Как устроен контроль качества воды: от пробы до заключения

Урок-мастерская для старта индивидуального проекта: цепочка «цель — отбор пробы — доставка — анализ — протокол — заключение», правила отбора по ГОСТ, выбор метода анализа под задачу, честный вывод с учётом погрешности. Итог — план собственного исследования.

Экология, химия (индивидуальный проект) · 10–11 класс | 45 минут | план урока

План урока

Связь с программой

Предмет, класс	Тема программы
Индивидуальный проект, 10–11	«ФГОС СОО (приказ Минобрнауки России от 17.05.2012 № 413), п. 18.3.1: «В учебном плане должно быть предусмотрено выполнение обучающимися индивидуального(-ых) проекта(-ов)»»
Проектная деятельность, 10–11	«ФГОС СОО (приказ Минпросвещения России от 11.06.2026 № 414), п. 35: «В учебном плане должны быть предусмотрены часы, отведенные на реализацию проектной деятельности»»
Химия, 11	«Раздел «Химия и жизнь»: «Роль химии в обеспечении экологической… безопасности… Понятие о научных методах познания веществ и химических реакций»»
Биология, 11	«Тема 3 «Организмы и окружающая среда»: «Экология как наука. Задачи и разделы экологии. Методы экологических исследований…»»

ПРЕДМЕТНЫЕ
Описывать этапы контроля качества воды и требования к отбору, хранению и доставке проб; сравнивать методы анализа (тест-полоски, титриметрия, фотометрия, потенциометрия, ИСП-МС, посев на питательные среды) по чувствительности, точности и времени; формулировать заключение по протоколу с учётом норматива и погрешности.

МЕТАПРЕДМЕТНЫЕ
Планировать исследование: проблема, цель, гипотеза, переменные, контроль, повторности, выборка; оценивать надёжность данных и границы выводов.

ЛИЧНОСТНЫЕ
Ответственность исследователя за честность данных; уважение к работе лаборанта; готовность использовать результаты для решений в семье и школе.

Оборудование: Чистые пластиковые бутылки с крышками, этикетки, бланк акта отбора проб, сумка-холодильник (показать); для опыта — pH-метр, универсальная индикаторная бумага, жидкий универсальный индикатор со шкалой; раздаточные данные задач 1–3. Можно показать историю «Как проверяют воду в лаборатории» и игру «Лаборант на день»; план проекта для младших — «Какая вода у меня дома»; химия очистки — урок о водоподготовке.

Ход урока

0–5 **Мотивация**

Две лаборатории проверили одну скважину: «железо 0,28 мг/л» и «железо 0,33 мг/л». Одна говорит «норма», другая — «превышение» (норматив 0,3 мг/л). Кто прав и нужно ли покупать фильтр? Вопрос возвращается в конце урока.

5–15 **Цепочка контроля**
Кто контролирует воду: водоканал — производственный контроль на станции и в сети по утверждённой программе; Роспотребнадзор — надзор и социально-гигиенический мониторинг; Росгидромет — наблюдения за реками и озёрами; колодец или скважину на участке проверяет сам хозяин. Масштаб: в 2024 году у конечных потребителей исследовано 425 046 проб питьевой воды на санитарно-химические и 530 397 — на микробиологические показатели. Этапы: цель → отбор → доставка → приёмка и регистрация → анализ → протокол → заключение.

15–25 **Отбор и доставка**
Задача 1: найти ошибки школьника при отборе проб и исправить их по ГОСТ Р 59024-2020 и ГОСТ 31942-2012. Почему правила для химии и микробиологии различаются.

25–35 **Методы анализа**
Опыт: pH одной и той же пробы тремя способами — среднее и разброс по группам. Задача 2: какие методы применяют для разных показателей, как выбрать метод под задачу, когда тест-полоски достаточно, а когда нет.

35–42 **Протокол и заключение**
Задача 3: учебный протокол с погрешностями. Правило честного вывода: превышение доказано, если и результат минус погрешность выше норматива; соответствие — если результат плюс погрешность не выше норматива; иначе — «на границе», нужен повторный анализ. Возвращаемся к вопросу о железе 0,28 и 0,33.

