной температуры за каждый из месяцев, найдите значение неоткорректированного уровня потенциальной эвапотранспирации с помощью соответствующего графика, приведенного ниже.

ПРИМЕЧАНИЕ. Если средняя температура за месяц ниже нуля, неоткорректированный уровень потенциальной эвапотранспирации за соответствующий месяц также равен нулю. Если средняя температура за месяц равна более чем 26,5°C, пользуйтесь графиком неоткорректированного уровня потенциальной эвапотранспирации в условиях высокой температуры, приведенным ниже.



Примечание. Пользуясь графиком, приведенным выше, найдите среднемесячную температуру слева и рассчитанный вами годовой тепловой показатель в центре графика. Проведите прямую линию, соединяющую эти две точки, и продолжите ее до пересечения со шкалой неоткорректированного уровня потенциальной эвапотранспирации справа. Зарегистрируйте значение неоткорректированного уровня потенциальной эвапотранспирации в точке пересечения прямой со шкалой справа и зарегистрируйте его ниже. Если наблюдалась более высокая температура, пользуйтесь приведенным ниже графиком уровня потенциальной эвапотранспирации в условиях высокой температуры.

Рабочий лист для расчета уровня потенциальной эвапотранспирации (продолжение)



Неоткорректированный уровень потенциальной эвапотранспирации за каждый месяц

Янв ___ Фев ___ Мар ___ Апр ___ Май ___ Июнь ___ Июль ___ Авг ___ Сен ___ Окт ___ Ноя ___ Дек ___

Этап 5

Зарегистрируйте коэффициент коррекции для каждого из месяцев, найденный в приведенной ниже таблице.

Янв ___ Фев ___ Мар ___ Апр ___ Май ___ Июнь ___ Июль ___ Авг ___ Сен ___ Окт ___ Ноя ___ Дек ___

Этап 6

Найдите произведение коэффициента коррекции и неоткорректированного уровня потенциальной эвапотранспирации, чтобы найти откорректированный уровень потенциальной эвапотранспирации.

Уровень потенциальной эвапотранспирации

Янв ___ Фев ___ Мар ___ Апр ___ Май ___ Июнь ___ Июль ___ Авг ___ Сен ___ Окт ___ Ноя ___ Дек ___

Коэффициенты коррекции уровня потенциальной эвапотранспирации с учетом продолжительности дневного освещения

Широта	Янв	Фев	Мар	Апр	Май	Июнь	Июль	Авг	Сен	Окт	Ноя	Дек
0	1,04	0,94	1,04	1,01	1,04	1,01	1,04	1,04	1,01	1,04	1,01	1,04
10° сев. ш.	1,00	0,91	1,03	1,03	1,08	1,06	1,08	1,07	1,02	1,02	0,98	0,99
20° сев. ш.	0,95	0,90	1,03	1,05	1,13	1,11	1,14	1,11	1,02	1,00	0,93	0,94
30° сев. ш.	0,90	0,87	1,03	1,08	1,18	1,17	1,20	1,14	1,03	0,98	0,89	0,88
40° сев. ш.	0,84	0,83	1,03	1,11	1,24	1,25	1,27	1,18	1,04	0,96	0,83	0,81
50° сев. ш.	0,74	0,78	1,02	1,15	1,33	1,36	1,37	1,25	1,06	0,92	0,76	0,70
10° южн. ш.	1,08	0,97	1,05	0,99	1,01	0,96	1,00	1,01	1,00	1,06	1,05	1,10
20° южн. ш.	1,14	1,00	1,05	0,97	0,96	0,91	0,95	0,99	1,00	1,08	1,09	1,15
30° южн. ш.	1,20	1,03	1,06	0,95	0,92	0,85	0,90	0,96	1,00	1,12	1,14	1,21
40° южн. ш.	1,27	1,06	1,07	0,93	0,86	0,78	0,84	0,92	1,00	1,15	1,20	1,29
50° южн. ш.	1,37	1,12	1,08	0,89	0,77	0,67	0,74	0,88	0,99	1,19	1,29	1,41

Использование таблицы. В отношении каждого месяца найдите широту участка и наименование месяца в приведенной выше таблице, чтобы определить коэффициент коррекции за соответствующий месяц.

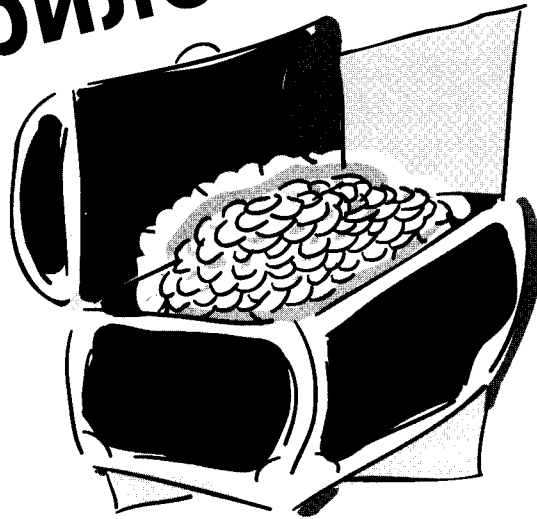
Примечание. Коэффициенты коррекции, приведенные для 50° сев. ш., используются в отношении всех участков, расположенных севернее этой широты. Коэффициенты коррекции, приведенные для 50° южн. ш., используются в отношении всех участков, расположенных южнее этой широты.

Этап 7

Зарегистрируйте значение уровня потенциальной эвапотранспирации в соответствующей строке таблицы водяного баланса.

*Использован материал из книги Роберта Э. Мюллера и Т. Оберлендера (1978 г.), *Современная физическая география: портрет планеты* (изд. Random House).

Приложение



Рабочий лист ввода данных

Рабочий лист ввода калибровочных данных

Основы контурного картографирования

Графики для воспроизведения

Глоссарий

Листы ввода данных программы GLOBE в сети Web

Гидрологические исследования

Рабочий лист ввода данных

Наименование школы: _____

Группа учащихся: _____

Наименование участка: _____

Дата отбора образцов: _____ Время: _____ (часов, минут)

Отметьте одну графу: _____ всемирного времени _____ местного времени

Прозрачность воды

Плотность облачного покрова (отметьте одну графу): _____ ясно _____ рассеянные облака
_____ разорванные облака _____ сплошной облачный покров

Измерения с помощью диска Секки

Наблюдатель 1 Длина веревки:

в момент исчезновения диска _____ (м)

в момент появления диска _____ (м)

Расстояние от отметки наблюдателя 1 на веревке до поверхности воды: _____ (м)

Наблюдатель 2 Длина веревки:

в момент исчезновения диска _____ (м)

в момент появления диска _____ (м)

Расстояние от отметки наблюдателя 2 на веревке до поверхности воды: _____ (м)

Наблюдатель 3 Длина веревки:

в момент исчезновения диска _____ (м)

в момент появления диска _____ (м)

Расстояние от отметки наблюдателя 3 на веревке до поверхности воды: _____ (м)

Измерения с помощью трубки для замера мутности воды

Уровень воды в трубке в момент исчезновения изображения:

Наблюдатель 1: _____ (см) Наблюдатель 2: _____ (см) Наблюдатель 3: _____ (см)

Температура воды

Наблюдатель 1: _____ (°C) Наблюдатель 2: _____ (°C) Наблюдатель 3: _____ (°C) Средняя: _____ (°C)

Содержание растворенного в воде кислорода

Наблюдатель 1: _____ (мг/л) Наблюдатель 2: _____ (мг/л) Наблюдатель 3: _____ (мг/л)

Среднее: _____ (мг/л)

Изготовитель набора для определения содержания растворенного в воде кислорода и номер модели:

Кислотность (pH)

Метод измерения:

_____ лакмусовая бумага _____ ручка для измерения pH _____ прибор для измерения pH

Кислотность буферных растворов на участке: pH 4 _____ pH 7 _____ pH 10 _____

Наблюдатель 1: _____ Наблюдатель 2: _____ Наблюдатель 3: _____ Среднее значение: _____

Электропроводность

Стандартный раствор для измерения электропроводности: _____ микроСименсов на сантиметр (мкСм/см)

Наблюдатель 1: _____ (мкСм/см) Наблюдатель 2: _____ (мкСм/см) Наблюдатель 3: _____ (мкСм/см)

Среднее значение: _____ (мкСм/см)

Рабочий лист ввода данных (стр. 2)

Соленость

Информация о приливах и отливах

Время наступления прилива или отлива перед выполнением измерений: _____ (часов и минут)

Отметьте одну графу: _____ прилив _____ отлив

Отметьте одну графу: _____ всемирное время _____ местное время

Время наступления прилива или отлива после выполнения измерений: _____ (часов и минут)

Отметьте одну графу: _____ прилив _____ отлив

Отметьте одну графу: _____ всемирное время _____ местное время

Место, в котором регистрировалось время наступления приливов и отливов: _____

Соленость (измерение денсиметром)

	Наблюдатель 1	Наблюдатель 2	Наблюдатель 3
Температура воды в мензурке:	_____ °С	_____ °С	_____ °С
Удельный вес:	_____	_____	_____
Соленость образца:	_____ частей на тыс.	_____ частей на тыс.	_____ частей на тыс.
Средняя соленость:	_____ частей на тыс.		

Дополнительный вариант: титрование солености

Соленость образца Наблюдатель 1: _____ частей на тыс.

Наблюдатель 2: _____ частей на тыс.

Наблюдатель 3: _____ частей на тыс.

Средняя соленость: _____ частей на тыс.

