



Урок 31. Адаптация к высоте и нагрузке

Часть 1. Материалы ученика

Практическая биология · 9 класс

Урок 31 из 45 · 45 минут · Модуль «Адаптации организма человека»

Уровень: начинающий исследователь.

Программа: <https://schoolotzyv.ru/blog/prakticheskaya-biologiya-9-klass-programma>

На высоте доля кислорода в воздухе почти та же. Почему его доступность всё же меняется?

Результат урока: Рассчитать условное парциальное давление и различить быстрые реакции, длительную акклиматизацию и изменение концентрации клеток крови.

01. Проблемная ситуация

0–5 минут. Два сухих воздушных объёма содержат по 21% кислорода, но давление 100 и 70 кПа. Ученик объявил условия одинаковыми. Вычислите 21% каждого давления и сформулируйте вопрос, который не решается одним процентом состава.

02. Понятия и разобранный пример

5–14 минут: 4 минуты на понятия, 3 на пример, 2 на объяснение способа партнёру.

Понятия и способ проверки

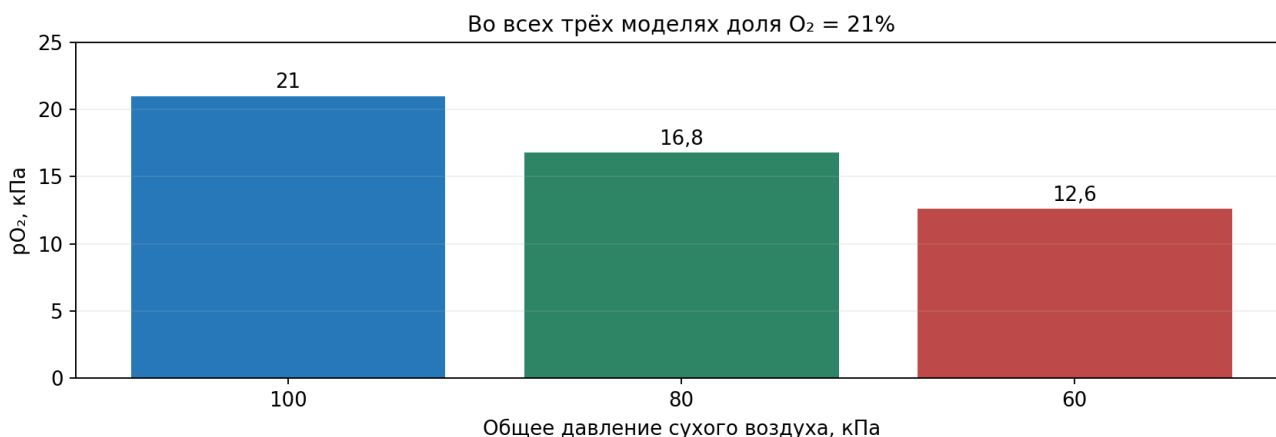
Парциальное давление компонента газовой смеси — его доля, умноженная на общее давление. В модели сухого воздуха $p_{O_2} = 0,21 \times P$. При уменьшении P доля остаётся 21%, а p_{O_2} падает. Значения для сухого внешнего воздуха нельзя считать давлением кислорода в альвеолах: там смесь изменена увлажнением и газообменом.

При нагрузке вентиляция и кровообращение могут быстро изменяться в связи с потребностями организма. При длительном пребывании на высоте действуют механизмы акклиматизации, включая стимуляцию образования эритроцитов эритропоэтином. Быстрое изменение дыхания и образование новых клеток — процессы разных временных масштабов.

Концентрация клеток равна их числу, делённому на объём. Она может вырасти как при увеличении числа клеток, так и при уменьшении объёма плазмы. Поэтому один показатель концентрации не доказывает усиления эритропоэза. Все числа ниже описывают условные сосуды и воздушные смеси, а не медицинские обследования.

Работайте по подписям и масштабу; рисунки условные и не заменяют запись реального наблюдения.

Разбор: при $P = 80$ кПа имеем $p_{O_2} = 16,8$ кПа, а при 100 кПа — 21 кПа. Снижение 4,2 кПа, или 20% исходного. В отдельной модели 400 клеток в 100 единицах объёма дают 4 клетки/ед.; те же 400 в 80 дают 5. Рост концентрации на 25% не означает появления новых клеток.



Сухой воздух: одинаковая доля $O_2 = 21\%$, но разные парциальные давления при $P = 100, 80$ и 60 кПа.



03. Практика 1. Проверяем материал

Данные для самостоятельного анализа

14–25 минут. Все записи ниже — учебные данные, а не результаты обследования учеников. В паре: 3 минуты на чтение и разметку, 5 на решение, 3 на взаимную проверку по критериям.