42–45 **Старт проекта**
Шаблон плана индивидуального проекта (домашнее задание); примеры тем.

Вопросы классу и ожидаемые ответы

Кто и как контролирует качество питьевой воды?
Ответ: Водоснабжающая организация ведёт производственный контроль: берёт пробы на станции и в сети по утверждённой программе. Роспотребнадзор ведёт надзор и социально-гигиенический мониторинг, Росгидромет наблюдает за водными объектами. За колодец или скважину на своём участке отвечает хозяин — проверять воду ему приходится самому.

Чем протокол испытаний отличается от заключения?
Ответ: Протокол — результаты измерений с единицами, погрешностями и методами. Заключение — вывод о соответствии нормативам и рекомендации; в нём рядом с каждым результатом стоит норматив.

Почему правила отбора проб для химического и микробиологического анализа разные?
Ответ: Для химии важно не дать пробе контактировать с воздухом: для железа(II) ёмкость заполняют доверху без пузырьков, иначе кислород окислит Fe^{2+}. Для микробиологии ёмкость стерильная, под пробкой оставляют воздух, чтобы пробу можно было перемешать, а в пробу хлорированной воды вносят тиосульфат натрия — он нейтрализует хлор, чтобы бактерии не гибли по дороге и результат не был занижен.

Почему pH и остаточный хлор лучше измерять на месте или сразу после отбора?
Ответ: Они меняются при хранении: из воды уходит или в неё поступает углекислый газ, и pH смещается; хлор расходуется на реакции и улетучивается. ГОСТ Р 59024-2020 рекомендует определять остаточный хлор на месте отбора или как можно скорее.

Почему по одной пробе нельзя судить о реке или скважине «вообще»?
Ответ: Состав воды меняется: pH — в течение суток и по сезонам; в реках в половодье больше взвеси и органики, в межень — солей; после дождей меняется вода колодцев. Нужна серия проб в разное время и сравнение с контролем.

Что такое повторность и контроль в школьном исследовании?
Ответ: Повторность — несколько измерений или проб в одинаковых условиях, чтобы оценить случайный разброс и посчитать среднее. Контроль — образец для сравнения, отличающийся только изучаемым фактором (например, та же вода без фильтра или дистиллированная вода для проверки реактивов).

Домашнее задание: Составьте план индивидуального проекта на одну страницу: тема; проблема; цель; гипотеза; объект и точки отбора (схема); показатели и методы — что измерите сами, что отдадите в лабораторию; число проб, повторностей и сроки; правила отбора и доставки для каждого показателя; как будете сравнивать с нормативом с учётом погрешности; техника безопасности. Примеры тем: «Мутность реки до и после ливня», «Железо в скважинах посёлка и глубина скважин», «Окисляемость воды родника в половодье и в межень», «Меняется ли pH воды в открытом стакане за сутки».

Опыты

Ничего не пробовать на вкус, посуду — на поднос, после работы вымыть руки. Особые меры — в каждом опыте.

10–11 класс | 10–15 минут

Опыт. Одна проба — три метода: измеряем pH

Нужно: Три пробы по 50 мл: водопроводная вода, минеральная столовая вода, дистиллированная вода, постоявшая сутки в открытом стакане; универсальная индикаторная бумага, жидкий универсальный индикатор со шкалой, pH-метр (откалиброванный по буферным растворам), стаканчики, промывалка с дистиллированной водой; общая таблица на доске.

1. Каждая группа измеряет pH трёх проб тремя способами и вписывает результаты в общую таблицу.
2. Для каждого способа и каждой пробы найти среднее по группам и размах (наибольшее минус наименьшее).
3. Сравнить способы: у какого меньше разброс, совпадают ли средние; какой способ подходит, чтобы проверить пробу с pH у границы норматива (6–9).