Изготовитель набора для определения солености и номер модели: _____

Щелочность

Наборы, позволяющие производить непосредственные измерения щелочности

Наблюдатель 1: _____ (мг/л CaCO_3)

Наблюдатель 2: _____ (мг/л CaCO_3)

Наблюдатель 3: _____ (мг/л CaCO_3)

Среднее значение: _____ (мг/л CaCO_3)

Наборы фирмы Nash или другие наборы, требующие подсчета количества капель:

	Наблюдатель 1	Наблюдатель 2	Наблюдатель 3	Среднее значение
Количество капель	_____ капель	_____ капель	_____ капель	_____ капель
Постоянный коэффициент преобразования, определенный для данного набора и данных условий выполнения практической работы:	x _____	x _____	x _____	x _____
Общая щелочность (мг/л CaCO_3)	= _____ мг/л	= _____ мг/л	= _____ мг/л	= _____ мг/л
Изготовитель набора для определения щелочности и номер модели:	_____			

Содержание нитратов

Наблюдатель 1: _____ мг/л $\text{NO}_3^- - \text{N} + \text{NO}_2^- - \text{N}$ _____ мг/л $\text{NO}_2^- - \text{N}$

Наблюдатель 2: _____ мг/л $\text{NO}_3^- - \text{N} + \text{NO}_2^- - \text{N}$ _____ мг/л $\text{NO}_2^- - \text{N}$

Наблюдатель 3: _____ мг/л $\text{NO}_3^- - \text{N} + \text{NO}_2^- - \text{N}$ _____ мг/л $\text{NO}_2^- - \text{N}$

Среднее значение: _____ мг/л $\text{NO}_3^- - \text{N} + \text{NO}_2^- - \text{N}$ _____ мг/л $\text{NO}_2^- - \text{N}$

Изготовитель набора для определения содержания нитратов и номер модели: _____

Гидрологические исследования

Рабочий лист ввода калибровочных данных

Наименование школы: _____

Группа учащихся: _____

Дата: _____

Содержание растворенного кислорода в воде

Температура дистиллированной воды: _____ °C Высота вашего участка над уровнем моря _____ метров

Содержание растворенного кислорода во взболтанной дистиллированной воде:

Наблюдатель 1: _____ мг/л

Наблюдатель 2: _____ мг/л

Наблюдатель 3: _____ мг/л

Среднее значение: _____ мг/л

Растворимость кислорода
в воде при данной темпера-
туре воды на уровне
моря (из таблицы 3-1):

_____ мг/л

Калибровочный коэффициент
для высоты вашего участка
над уровнем моря
(из таблицы 3-2):

Ожидаемое значение содержания
растворенного кислорода в
дистиллированной воде:

= _____ мг/л

Изготовитель набора для определения солености и номер модели: _____

Соленость

Соленость стандартного раствора

Наблюдатель 1: _____ частей на тыс.

Наблюдатель 2: _____ частей на тыс.

Наблюдатель 3: _____ частей на тыс.

Средняя соленость: _____ частей на тыс.

Изготовитель набора для определения солености и номер модели: _____

Щелочность

Стандартный раствор поваренной соды

Наборы, позволяющие производить непосредственные измерения щелочности

Наблюдатель 1: _____ (мг/л CaCO₃)

Наблюдатель 2: _____ (мг/л CaCO₃)

Наблюдатель 3: _____ (мг/л CaCO₃)

Среднее значение: _____ (мг/л CaCO₃)

Наборы фирмы Nash или другие наборы, требующие подсчета количества капель:

	Наблюдатель 1	Наблюдатель 2	Наблюдатель 3	Среднее значение
Количество капель	_____ капель	_____ капель	_____ капель	_____ капель
Постоянный коэффициент преобразования, определенный для данного набора и данных условий выполнения практической работы:	x _____	x _____	x _____	x _____
Общая щелочность (мг/л CaCO ₃)	= _____ мг/л	= _____ мг/л	= _____ мг/л	= _____ мг/л

