

СПХФУ
с 1919 года на службе
науке и здоровью нации



Санкт-Петербургский
государственный химико-
фармацевтический университет

[Санкт-Петербургский химико-фармацевтический университет](#) (ФГБОУ ВО СПХФУ Минздрава РФ) – это современный научно-образовательный центр подготовки кадров для реализации всех этапов жизненного цикла лекарственных препаратов, лидер по подготовке кадров для фармацевтической и смежных отраслей (медтех, фудтех, здоровьесберегающие технологии). Важными аспектами деятельности университет считает профориентационную работу со школами-партнерами, формирование образовательного пространства «школа-вуз», объединяющего «первую» и «вторую» половину дня, передачу школьным сообществам новых способов педагогической деятельности; налаживание образовательного взаимодействия вуза, школы и бизнес-структур. Выпускники университета работают на крупнейших химико-фармацевтических предприятиях отрасли, в R&D-структурах ведущих отечественных компаний по производству лекарственных препаратов, центрах контроля качества лекарственных средств, аптечных сетях и научно-производственных центрах.

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОРГАНИЗАЦИИ СОБЫТИЯ

«Химическая биология» — это фестиваль исследовательских вопросов школьников, адресованных самим себе и своим сверстникам для дальнейшей исследовательской работы и ученым химикам и технологам Санкт-Петербургского химико-фармацевтического университета как экспертам фармы. Это кросс-возрастное событие, направленное на вовлечение школьников в область междисциплинарного направления «фармакология», «фармакогнозия».

Фармакогнозия – наука, изучающая вещества растительного и животного происхождения, обладающие лекарственными свойствами.

Фестивальная программа рассчитана на период от одного до 5 дней. Во время фестиваля школьники познакомятся с биологическими особенностями и химическими свойствами некоторых лекарственных растений, сформулируют свои вопросы к ученым химико-фармацевтической отрасли, а некоторые вопросы, возможно, станут для ребят основой для собственных исследовательских задач.

Событие рекомендовано для использования в качестве массового во время проведения Недели высоких технологий и технопредпринимательства 2024, а также может быть одним из фестивальных мероприятий по запуску годового цикла школьных

исследований и проектов в области фармацевтики для подростковой школы и старших классов в начале учебного года.

Для проведения фестивального события необходимо:

Помещения. Несколько помещений, одно большое помещение, способное вместить всех участников в формате выставочного пространства (возможное количество школьников – до 50 человек), оснащенное экраном (проектором) с возможностью демонстрации презентации и видеоконтента, подобранного по тематике события организаторами, а также несколько помещений для работы в классах - групповой работы школьников.

Техника. Для работы на занятиях в подгруппах необходим экран с возможностью демонстрации презентации.

Команда. В команде для проведения мероприятия – учителя биологии и химии, технический специалист, организаторы, фотограф. Также в подготовке события и его проведении участвуют старшеклассники (если в вашем городе есть вуз или колледж химико-фармацевтического направления рекомендуем вам пригласить в качестве экспертов молодых ученых и студентов старших курсов вуза). В подготовку фестиваля могут быть вовлечены школьники старших классов, работающие над исследовательскими задачами или собственными проектами в области фармакогнозии или фармацевтики.

Старшеклассники берут на себя роль тьюторов или «старших научных сотрудников лаборатории фармакогнозии или химической биологии», организуют выставочные стенды, подбирают информационные материалы, стендовые доклады и экспонаты для школьников младших возрастов. Готовят и проводят опыты из перечня предложенных кейсов (обнаружение кислотных свойств или растения индикаторы).

На стендах должна быть представлена информация о растениях, обладающих особенными признаками, необычными свойствами, лекарственными свойствами или необычной спецификой – защитными функциями, связанными с различными биологически активными веществами, особыми приспособлениями для защиты или распространения. Например, крапива имеет жгучие волоски на поверхности стебля и листьев; багульник обладает сильным ароматом фунгицидного и инсектицидного действия – против микроскопических плесневых грибов и кровососущих насекомых; ясенец (купина неопалимая) содержит эфирные масла, способные самопроизвольно воспламеняться при высоких дневных температурах, но растение не гибнет при этом. Особый интерес представляют растения, у которых можно было бы обнаружить

На стендах могут быть размещены не только карточки, книги, информационные карты, но и различные растительные материалы – склянки с перцем (различных сортов – перец горошек черный, белый, красный; красный стручковый перец, чеснок и т.д.),

склянки с косточками растительных культур – яблони, вишни, абрикоса, связки сушеных трав, растительные лекарственные средства в аптечной упаковке.