Что увидим и почему: Индикаторная бумага и жидкий индикатор дают оценку с шагом около единицы pH, результат зависит от того, как человек видит цвет, — разброс между группами больше. Откалиброванный pH-метр показывает десятые доли и даёт меньший разброс. Постоявшая дистиллированная вода — слабокислая: в ней растворился углекислый газ воздуха. Вывод: метод выбирают под задачу — для ответа «кислая или щелочная» хватает индикатора, для сравнения с нормативом у границы нужен прибор.

⚠ Техника безопасности

- Электрод pH-метра хрупкий: не задевать стенки и дно стакана, после каждой пробы ополаскивать дистиллированной водой, хранить по инструкции к прибору.
- Пробы не пробовать на вкус — даже водопроводную и минеральную: лабораторная посуда не пищевая.
- Пролитую воду сразу вытирать: рядом электроприбор.

Задания с данными

Ключи раскрываются по кнопке — задания удобно показывать на доске.

Задание 1

Задача 1. Найдите ошибки при отборе проб

Школьник собирал пробы воды из скважины и водопровода для проекта. Сверьте его действия с ГОСТ Р 59024-2020 «Вода. Общие требования к отбору проб» и ГОСТ 31942-2012 «Вода. Отбор проб для микробиологического анализа».

Что сделал школьник

№	Действие	Для какого анализа
1	Набрал воду сразу, как открыл кран	все показатели
2	Налил бутылку наполовину и плотно закрыл	железо (II)
3	Взял бутылку из-под сока и налил «под самую крышку»	микробиология водопроводной воды
4	Вёз пробы в тёплой машине и сдал через два дня	все показатели
5	Решил определить остаточный хлор в лаборатории вместе с остальным	остаточный хлор
6	Подписал бутылки «вода 1» и «вода 2», акт отбора не заполнил	все показатели

1. Что не так в пунктах 1 и 2 и как сделать правильно?
2. Какие три ошибки в пункте 3?
3. Что не так с доставкой (пункт 4)? Как продлить срок хранения проб на железо и марганец?
4. Как исправить пункты 5 и 6?

Ключ

1. 1: сначала слить воду несколько минут, чтобы пришла свежая вода, а не застоявшаяся в трубах. 2: для железа(II) ёмкость заполняют доверху, не оставляя пузырьков воздуха, — иначе кислород окислит Fe^{2+} и результат изменится.
2. Ёмкость должна быть стерильной; под пробкой оставляют воздушное пространство, чтобы пробку не смачивало и пробу можно было перемешать; для хлорированной воды в ёмкость вносят тиосульфат натрия, нейтрализующий хлор.
3. Пробы на микробиологию охлаждают до (5 ± 3) °C и начинают анализ в тот же рабочий день. Без консервации железо, марганец, pH, перманганатную окисляемость хранят не более 24 часов. Железо и марганец можно хранить до 1 месяца, если подкислить пробу азотной кислотой до pH менее 2 — это делает специалист при отборе.
4. 5: остаточный свободный хлор определяют на месте отбора или как можно скорее. 6: на бутылке или в сопроводительном документе — место и точка отбора; в акте — дата и время, метод и тип пробы, маркировка ёмкостей, должность, фамилия и подпись исполнителя.

Задание 2

Задача 2. Метод под задачу

Методы, которые применяют лаборатории, и нормативы СанПиН 1.2.3685-21 для питьевой воды.

Показатели и методы

Показатель	Метод в лаборатории	Норматив
pH	Потенциометрия: pH-метр со стеклянным электродом; тест-полоски — лишь приблизительно	6–9
Жёсткость	Комплексонометрическое титрование; тест-наборы — для ориентира	7,0 °Ж (колодцы, скважины — 10)
Железо	Фотометрия с о-фенантролином или сульфосалициловой кислотой; малые концентрации — ИСП-МС	0,3 мг/л
Марганец	Фотометрия (персульфатный метод) или ИСП-МС	0,1 мг/л
Свободный остаточный хлор	Фотометрия с DPD-реактивом на месте или в лаборатории; иодометрическое титрование	0,3–0,5 мг/л в сети
ОМЧ	Посев на питательный агар, подсчёт колоний через 24–48 часов при 37 °C	не более 50 КОЕ/мл
ОКБ и ТКБ	Мембранная фильтрация с посевом на среды; результат через 18–24 часа	не обнаруживаются в 100 мл