Изготовитель набора для определения щелочности и номер модели: _____

Содержание нитратов

Наблюдатель 1: _____ мг/л NO₃⁻-N

Наблюдатель 2: _____ мг/л NO₃⁻-N

Наблюдатель 3: _____ мг/л NO₃⁻-N

Среднее значение: _____ мг/л NO₃⁻-N

Изготовитель набора для определения содержания нитратов и номер модели: _____

Гидрологические исследования

Основы контурного картографирования

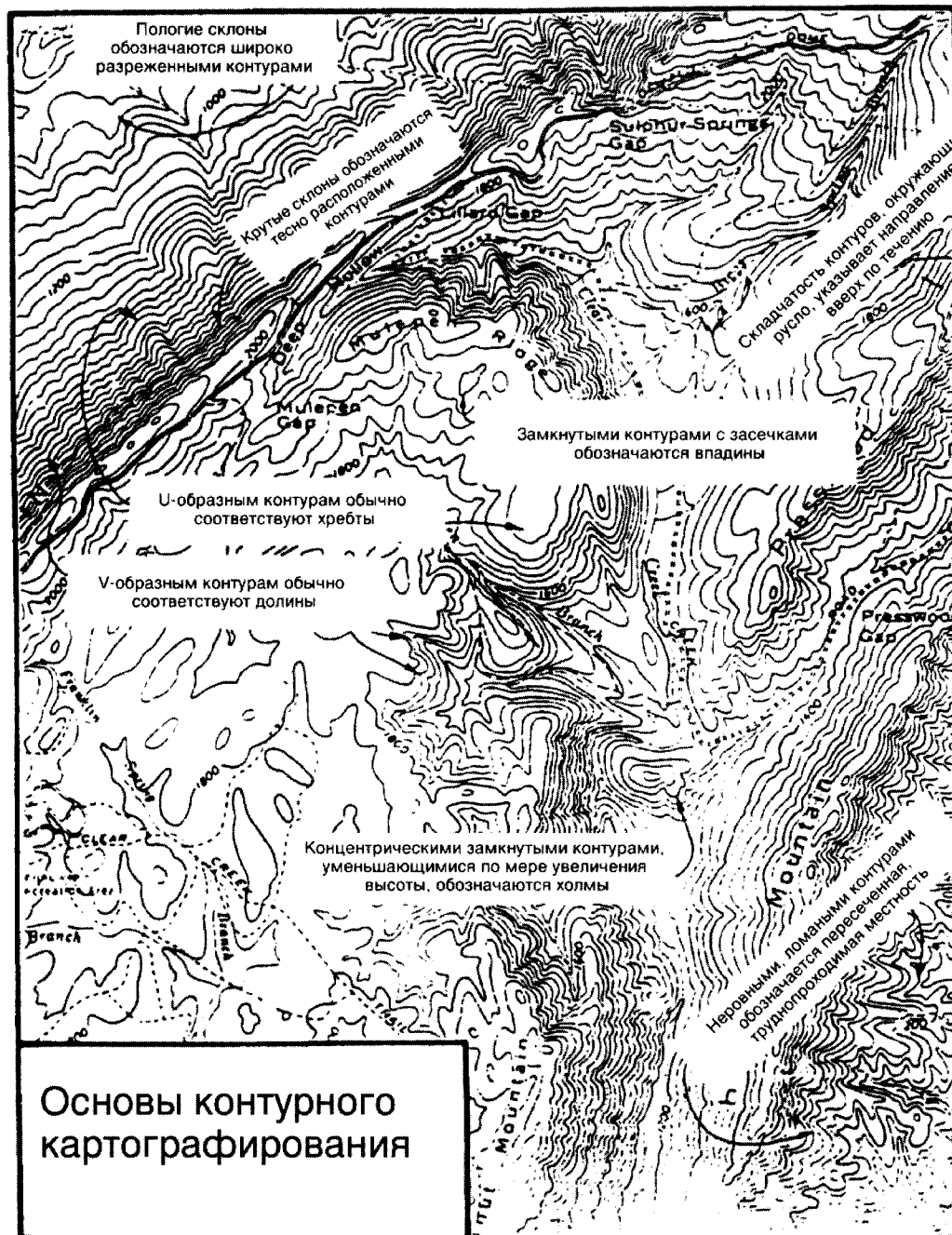


Рис. HYD-A-1. Данные школы-участницы программы GLOBE в Калифорнии, США