Рядом со единичным стендом рекомендуем вам разместить пробковую поверхность (пробковую доску) либо использовать обычную покрытую краской стену, на которую ребята смогут размещать на самоклеящихся стикерах собственные вопросы по тематике стенда. Вопросы могут быть самого разного характера - от вопросов, ответы на которые можно легко найти в энциклопедиях до сложных и интересных вопросов исследовательского характера, про которые интересно думать и рассуждать, высказывать гипотезы и предположения. Именно эти вопросы мы предлагаем вам собрать и направить ученым ХимФармы.

Такие исследовательские вопросы представляют особую ценность для организации последующей работы с детьми. Обсуждение со школьниками неочевидных фактов о растениях, их удивительных и необычных свойств становится основой для будущей поисковой и исследовательской работы школьников.

Итоги фестивального события подводятся в конце Недели. Жюри выбирает от 3 до 10 самых интересных исследовательских вопросов о химических свойствах растений. Вопросы школьников Ученым ХимФармы присылайте по адресу: pic-center@spcpu.ru с пометкой «Мой вопрос ученому ХимФармы».

Учителя при подготовке к фестивалю «Химическая биология» кроме представленных ниже описаний кейсов могут опираться и использовать в работе уроки под ключ:

«Как лечат лекарственные растения?» - из массива <http://htweek.ru/lessons/2022/> для работы со школьниками 3-4 классов

«Зеленая лавка» - <http://htweek.ru/lessons/2024/> для работы со школьниками 9-11 классов

«Ароматные приключения» - <http://htweek.ru/lessons/2024/> для работы со школьниками 9-11 классов

Чтобы успешно организовать работу с младшими школьниками и младшими подростками «вокруг химической биологии» познакомьтесь со статьей [«Как превратить детское любопытство в любознательность и научное мышление»](#) (электронный журнал «Вести образования», февраль, 2023).

Фото и справка **о проведении**. Во время проведения Фестивального события сделайте 3-4 фотографии. Поделитесь информацией о проведенном фестивале в социальных сетях, сообщите об этом pic-center@spcpu.ru с пометкой «Фестиваль Химическая биология».

По итогам проведения Фестивального события необходимо в общей справке о проведении событий НВТиТ – 2024 заполнить поле о проведении Фестивального события. Фото и справку о Фестивальном событии присылайте на адрес Центра проектных и исследовательских компетенций ФГБОУ ВО СПХФУ Минздрава России: pic-center@spcpcu.ru.



Информационные материалы для обсуждения со школьниками

Механизмы защиты растений

Растения встречаются практически во всех экологических нишах на земле. Без них Земля, какой мы ее знаем, не могла бы существовать. Тем не менее, огромное количество других видов, включая животных используют растений как основной источник своей пищи. Некоторые такие животные хорошо знакомы, например, крупные пасущиеся млекопитающие, включая оленей или крупный рогатый скот. Но большинство из них — это сотни тысяч видов насекомых и родственных им членистоногих. Чтобы защититься от нападения, растения используют множество стратегий, о части из которых мы расскажем ниже.

Животные используют множество различных механизмов для избегания хищников. Поведенческие реакции, такие как бег, очень важны. Растения, в противоположности этому, «сидячие», что означает, что они не способны к активному движению. Из-за своих корней, которые прикрепляют их к почве растения не могут убежать от хищников. Поэтому, эволюционно они разработали другие защитные механизмы, например, физическую и химическую защиту, чтобы защитить себя от травоядных животных.

Физическая защита - является первой линией защиты для многих растений. Эта защита мешает травоядным поедать растения. Примерами физической защиты являются шипы на розах и шипы на деревьях, таких как боярышник. Эта физическая защита причиняет вред травоядным животным и мешает им есть стебли и листья растений.

Некоторые травянистые растения, такие как кукуруза, рис и пшеница, поглощают кремний из почвы. Твердые частицы кремния делают листья трав абразивными. Эта защита работает, стирая зубы крупных пасущихся млекопитающих и челюсти кузнечиков.

Листья некоторых растений кажутся пушистыми на ощупь из-за небольших структур, называемых трихомами. Эти крошечные выступы на поверхности листьев могут быть очень плотными. Этот «лес» трихом затрудняет доступ насекомых и клещей к клеткам листа растения.