Воздушная модель	Общее давление P , кПа	Доля O_2
A	100	0,21
B	80	0,21
C	60	0,21

Вычислите pO_2 и процент снижения относительно A для B и C. Постройте столбики с единицами и подпишите неизменную долю газа. Затем распределите карточки «изменение глубины дыхания», «увеличение образования эритроцитов», «уменьшение объёма плазмы» по смыслу: быстрый ответ, более длительное клеточное изменение, изменение концентрации без обязательного роста числа клеток. Обоснуйте одно различие.

04. Практика 2. Перенос способа

Новое условие

25–33 минуты. Сравните два условных сосуда с исходными 500 клетками в 100 единицах объёма. В X стало 600 клеток при объёме 100, в Y осталось 500 при объёме 80. Найдите концентрации и их процентный рост. Какой набор действительно показывает увеличение числа клеток? Назовите измерение, позволяющее различить причины.

05. Обсуждение и границы вывода

33–40 минут. Можно ли по повышенной частоте дыхания объявить человека «лучше адаптированным»? Сопоставьте реакцию на нагрузку, условия среды и ограничение одиночного измерения.

06. Индивидуальная проверка

40–45 минут. $P = 90$ кПа, доля $O_2 = 0,21$. Найдите pO_2 . Концентрация клеток выросла, их число неизвестно: доказывает ли это эритропоэз? Объясните одним контрпримером.



Часть 2. Ответы и материалы учителя

Практика 1: разбор и критерии

pO_2 : 21; 16,8; 12,6 кПа. Снижение В на 20%, С на 40%. Доля во всех случаях 21%. Изменение дыхания может быть быстрым, усиление образования эритроцитов требует времени; уменьшение объёма плазмы само по себе не создаёт эритроциты. Расчёты и график — 2 балла, распределение и объяснение — 2.

Практика 2: разбор и критерии

Исходно 5 клеток/ед. X: 6, рост 20%; Y: 6,25, рост 25%. Увеличение числа клеток есть только в X. Для разделения причин нужны число клеток и объём, а не концентрация одна. Расчёты — 2 балла, вывод и нужные данные — 1.

Обсуждение: возможный вывод

Нет: одна частота не показывает глубины дыхания, газообмена, нагрузки и исходного состояния. Альтернативы — временная реакция на условия или другое влияние. Для исследования нужны одинаковые условия и серия наблюдений, но на уроке используются только готовые данные. Расчёты не служат разрешением на высотные или нагрузочные испытания.

Индивидуальная проверка: ответ и критерии

$pO_2 = 18,9$ кПа. Не доказывает: тот же набор клеток в меньшем объёме даёт большую концентрацию. Расчёт — 1 балл, ответ и контрпример — 2.

Учителю: подготовка и план на 45 минут

На пару: распечатка ученической части PDF, карандаши двух цветов, линейка, простой калькулятор. Все схемы и исходные данные включены. Только готовые данные и бумажные модели. Не брать биологические пробы, не проводить нагрузочных, болевых, температурных или иных физиологических испытаний. Не ставить диагнозы и не назначать лечение. Личные медицинские, репродуктивные и генетические сведения не собирать. Интернет, регистрация и аккаунты детям не нужны.

Уровень — начинающий исследователь, 9 класс. Предпосылки: понятия клетки, ткани и органа; чтение графиков, таблиц и стрелочных схем. В паре один описывает, второй проверяет, затем меняются. Все изображения и числовые серии учебные; работу по ним не выдавать за проведённый опыт. Подготовка и печать выполняются до урока; разборы открываются после самостоятельной попытки. При затруднении учитель разбирает первую строку вместе с классом, остальные учащиеся выполняют самостоятельно.

Минуты	Работа	Результат
0–5	Проблема	Вопрос и первое решение
5–14	Понятия и пример	Способ проверки
14–25	Практика 1	Готовый продукт и проверка
25–33	Практика 2	Перенос способа
33–40	Обсуждение	Аргумент и ограничение
40–45	Индивидуальная проверка	Самостоятельный ответ



07. Соответствие исходной программе

Пункт программы	Действие ученика	Проверяемый результат
15.1. Адаптации организма	Сравнить газовые смеси	Доля и давление не смешиваются
Гипоксия и эритропоэз	Разделить временные масштабы	Быстрый ответ и длительная перестройка
Нагрузка и интерпретация	Проверить два объяснения концентрации	Вывод опирается на достаточные данные

Источники и права на изображения

Исходная программа курса

<https://schoolotzyv.ru/blog/prakticheskaya-biologiya-9-klass-programma>

OpenStax: 22-6-modifications-in-respiratory-functions

<https://openstax.org/books/anatomy-and-physiology-2e/pages/22-6-modifications-in-respiratory-functions>

Тексты, задания, учебные данные и схемы разработаны для портала «Школы России». Числовые серии — учебные модели, не результаты проведённых классом опытов. Схемы авторские, не копии микрофотографий; сторонние изображения не используются. Фактические сведения сверены по указанным источникам 19.10.2026. Материалы полностью даны, переход по внешним ссылкам ученику не требуется.