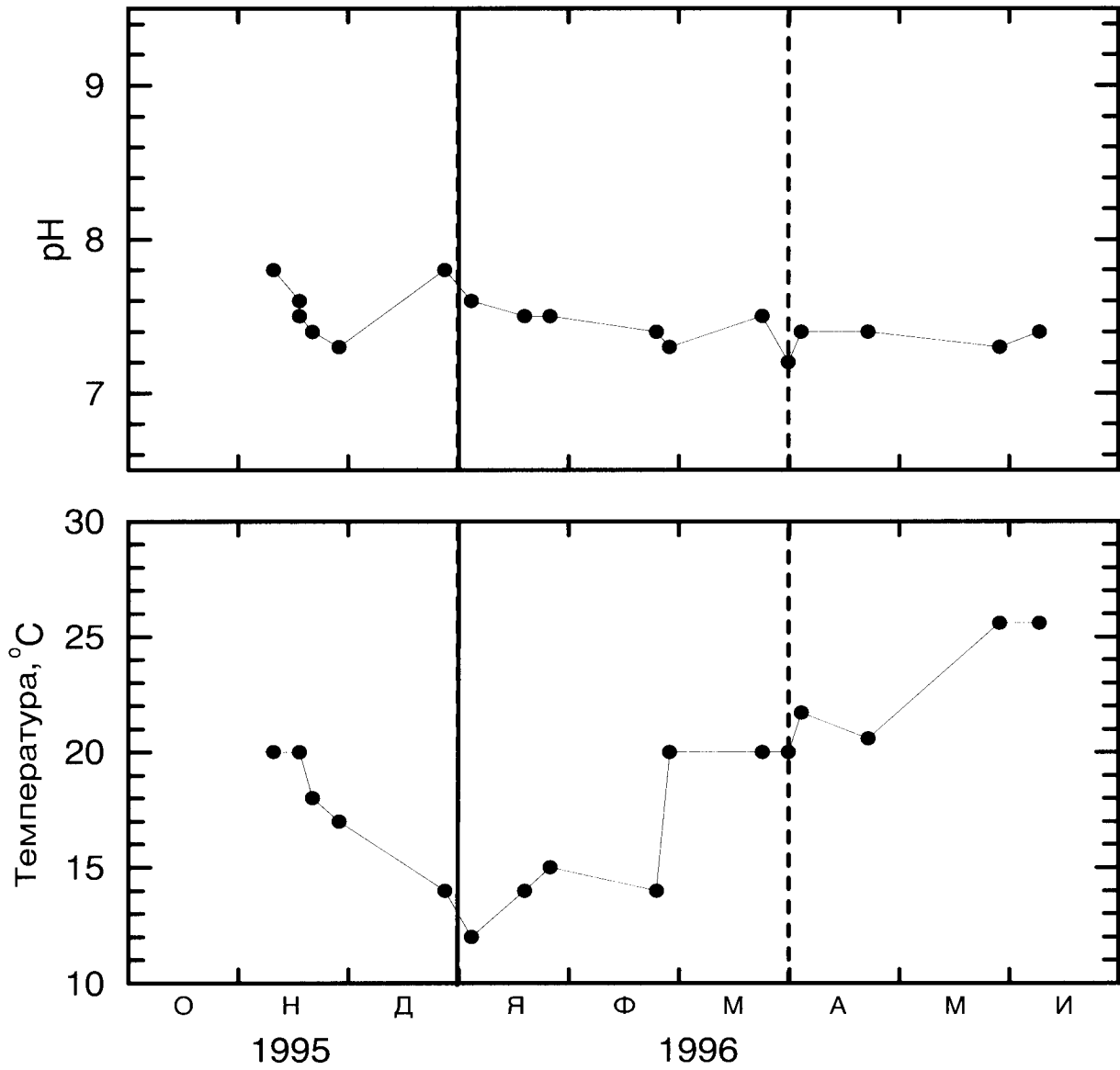


Рис. HYD-A-2. Данные школы-участницы программы GLOBE в Калифорнии, США

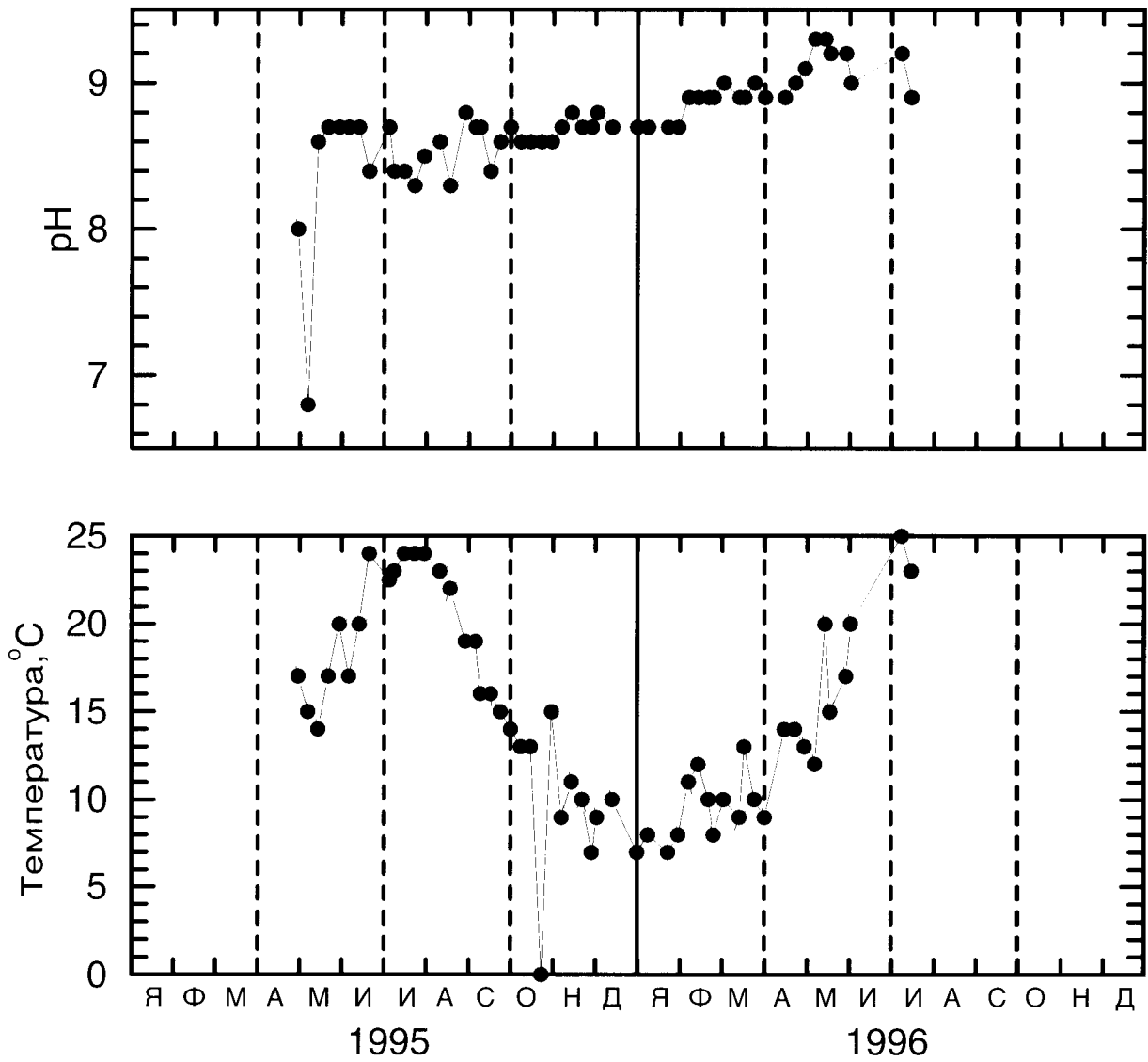


Рис. HYD-A-3. Данные школы-участницы программы GLOBE в Калифорнии, США

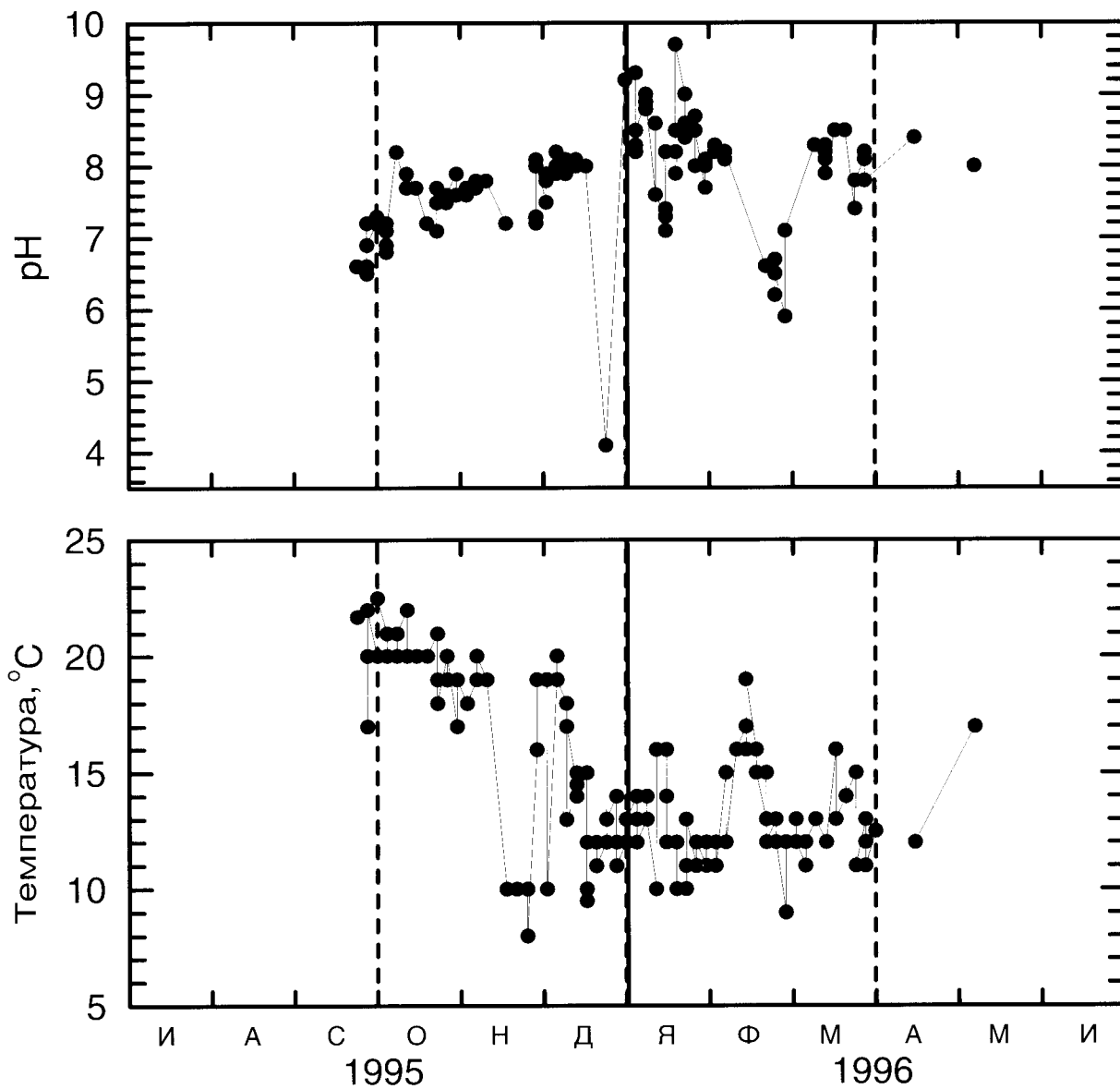


Рис. HYD-A-4. Данные школы-участницы программы GLOBE во Флориде, США

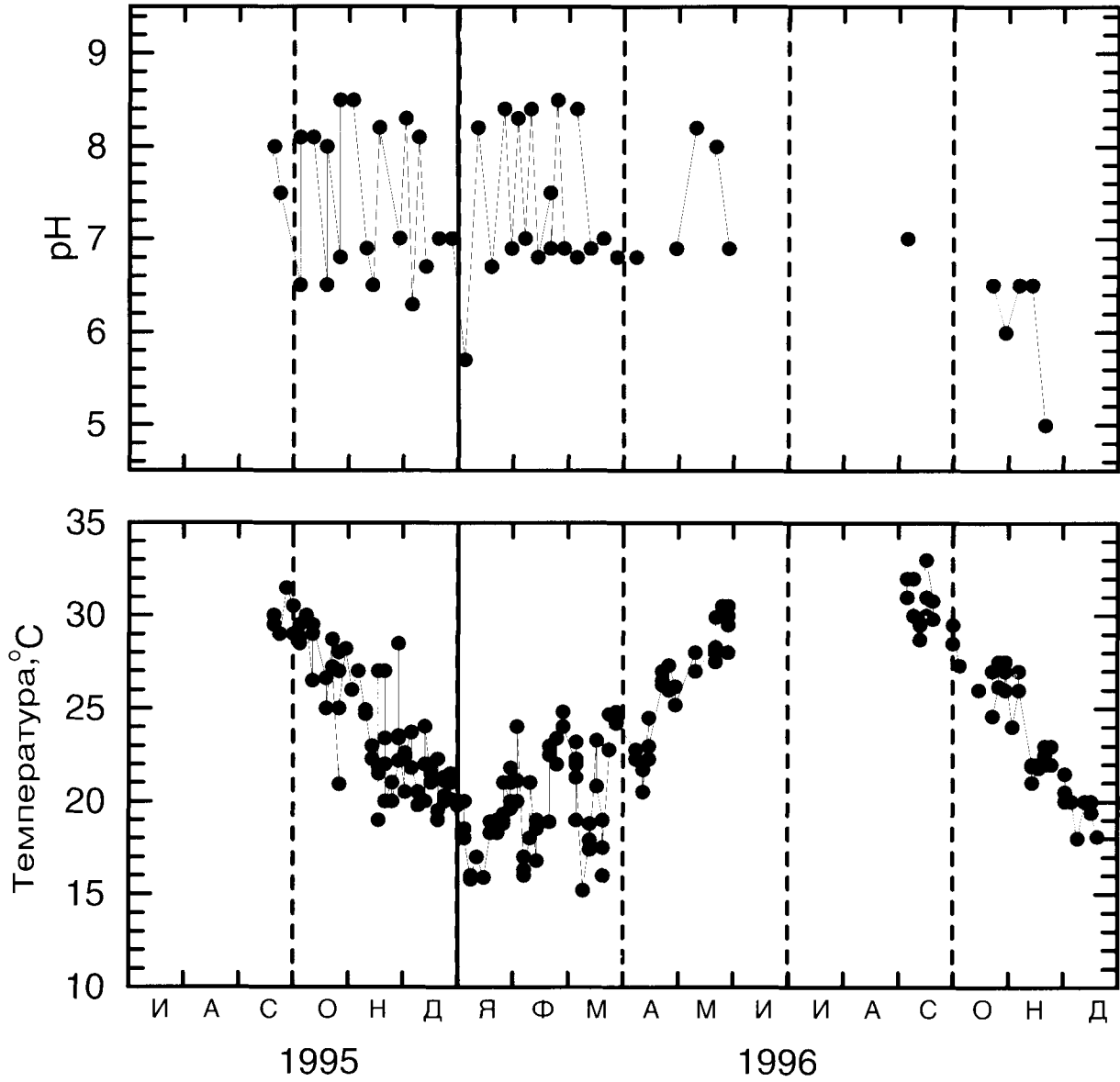


Рис. HYD-A-5. Данные школы-участницы программы GLOBE в штате Вашингтон, США