Химическая защита - способность растений использовать разнообразный арсенал химических веществ для отпугивания травоядных животных. Многие из этих соединений токсичны, наносят ущерб или даже убивают травоядных животных. В других случаях влияние этой защиты является косвенным. Например, некоторые растения производят нектар, привлекающий муравьев. Муравьи питаются питательным нектаром, который производит растение. В свою очередь муравьи защищают растение от травоядных насекомых, поедающих его листья.

Кейс 1. Родственные виды

В данной задаче предлагается рассмотреть три внешне схожих растений и разобраться в том, кто из них является лишним в данном ряду и почему.

На слайде приведены три картинки растений, слева на право – Крапива двудомная (*Urtica dioica*), крапива жгучая (*Urtica urens*) и яснотка белая (*Lamium album*).

У этих трех растений есть ряд общих признаков:

1) Внешнее сходство. Все три растения являются представителями одного семейства – губоцветные (*Lamiaceae*). Благодаря их родству у данных растений есть ряд общих морфологических признаков: стебли полые, четырехгранные, листья крест-накрест супротивные, равносторонние, длинночерешковые, простые, цельные, тёмно-зелёного цвета, форма листовой пластинки продолговатая яйцевидно-сердцевидная или яйцевидно-ланцетная, прилистники стеблевые, свободные, продолговатые или узко треугольные. Все части растения покрыты многочисленными волосками.

2) Среда обитания. Рудеральные растения. Растут на сорных местах у жилищ и заборов, близ скотных дворов, вдоль дорог, на кладбищах, пустырях и заброшенных землях, на незаросших лесных вырубках, по сырым лугам и лесам, берегам водоёмов, канавам и оврагам. Благодаря своей способности вегетативно размножаться с помощью длинных корневищ часто образуют обширные, почти чистые заросли.

Основным отличием этих растений заключается в том, что яснотка белая не имеет жгучих волосков, в то время как крапива двудомная и крапива жгучая их имеют.

Жгучие волоски (эмергенцы) имеют особое строение. В них находится жидкость, которая содержит в своем составе раздражающие/жгучие вещества. Вещества, которые содержатся в крапиве можно разделить на две группы – органические кислоты (муравьиная, щавелевая) и нейромедиаторы (гистамин, ацетилхолин и серотонин). Органические кислоты по своей природе являются химическими раздражителями и при контакте с кожи вызывают химическим ожоги. Нейромедиаторы, с другой стороны, являются узкоспециализированные молекулы, которые селективно воздействуют на наши нейроны и способны в избытке вызывать болевые ощущения. Здесь крайне интересно отметить, что крапива в течении эволюции научилась синтезировать животные нейромедиаторы и использовать их в качестве защитного механизма.

При соприкосновении кожи с жгучими волосками отламывается верхняя часть волосков, после чего они на подобии иглы протыкают кожу и вводят в нее раздражающие вещества. В результате, на месте контакта с кожей возникает воспалительная/болевая реакция.

В обычных условиях гистамин находится в организме преимущественно в связанном, неактивном состоянии. При различных патологических процессах, а также при поступлении в организм некоторых химических веществ, количество свободного гистамина увеличивается. Свободный гистамин обладает высокой физиологической активностью: он вызывает спазм гладких мышц (включая мышцы бронхов),

расширение капилляров и понижение артериального давления; застой крови в капиллярах и увеличение проницаемости их стенок; вызывает отёк окружающих тканей и сгущение крови.

Противозудные препараты, обычно в виде кремов, содержащих антигистаминные препараты или гидрокортизон, могут облегчить крапивный дерматит. Если человек трогал место ожога, важно не касаться глаз и лица, пока не помоют руки — на руках может оставаться жидкость из жгучих волосков крапивы.

Наличие у крапивы жгучих волосков позволяет развиваться разным видам экологических взаимоотношений между крапивой и более чем 40 видами беспозвоночных. Беспозвоночные, такие как гусеницы, божьи коровки и тля, защищены жалящими волосками листьев от пасущихся животных, таких как овцы и крупный рогатый скот. Насекомые имеют твердый внешний экзоскелет (в отличие от людей с жестким эндоскелетом), в который не могут проникнуть игольчатые волоски крапивы, поэтому они не жалятся. Не говоря уже о том, что крапиве не нужно защищаться от жуков-божьих коровок, потому что они охотятся на других насекомых и не едят растения. Эти насекомые, в свою очередь, привлекает земноводных, ежей и лесных птиц.