1. Для каких показателей ответ можно получить в день отбора, а для каких — не раньше чем через сутки? Почему?
2. Тест-полоска на железо имеет шкалу «0 — 0,1 — 0,3 — 0,5 — 1 — 3 мг/л» (шкала условная). Цвет — между «0,3» и «0,5». Можно ли по ней заключить, что норматив превышен?
3. Зачем лаборатории прибор ИСП-МС, если железо можно определить фотометрически?
4. Какие из показателей таблицы школьник может надёжно измерить сам, а какие стоит отдать в аккредитованную лабораторию?

Ключ

1. Химические показатели (pH, жёсткость, железо, марганец, хлор) — в тот же день. Микробиологические — через 18–48 часов: нужно время, чтобы из отдельных клеток выросли видимые колонии, которые считают.
2. Нет. Шаг шкалы сравним с самим нормативом, а цвет оценивается на глаз. Полоска годится для первичного отбора («есть ли проблема»), для вывода о превышении нужен лабораторный метод с известной погрешностью.
3. ИСП-МС определяет одновременно десятки элементов (железо, марганец, свинец и другие) и замечает их в очень малых концентрациях — там, где чувствительности фотометрии не хватает.
4. Сам — pH (прибором), ориентировочно жёсткость и хлор тест-наборами, наблюдения за цветом, запахом, мутностью. В лабораторию — железо, марганец, нитраты, микробиологию и всё, по чему нужен вывод о соответствии нормативу.

Задание 3 | учебные данные

Задача 3. От протокола к заключению

Учебный протокол испытаний воды из скважины (нецентрализованное водоснабжение). Для учебной задачи взяты нормативы питьевой воды централизованного водоснабжения. Рядом с результатом — погрешность. Правило вывода: превышение доказано, если результат минус погрешность выше норматива; соответствие — если результат плюс погрешность не выше норматива; иначе — «на границе».

Протокол (учебный)

Показатель	Результат	Норматив
pH	7,4 ± 0,2	6–9
Железо, мг/л	0,32 ± 0,08	0,3
Марганец, мг/л	0,05 ± 0,01	0,1
Жёсткость, °Ж	6,1 ± 0,9	10 (для колодцев и скважин)
Нитраты, мг/л	12 ± 2	45
Мутность, ЕМФ	1,2 ± 0,3	2,6
ОКБ, КОЕ в 100 мл	не обнаружены	не допускаются
ОМЧ, КОЕ/мл	8	не более 50

1. Сравните каждый показатель с нормативом по правилу вывода.
2. Как честно сформулировать вывод по железу?
3. Вернитесь к вопросу из начала урока: «0,28» и «0,33 мг/л» при погрешности около 0,08 мг/л — противоречат ли лаборатории друг другу?
4. Напишите заключение для семьи в 3–4 предложениях.

Ключ

1. pH: 7,2–7,6 — соответствует. Железо: 0,24–0,40 — на границе. Марганец: до 0,06 < 0,1 — соответствует. Жёсткость: до 7,0 < 10 — соответствует. Нитраты: до 14 < 45 — соответствует. Мутность: до 1,5 < 2,6 — соответствует. ОКБ не обнаружены, ОМЧ 8 < 50 — соответствует.
2. «Содержание железа 0,32 ± 0,08 мг/л близко к нормативу 0,3 мг/л; превышение не доказано. Рекомендуется повторный отбор и анализ».
3. Нет: интервалы 0,20–0,36 и 0,25–0,41 перекрываются, обе лаборатории могли измерить одно и то же. Обе — «на границе»; для решения о фильтре нужна повторная проба.
4. «Вода из скважины по исследованным показателям соответствует нормативам, кроме железа, которое находится на границе норматива. Микробиологических нарушений не выявлено. Рекомендуем повторить анализ на железо через 1–2 месяца; при подтверждении превышения — установить фильтр-обезжелезиватель».