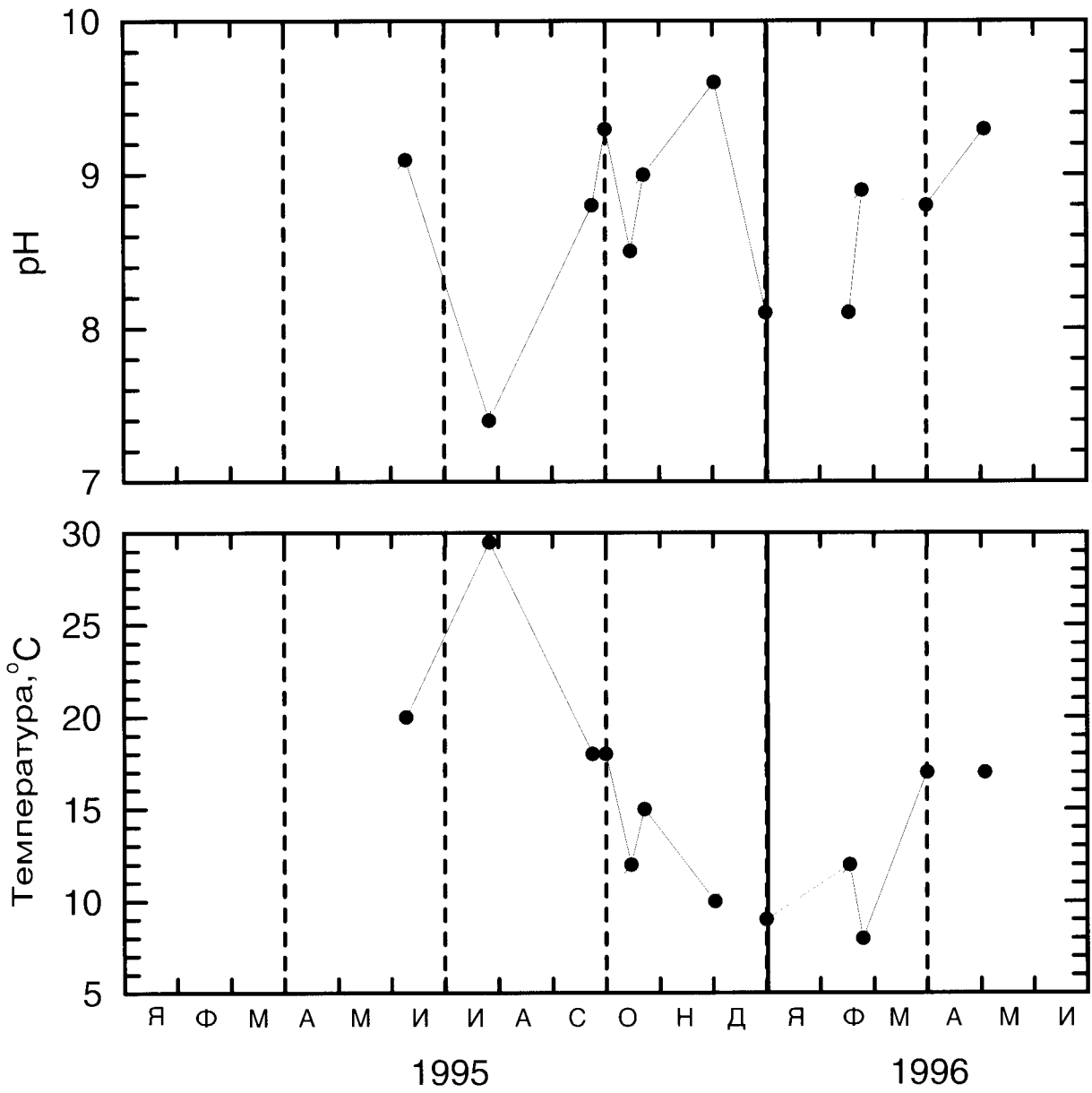


Рис. HYD-A-7. Данные школы-участницы программы GLOBE в штате Нью-Джерси, США

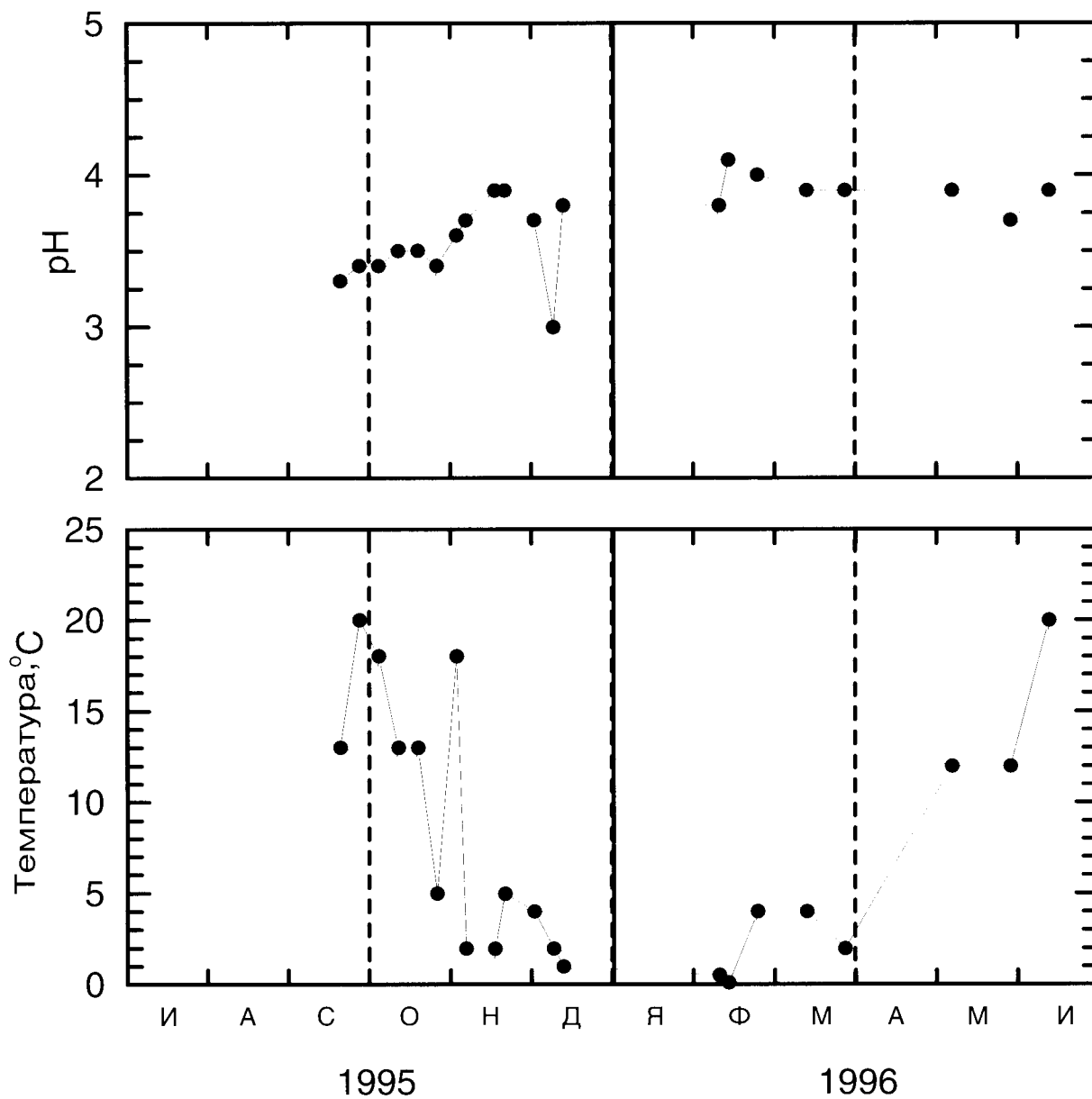


Рис. HYD-A-8. Данные школы-участницы программы GLOBE в Японии

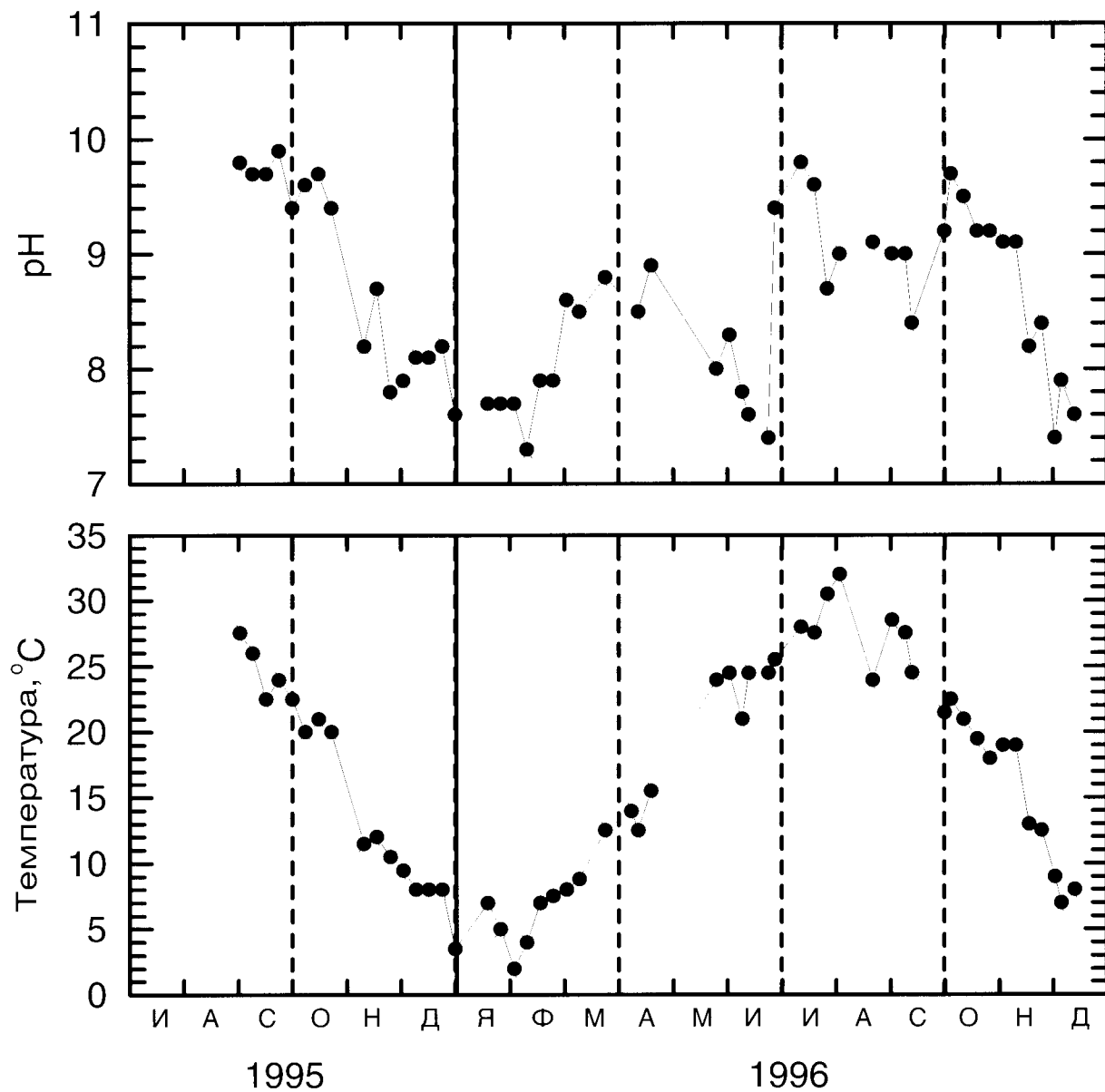


Рис. HYD-A-9. Данные школы-участницы программы GLOBE на Среднем Западе США

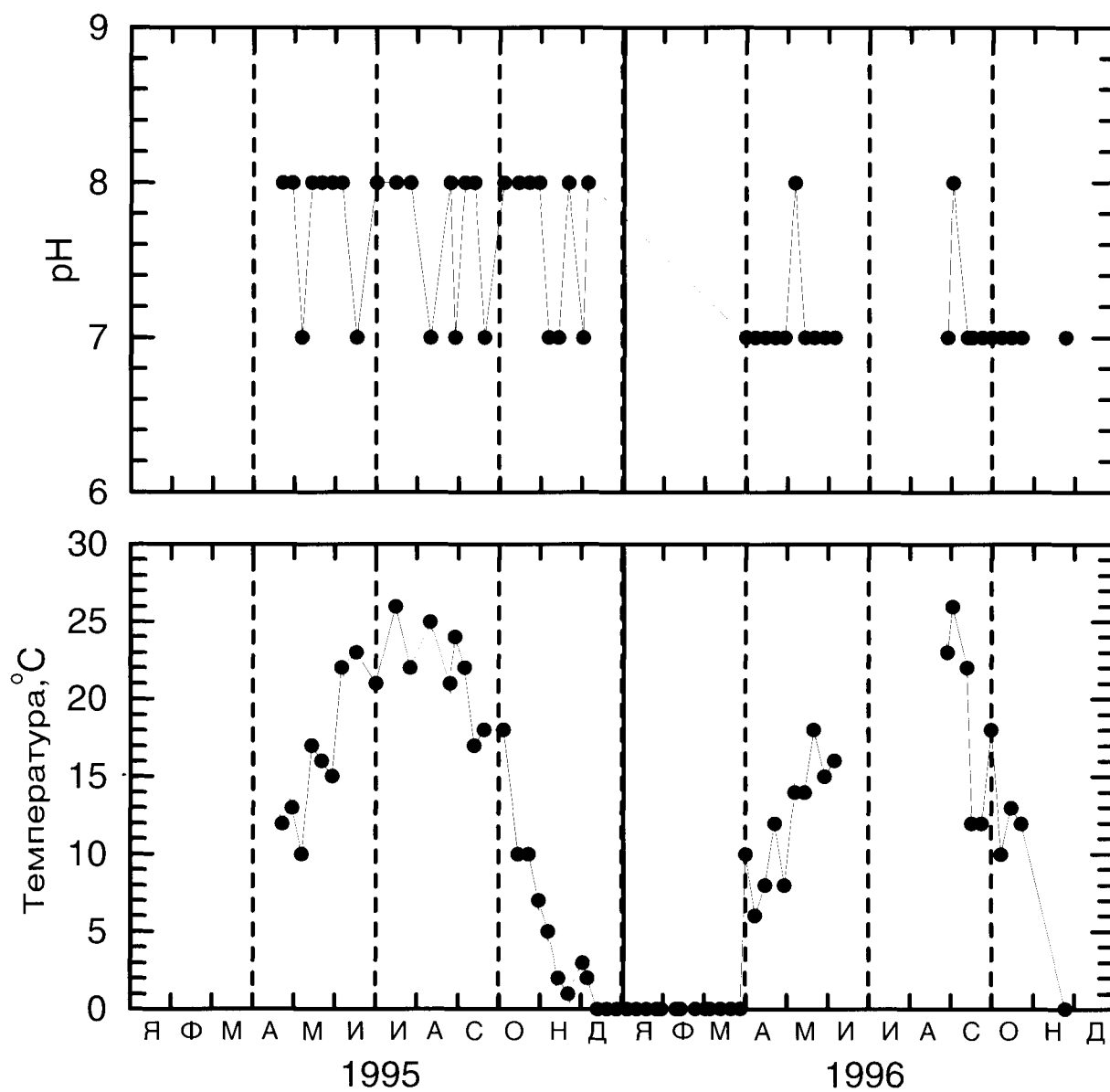