Со школьниками рекомендуется обсудить следующие вопросы:

- 1) Какие растения изображены на рисунках?
- 2) Где можно найти данные растения?
- 3) Какие из этих растений способны при контакте с кожей вызывать раздражение, а какое нет?
- 4) Почему данные растения вызывают ощущение жжения?
- 5) Какой химический состав жгучих волосков и каким образом они взаимодействуют с кожей?
- 6) С помощью каких средств можно бороться с жжением после контакта с крапивой?
- 7) Почему некоторые растительноядные насекомые все равно способны есть крапиву?

Кейс 2. Яды и прояды

В данной задаче предлагается разобраться с разновидностью химической защиты растений и познакомиться с понятием “летальной дозы”.

Синильная кислота представляет собой крайне ядовитую (летальная доза 1–3 миллиграмм на килограмм массы тела для большинства позвоночных животных) бесцветную жидкость, которая встречается в природе в составе цианогенных гликозидов в качестве защиты от поедания в семенах некоторых растений. Часто встречается описание что синильная кислота имеет запах «горького миндаля».

Амигдалин представляет собой цианогенный гликозид, который при контакте со слюной или с ферментом бета-глюкозидаза образует цианистый водород (HCN). Однако не следует сильно бояться, горький вкус плодов, которые его содержат обычно предотвращает опасную для жизни дозу (10–20 кусочков горького миндаля могут быть смертельными, если их съесть в сыром виде).

Плоды растений рода слива (*Prunus*) семейства розоцветные (*Rosaceae*), такие как яблоки, абрикосы, вишня, персики и сливы, помимо амигдалина могут содержать другие цианогенные гликозиды, например, пруназин. В качестве примера других цианогенных гликозидов можно привести таксифиллин, содержащиеся в незрелых побегах бамбука, линамарин и лотаустралин, которые сконцентрированы в кожуре маниоки и лимской фасоли, корни сорго богаты дуррином, который защищает растения от насекомых и червей.

Таким образом, цианогенные гликозиды, например, амигдалин являются проядами, так как прямого токсического действия они не оказывают, но под воздействием определенных факторов способны освобождать синильную кислоту, которая уже непосредственно проявляет токсическое действие. Синильная кислота не образуется в интактных плодах растений, так как цианогенные гликозиды и ферменты их расщепляющие находятся в разных отсеках, компоненты которых при повреждении объединяются с образованием синильной кислоты.

Цианид-анион является ингибитором фермента цитохром-с-оксидазы, входящий в состав четвертого комплекса цепи переноса электронов, обнаруженного во внутренней мембране митохондрий эукариотических клеток. Он необратимо связывается с атомом железа в данном белке. Связывание цианида с этим ферментом предотвращает транспорт электронов от цитохрома с к кислороду. В результате цепь переноса электронов нарушается, а это означает, что клетка больше не может аэробно производить АТФ для получения энергии. Особенно страдают ткани, которые в значительной степени зависят от аэробного дыхания, такие как центральная нервная система и сердце. Это пример гистотоксической гипоксии.

Отравления цианидами можно лечить с помощью нескольких антидотов с разными механизмами действия. В зависимости от типа воздействия можно

использовать цианокит (гидроксокобальмин) или набор антидотов от цианидов (амилнитрит, вводимый ингаляционно; нитрит натрия и тиосульфат натрия, вводимые инфузионно).

LD_{50} (летальная доза) - средняя доза вещества, вызывающая гибель половины членов испытываемой группы животных. Один из наиболее широко применяемых показателей опасности ядовитых и умеренно-токсичных веществ. Обычно указывается в единицах массы вещества на единицу массы испытуемого объекта (например, мг/кг). Предполагается, что исследуемый объект находится в типичном состоянии, в нормальных условиях, без приёма каких-либо антидотов и других специальных мер предосторожности и усугубляющих факторов.