10–11 класс | 20 минут | лист + ключ

Рабочий лист «Рабочий лист: контроль качества воды»

Правило вывода: превышение доказано, если результат минус погрешность выше норматива. Данные в заданиях 4–5 учебные.

▼ **Источники фактов и чисел (12)**

- ФГОС СОО № 413, п. 18.3.1: «В учебном плане должно быть предусмотрено выполнение обучающимися индивидуального(-ых) проекта(-ов)» (ред. приказа № 732 от 12.08.2022) — docs.cntd.ru
- ФГОС СОО № 414 от 11.06.2026, п. 35: «В учебном плане должны быть предусмотрены часы, отведенные на реализацию проектной деятельности» — garant.ru

- в 2024 году у конечного потребителя исследовано 425 046 проб питьевой воды на санитарно-химические и 530 397 проб на микробиологические показатели — Госдоклад Роспотребнадзора «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в РФ в 2024 году», с. 48
- производственный контроль ведут водоснабжающие организации по утверждённой программе; Роспотребнадзор ведёт социально-гигиенический мониторинг; Росгидромет наблюдает за водными объектами — справочник показателей (СанПиН 1.2.3685-21)
- при нецентрализованном водоснабжении хозяин сам отвечает за состояние источника и очистку воды — справочник показателей (СанПиН 1.2.3685-21)
- ГОСТ Р 59024-2020 «Вода. Общие требования к отбору проб» (приказ Росстандарта от 10.09.2020 № 640-ст, действует с 01.01.2023): для железа(II) ёмкость заполняют доверху без пузырьков воздуха; остаточный свободный хлор — анализ на месте отбора или как можно скорее; pH — как можно скорее; железо общее и марганец — без консервации 24 ч, с подкислением азотной кислотой до pH менее 2 — 1 месяц; перманганатная окисляемость — без консервации 24 ч; акт отбора: место и точка отбора, дата и время, метод и тип пробы, маркировка ёмкостей, должность, фамилия и подпись исполнителя — meganorm.ru
- ГОСТ 31942-2012 «Вода. Отбор проб для микробиологического анализа»: ёмкости стерильные; между пробкой и водой оставляют воздушное пространство (п. 5.9); при наличии дезинфектанта вносят тиосульфат натрия (п. 5.7, прил. Д.Б); пробы охлаждают до (5 ± 3) °C (п. 7.1); анализ начинают в тот же рабочий день (п. 7.2) — meganorm.ru
- перед отбором пробы воду сливают несколько минут, чтобы пришла свежая; пробу везут в прохладе; в заключении рядом с каждым числом стоит норма; ИСП-МС определяет железо, марганец, свинец и десятки других веществ — Как проверяют воду
- методы и нормативы (СанПиН 1.2.3685-21, показатели с ok: true): pH — pH-метр, тест-полоски приблизительно, норматив 6–9; жёсткость — комплексонометрическое титрование, 7,0 мг-экв/л (нецентрализованное — 10); железо — фотометрия с о-фенантролином или сульфосалициловой кислотой, ИСП-МС, 0,3 мг/л; марганец — персульфатный метод или ИСП-МС, 0,1 мг/л; свободный остаточный хлор — DPD-фотометрия или иодометрическое титрование, 0,3–0,5 мг/л в сети; ОМЧ — посев, 24–48 часов при 37 °C, не более 50 КОЕ/мл; ОКБ и ТКБ — мембранная фильтрация, 18–24 часа, не обнаруживаются в 100 мл; нитраты — 45 мг/л; мутность — 2,6 ЕМФ — справочник показателей (СанПиН 1.2.3685-21)
- pH меняется при хранении (уходит или поступает углекислый газ), а также в течение суток и по сезонам; в половодье в реках больше взвеси и органики, в межень — солей — справочник показателей (СанПиН 1.2.3685-21)
- параметры опыта: пробы по 50 мл — параметры учебного опыта (подобраны для урока)
- мотивация урока: результаты 0,28 и 0,33 мг/л — учебный пример — учебный пример