Рис. HYD-A-10. Данные школы-участницы программы GLOBE в Калифорнии, США

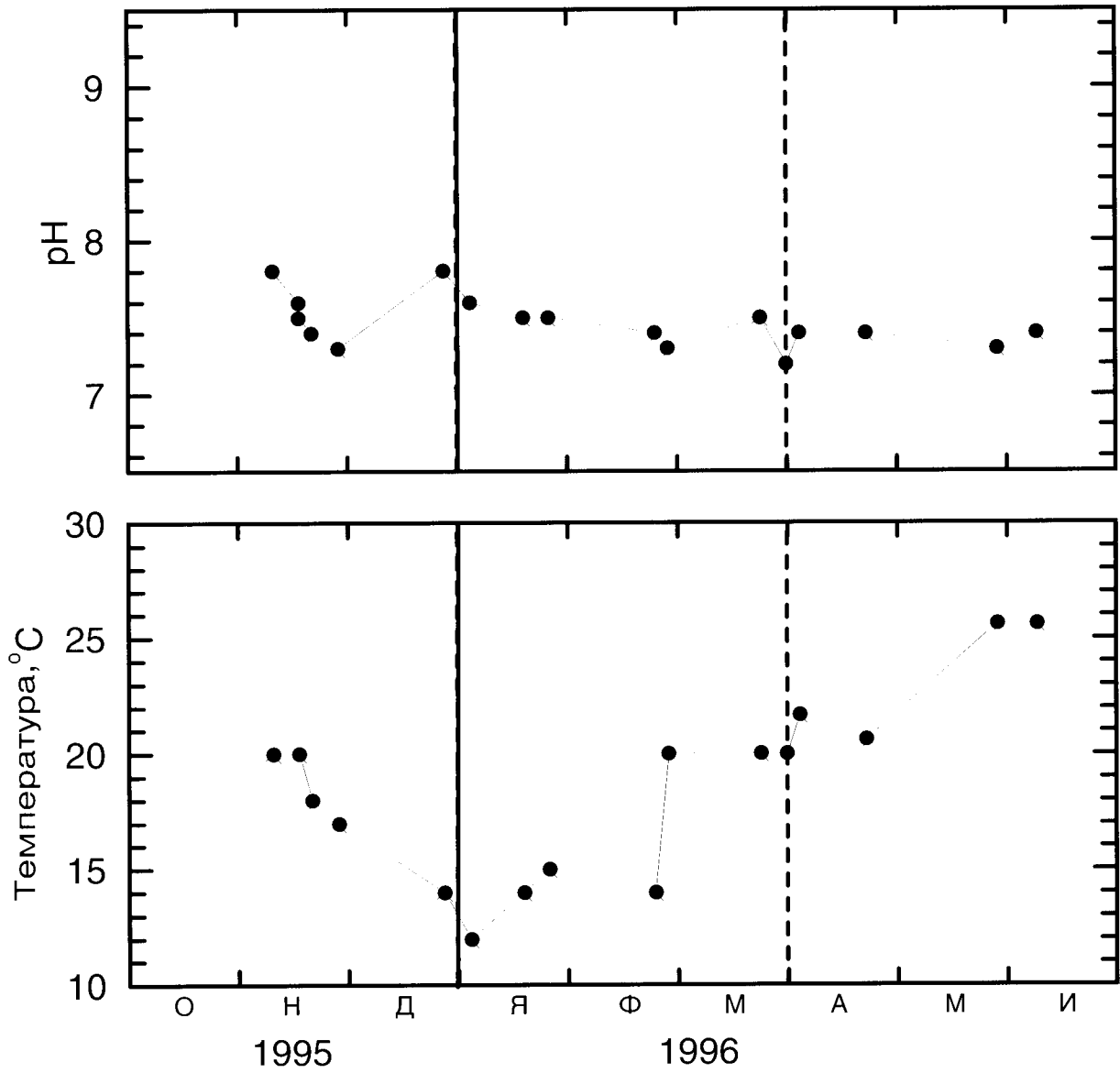


Рис. HYD-A-11. Данные школ-участниц программы GLOBE: щелочность воды (за сентябрь—декабрь 1996 г.)

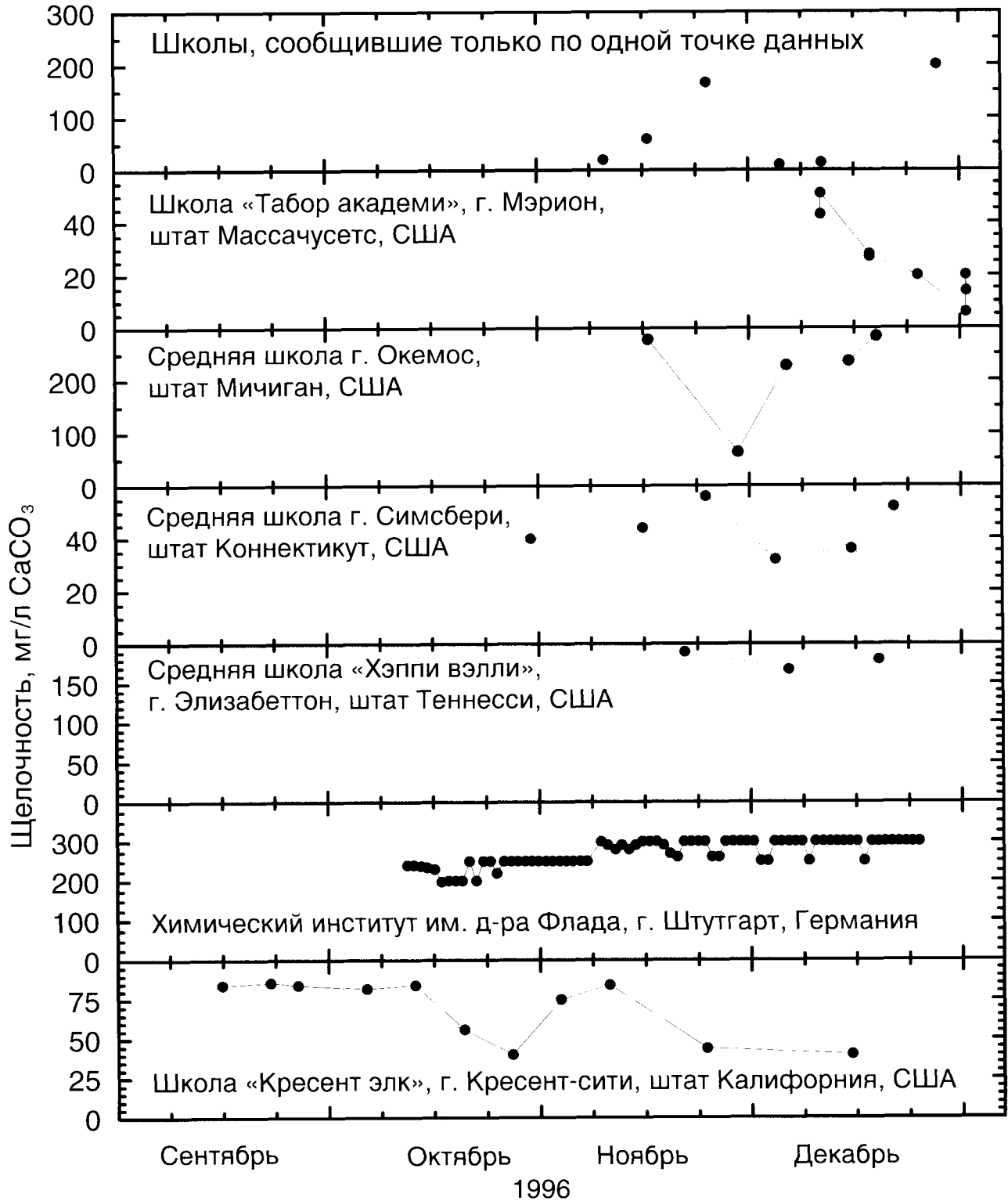


Рис. HYD-A-12. Данные школ-участниц программы GLOBE: электропроводность воды (за сентябрь—декабрь 1996 г.)

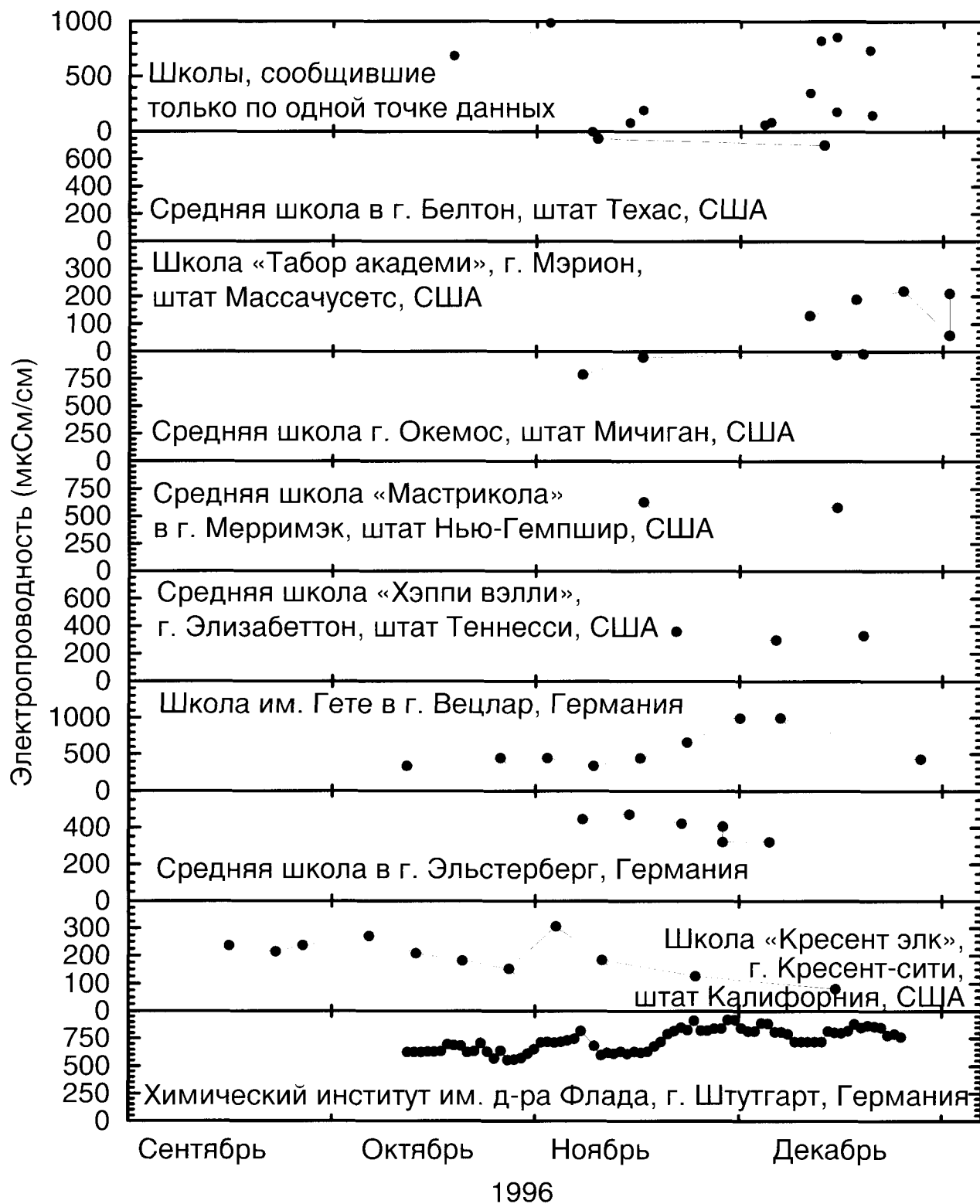
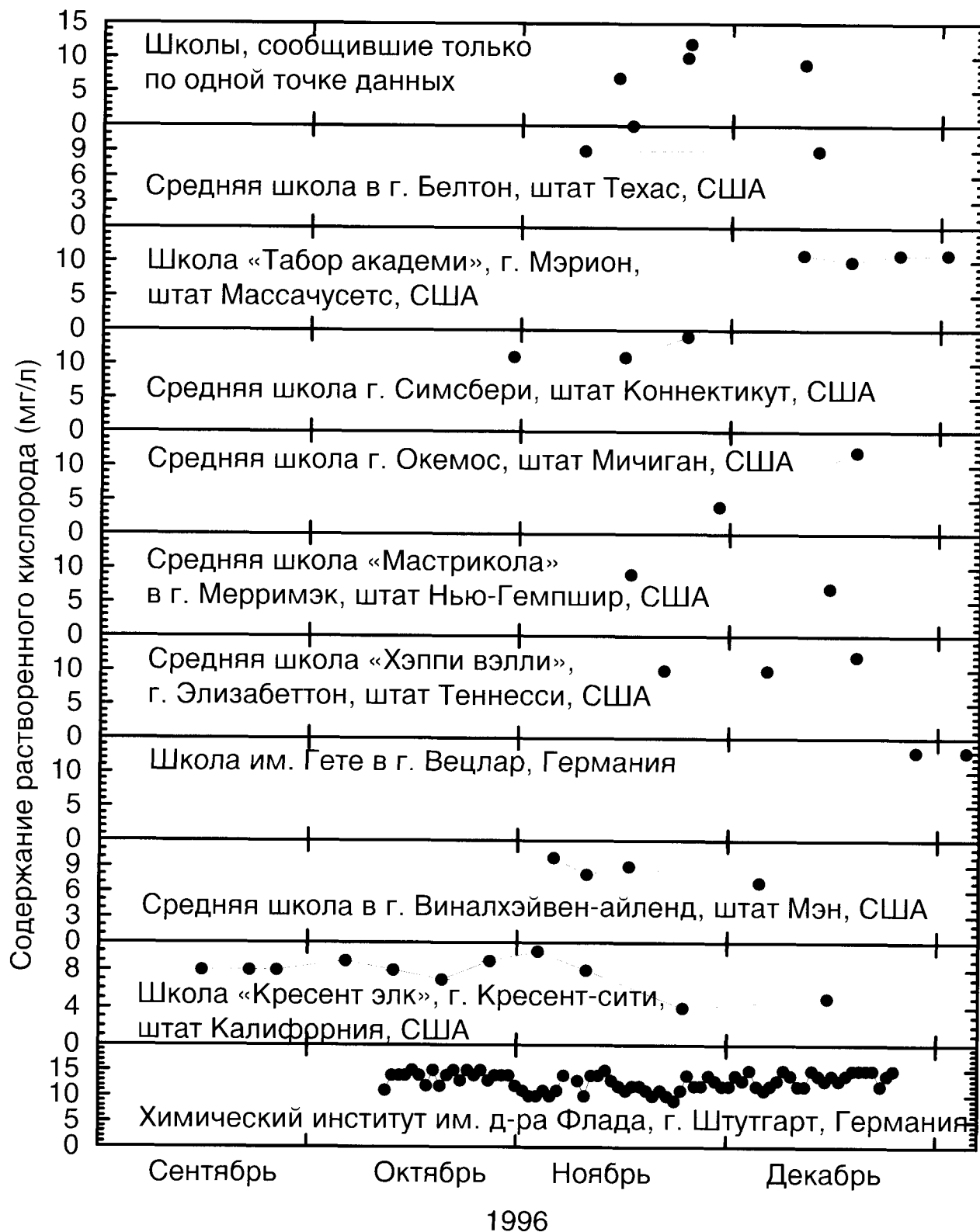
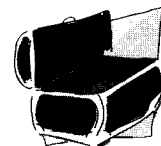


Рис. HYD-A-13. Данные школ-участниц программы GLOBE: содержание растворенного в воде кислорода (за сентябрь—декабрь 1996 г.)



Глоссарий



in situ

Находящийся в первоначальном, естественном месте расположения (латинское выражение).



Аэрозоли

Частицы жидких или твердых веществ, распыленные или взвешенные в воздухе.

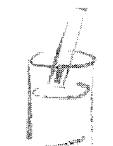
Буферный раствор

Раствор, показатель pH которого не изменяется при добавлении в него гидроксидов (ОН) или ионов водорода (H⁺) (протонов). Стабильность известного значения показателя pH таких растворов делает их пригодными для калибровки устройств, измеряющих pH.



Взвеси (суспензии)

Смеси, в которых микроскопические частицы твердых веществ остаются во взвешенном состоянии (не растворяются).



Взвешенные твердые вещества

Частицы твердых веществ в жидкости или газе, которые не растворяются и не осаждаются.

Водосборный бассейн

1. Территория, ограниченная линией водораздела, по разные стороны которой сток поверхностных и грунтовых вод направляется в разные реки, в разные водоемы или в разные океаны.
2. Часто употребляемый термин, применяемый по отношению к территории, на которой сток поверхностных и грунтовых вод направляется в одну определенную реку или в один определенный ручей.



Водяной, водный

Содержащий воду или содержащийся или обитающий в воде.

Водяные пары

Вода в газообразном состоянии.



Восстановление

Химический термин, означающий преобразование вещества, сопровождающееся переходом из более окисленного в менее окисленное состояние (т. е. процесс захвата электронов веществом).

Восстановление нитратов

Процесс преобразования нитратов в аммиак. Промежуточным продуктом восстановления нитратов могут быть нитриты.

Гидрологический цикл

Последовательность этапов, в ходе которой вода выпадает из атмосферы на землю и возвращается в атмосферу (круговорот воды в природе). К числу таких этапов относятся конденсация водяных паров с образованием облаков, выпадение осадков, накопление воды в почве или в водоемах и повторное испарение воды.

Гипотеза

Предположительное утверждение, сформулированное с целью проверить логические или эмпирические последствия наблюдаемых явлений.

Донный

Термин, применяемый в отношении животных или растений, обитающих на дне водоема.

Естественные водные системы

Системы, как правило, состоящие из осадков и минералов и атмосферы, а также из водной фазы; эти системы почти всегда включают в себя часть биосферы.

Испарение (воды)

Преобразование жидкости в пар при температуре, превышающей точку кипения.

Калибровка

Процесс регулировки или проверки прибора в сравнении с показателем или стандартом известного значения с установлением какого-либо пропорционального или статистического взаимоотношения между показаниями прибора и этим значением.

Качество воды

Определенное свойство или определенная характеристика воды, описываемая ее физическими, химическими и биологическими параметрами.



Кислота

Любое вещество, приносящее атомы или ионы водорода (H^+) (протоны) в другое вещество.

Кислотное вещество

Вещество, для которого значение показателя pH составляет менее 7.

Кислотность

1. Количество сильнодействующего основания (например, едкого натра), необходимое для титрования образца до уровня pH, составляющего примерно 10,3; этим параметром измеряется способность воды к нейтрализации под воздействием основания.
2. Наличие свойств кислоты (общеупотребительное значение).

Кислотный дождь

Дождь, для которого значение показателя pH составляет менее 6.

Колориметрический метод

Множество процедур, позволяющих измерять содержание растворенных веществ на основе определения цвета раствора. При этом допускается, что интенсивность окраски раствора пропорциональна концентрации в нем исследуемого растворенного вещества.

Количество частей на миллион

Единицы измерения концентрации растворенного вещества. (В рамках программы GLOBE в расчетах применяется также эквивалентная единицы — количество миллиграммов на литр.)

Количество частей на тысячу

Единицы измерения концентрации растворенного вещества. (В рамках программы GLOBE в расчетах применяется также эквивалентная единицы — количество граммов на литр.)

Логарифмическая шкала

Шкала, в которой каждая следующая единица в десять раз больше или меньше предыдущей.

Микросименс на сантиметр (мкСм/см)

Метрическая единица измерения электропроводности (электрической проводимости).

Молекула

Наименьшая элементарная единица химического вещества (как правило, группа атомов), которая может принимать участие в химической реакции.

Моль на литр

Единица измерения концентрации вещества в растворе.

Мутность

Отсутствие или уменьшение прозрачности, вызванное взмучиванием осадка.

Надежность данных

Степень соответствия между результатами нескольких повторных анализов образца (см. «Точность данных»).

Насыщенный раствор

Раствор, содержащий максимальное возможное количество растворенных веществ при данной температуре и при данном давлении.

Нейтральные воды

Системы, состоящие как правило из осадочных пород/минералов и атмосферы, а также водной фазы; они практически всегда включают часть биосферы.

Нейтральный

Характеризуется величиной pH = 7.

Нитратный азот (азот нитратов)

Концентрация нитратов (NO_3^-), которая часто выражается как отношение массы азота к объему воды.

Нитраты

Соли азотной кислоты (HNO_3). Нитраты часто отличаются высокой растворимостью и могут быть восстановлены с образованием нитритов или аммиака.

Нитритный азот (азот нитритов)

Концентрация нитритов (NO_2^-), которая часто выражается как отношение массы азота к объему воды.

Нитриты

Соли азотистой кислоты (HNO_2). Нитриты часто отличаются высокой растворимостью и могут быть получены из нитратов посредством окисления нитратов или восстановлены с получением аммиака.



Обогащение

Повышение продуктивности воды (например, посредством добавления в нее питательных веществ).

Общее содержание растворенных твердых веществ (сухой остаток)



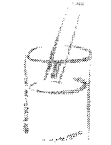
Общая масса твердых веществ, остающаяся после выпаривания данного объема отфильтрованной воды до полного осушения этой массы в соответствии с установленной стандартной процедурой.

Осадки



1. Продукты конденсации водяных паров в атмосфере, выпадающие на поверхность земли (например, в виде дождя, снега или града).
2. Выделение твердой фазы раствора в связи с физическим или химическим изменением свойств раствора (например, после добавления реактива в раствор или охлаждения раствора).

Основание



Любое вещество, в которое другим веществом могут быть принесены ионы водорода (H^+) (протоны).

Пониженная кислотность воды

Состояние воды, отличающееся очень низким содержанием растворенного кислорода, при котором происходит денитрификация (преобразование нитратов в аммиак).

Плотность



Соотношение массы вещества и его объема.

Показатель кислотности (pH)

Отрицательный логарифм концентрации ионов водорода (H^+) (протонов) в воде, выраженной в молях.

Приливы и отливы

Периодические повышения и понижения уровня воды на берегу океана и в океанских заливах, вызванные притяжением Луны и Солнца. Приливы и отливы происходят примерно каждые 12 часов.



Продуктивность

Количество образующихся органических веществ, усредненное за определенный период времени, например, за сутки или за год.



Прозрачность

Способность вещества к пропусканию лучей света, позволяющая наблюдателю отчетливо видеть предметы, отделенные от наблюдателя слоем этого вещества.

Протон

Положительно заряженная элементарная частица, содержащаяся в ядре атома, или положительно заряженный атом (ион) водорода (H^+).

Проточный, обитающий в проточной воде

Термины, применяемые в отношении водоемов с движущейся водой или к организмам, обитающим в таких водоемах (ручьях или реках).

Раствор

Однородная смесь, содержащая два вещества или несколько веществ.

Растворенные твердые вещества

Частицы твердых веществ (например, солей), становящиеся частью жидкости после их погружения в жидкость или их рассеяния в жидкости.

Растворимость

Относительная способность вещества к растворению.

Растворитель

Вещество, растворяющее другое вещество с образованием раствора.

Растворимое вещество

Вещество, растворяющееся в другом веществе с образованием раствора.

Реактив

Вещество, используемое с целью получения реакции, в частности, с целью выявления наличия другого вещества.

Содержание растворенного кислорода

Масса молекулярного кислорода, растворенного в данном объеме воды. Растворимость кислорода нелинейно зависит от температуры; в холодной воде может быть растворено больше кислорода, чем в горячей. Растворимость кислорода в воде зависит также от давления и солености; повышение солености воды приводит к снижению растворимости кислорода в воде.

Содержание хлора, выраженное как количество частей на миллион

По весу, количество хлора, равное количеству миллиграммов хлора на литр, допуская, что один литр воды весит один килограмм.

Соленая вода

Вода, содержащая соль или различные соли.

Соленость

Показатель концентрации растворенных солей, в основном хлорида натрия, в солоноватой или соленой воде.

Соли

Соединения, повышающие концентрацию в водном растворе положительно заряженных ионов (за исключением H^+) или отрицательно заряженных ионов (за исключением OH^-). Наиболее распространенная соль — хлорид натрия («поваренная соль»).

Солоноватая вода

Вода, содержащая растворенные соли в концентрации, не достигающей концентрации солей в морской воде, но превышающей концентрацию солей в пресной воде. Концентрация растворенных в солоноватой воде солей составляет, как правило, от 1000 до 10000 частей на миллион.

Стандарт

Явление или вещество, отличающееся известным значением, которое можно использовать для сравнения в процессе калибровки (например, стандартный раствор, т. е. раствор с известной концентрацией определенного вещества); любой опорный (справочный) уровень или образец.

Стандартизация

Приведение в соответствие со стандартом.

Сток

Часть накапливающихся на поверхности земли осадков, стекающая в виде ручьев или рек.

Стоячий, обитающий в стоячей воде

Термины, относящиеся к неподвижной воде или к организмам, обитающим в водоемах

с неподвижной водой (озерах, прудах, болотах).

Титрование

Процесс определения количества данного составного вещества посредством добавления жидкого реактива с известной степенью химической активности, позволяющий измерять объем реактива, необходимый для преобразования исследуемого составного вещества в ходе известной реакции.

Титрующее вещество

Реактив, добавляемый в процессе титрования.

Топография

Поверхностный рельеф территории.

Точность значения

Степень соответствия измеренного значения фактическому значению (см. «Надежность значения»).

Удельный вес

Отношение плотности вещества к плотности воды (при температуре $25^{\circ}C$ и давлении, равном 1 атмосфере).

Фоновая концентрация

Уровень содержания химических веществ в воде, привнесенных в воду естественными процессами, а не в результате человеческой деятельности.

Фотосинтез

Процесс преобразования энергии солнечного света живыми организмами, в особенности зелеными растениями, синтезирующими углеводы на основе двуокиси углерода и воды.

Хлорированность (содержание хлора)

Концентрация хлора в растворе.

Щелочность

Количество сильнодействующей кислоты (например, соляной кислоты), необходимое для титрования образца до уровня pH, составляющего примерно 4,5. Этим показателем измеряется способность воды к нейтрализации под воздействием кислоты. Щелочность часто выражается как концентрация ионов $CaCO_3$ в количестве частей на миллион.



Щелочь

Вещество, для которого значение показателя pH составляет более 7.

Эвтрофикация

Достижение высокого уровня продуктивности воды, часто связанное с увеличением поступления питательных веществ в воду.



Электропроводность (электрическая проводимость)

Способность водяного раствора к пропусканию электрического тока. Электропроводность зависит от концентрации растворенных солей (ионов), от типа этих ионов и от температуры раствора. Как правило, электропроводность растворов измеряется в мксм/см на сантиметр (мксм/см).



Гидрологические исследования



Лист ввода данных об участке гидрологических исследований

Наименование школы

Время выполнения измерений:


Год: Месяц: **выбрать** День: Час: Всемирное время

Текущее время: 18 июня 1997 г., 20 ч. по всемирному времени

Наименование

Введите уникальное наименование, описывающее расположение вашего участка.

Пожалуйста, введите максимальное возможное количество следующей информации.

Когда вы получите дополнительную информацию, нажмите щелчком мыши на кнопку ввода  и воспользуйтесь функцией редактирования информации об участке исследований (Edit a Study Site).

Источник данных: GPS Другой источник

Широта: град мин. сев. ш. южн. ш.

(введите данные в формате «56 град. 12,84 мин.» и отметьте, какая широта имеется в виду — северная или южная, т. е. к северу от экватора или к югу от экватора)

Долгота: град мин. вос. д. зап. д.

(введите данные в формате «102 град. 43,90 мин.» и отметьте, какая долгота имеется в виду — восточная или западная, т. е. к востоку от нулевого меридиана или к западу от него)

Высота метров

(над уровнем моря)

Классификация исследуемого водоема

Тип воды: сол. пресная

Проточная вода: ручей река прочее

Примерная ширина проточной воды метров

Стоячая вода пруд озеро резервуар прочее

Размеры

водоема со стоячей водой: гораздо меньше, чем 50 x 100 м (размеры футб. поля) примерно 50 x 100 м (разм. футб. поля)

гораздо больше, чем 50 x 100 м (размеры футб. поля)

Если размеры известны: примерная площадь стоячей воды кв. км средняя глубина стоячей воды метров

Место отбора образцов: сток берег мост лодка исток

Мутность воды: прозрач. мутная неизвестна

Можете ли вы видеть дно? Да Нет

Береговой материал: почва камень бетон растительность

Основная

порода: гранит известняк вулк. породы смеш. осадочные пор. неизвестна

Набор для определения содержания растворенного кислорода

Изготовитель: LaMotte Hach Другой

Наименование _____
модели: _____

Набор для определения щелочности
Изготовитель: LaMotte Hach Другой

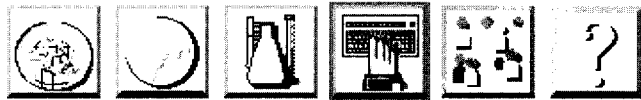
Наименование _____
модели: _____
Кэфф. преобразования: _____

Набор для определения содержания нитратов
Изготовитель: LaMotte Hach Другой

Наименование _____
модели: _____

Набор для титрования солености
Изготовитель: LaMotte Hach Другой

Наименование _____
модели: _____



NOAA/Forecast Systems Laboratory, Boulder, Colorado

Идентификационный номер группы подготовки в США

Время выполнения измерений:

Год: Месяц: выбрать День: Час: всемирного времени

Текущее время: 13 июля 1997 г., 16 ч. по всемирному времени

Расположение участка исследований:

Источник воды:

ПРОЗРАЧНОСТЬ

Плотность облачного покрова:

ясно рассеян. облака разорв. облака сплошной покров

Введите требуемые ниже данные в зависимости от того, какой метод определения прозрачности воды применялся — с помощью диска Секки или с помощью трубки для замера мутности воды.

Первый тест с помощью диска Секки

Глубина, на которой диск исчезает (м): Глуб., на которой диск становится заметен (м)

Расстояние между меткой наблюдателя на веревке и поверхностью воды: метров

Второй тест с помощью диска Секки

Глубина, на которой диск исчезает (м): Глуб., на которой диск становится заметен (м)

Расстояние между меткой наблюдателя на веревке и поверхностью воды: метров

Третий тест с помощью диска Секки

Глубина, на которой диск исчезает (м): Глуб., на которой диск становится заметен (м)

Расстояние между меткой наблюдателя на веревке и поверхностью воды: метров

Тест с помощью трубки для замера мутности воды:

Примечание. Если изображение на дне трубки перестает быть заметным перед максимальным заполнением трубки водой, введите измеренную высоту столба воды; если изображение на дне трубки не перестает быть заметным перед максимальным заполнением трубки водой, введите длину трубки.

Тест 1 (см): Заметно ли изображение при максимальном заполнении трубки?
Тест 2 (см): Заметно ли изображение при максимальном заполнении трубки?
Тест 3 (см): Заметно ли изображение при максимальном заполнении трубки?

ТЕМПЕРАТУРА ВОДЫ

Температура воды: градусов по шкале Цельсия

СОДЕРЖАНИЕ РАСТВОРЕННОГО КИСЛОРОДА

Среднее содержание растворенного кислорода в образце воды: мг/л (эквивалент количества частей на миллион)

КИСЛОТНОСТЬ (pH) ВОДЫ

Среднее значение pH: метод измерения:

ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТЬ

Средняя электропроводность образца воды: микросименсов на см

СОЛЕННОСТЬ

Пункт регистрации приливов и отливов:

Наименование участка:

Широта: град. мин. Сев. шир. Южн. шир.

(введите данные в формате «56 град. 12.84 мин.» и отметьте, какая широта имеется в виду — северная или южная, т. е. к северу или к югу от экватора)

Время наступления прилива или отлива перед выполнением измерений (по всемирному времени):

Часов: Минут: Прилив Отлив

Время наступления прилива или отлива после выполнения измерений (по всемирному времени):

Часов: Минут: Прилив Отлив

Введите требуемые ниже данные в зависимости от метода измерения солености (измерения денсиметром или титрования).

Метод измерения с помощью денсиметра

Температура образца воды в сосуде вместимостью 500 мл (°C):

Удельный вес образца воды:

Соленость образца воды: (частей на тысячу)

: й на тысячу)

Метод титрования солености:

Соленость образца воды: (частей на тысячу)

ЩЕЛОЧНОСТЬ

Средняя щелочность образца воды: мг/л CaCO₃

СОДЕРЖАНИЕ НИТРАТОВ

Среднее содержание нитратов и нитритов в образце воды: мг/л нитритного и нитратного азота

Среднее содержание нитритов в образце воды: мг/л нитритного азота

Примечания:

Ввод этих данных требуется с июня 1997 г. [Справочная информация.](#)



NOAA/Forecast Systems Laboratory, Boulder, Colorado