Со школьниками рекомендуется обсудить следующие вопросы:

- 1) Что такое яд?
- 2) Что такое прояд?
- 3) Что такое антидот?
- 3) Что такое синильная кислота? Почему она токсична?
- 4) В каких литературных произведениях встречаются отравления синильной кислоты?
- 5) Какие известны исторические случаи отравления синильной кислотой?
- 6) Что является антидотом при отравлении синильной кислотой?
- 7) Рассчитайте число семечек, которое составит LD_{50} для модельных животных (кит, медведь, голубь). Расчет можно провести в два действия, сперва необходимо рассчитать какое количество синильной кислоты в граммах составит летальную дозу, путем умножения значения LD_{50} (0,0015 г/кг) на массу животного, например для медведя $0,0015 \times 400 = 0,6$. Затем необходимо поделить полученное значение на массу синильной кислоты в одной косточке, например для медведя и миндаля получается $0,6/0,0051 = 117,6$ косточек!

Кейс 3. Острые растения

В данной задаче предлагается разобраться с разновидностью химической защиты растений и более детально познакомиться с понятием остроты.

Как оказывается, не все химические механизмы защиты растений отпугивают животных. Острый вкус, который ассоциирован с многими пищевыми продуктами и специями изначально эволюционировал у растений, чтобы защитить целое растение

или определенную ее часть от поедания животными. Но, в данном случае получился обратный эффект! Людей острый вкус растений не отпугнул, а наоборот понравился и человек начал применять данные растения в пищу в качестве приправы и ввел эти растения в культуру, чтобы можно было их легче собирать. Основные вещества, которые вызывают острый вкус у растений, можно подразделить на две большие группы: жгучие вещества - капсаициноиды (капсаицин, пиперин, гингерол) и острые вещества - гликозинолаты.

Основной и самый известный представитель капсаициноидов - капсаицин. Капсаицин эволюционно выработался в перце для отпугивания грызунов, питающихся семенами, которые во время поедания семян их измельчают, тем самым их уничтожая и препятствуя их распространению и прорастанию. Птицы, с другой стороны, поедая семена их не измельчают, что позволяет семенам распространяться через дефекацию (у птиц семена перца не разрушаются в результате пищеварения). Также установлено, что птицы не чувствуют жгучего вкуса из-за отсутствия соответствующих рецепторов, но у млекопитающих, включая грызунов и человека, они есть. К жгучим растениям можно отнести - имбирь, черный перец, белый перец и перец чили.

Однако, в отличие от большинства других млекопитающих, многие люди предпочитают острую пищу. Было предложено несколько причин для этого. Теория поиска острых ощущений предполагает, что некоторых людей острый вкус привлекает из-за сильных и/или острых ощущений. Согласно антимикробной теории, в пищу в жарком климате добавляют обычные специи из-за антимикробных свойств родственных веществ. Единственное другое млекопитающее, которое, как известно, потребляет острую пищу, — это северная землеройка (*Tupaia belangeri*).

Для оценки степени жгучести перцев используется шкала Сковилла. При органолептическом варианте теста Сковилла точную массу сушеного перца растворяют в спирте для извлечения острых компонентов (капсаициноидов), а затем разводят в растворе сахарной воды. Путем множества последовательных разведений изначального концентрата экстрагированных капсаициноидов получают разведения, которые передаются группе из пяти обученных дегустаторов до тех пор, пока большинство (по крайней мере трое) не перестанут ощущать жгучий вкус в разведении. Полученная степень разведения в последствии умножается на 100 SHU (единицы шкалы Сковилла). Шкала Сковилла измеряет остроту в пересчете на чистый капсаицин.

К острой еде можно отнести пищевые продукты, содержащие гликозинолаты. Гликозинолаты являются природными компонентами многих острых растений, таких как горчица, капуста и хрен. Острота этих растений обусловлена горчичными маслами,

получаемыми из глюкозинолатов, когда растительный материал пережевывают, нарезают или иным образом повреждают. Эти природные химические вещества, скорее всего, способствуют защите растений от вредителей и болезней и придают крестоцветным овощам характерный горький вкус. Данные растения содержат фермент мирозиназу, которая в присутствии воды отщепляет группу глюкозы от глюкозинолата. Оставшаяся молекула затем быстро превращается в летучие изотиоцианаты, нитрилы или тиоцианаты; как раз именно эти активные вещества, служат для защиты растения. К острым растениям можно отнести - лук, чеснок, васаби.

Со школьниками рекомендуется обсудить следующие вопросы:

- 1) Почему некоторые растения «острые»?
- 2) Какие пищевые продукты можно назвать острыми?
- 3) С какой целью применяют острые растения в пищу?
- 4) Какие животные способны ощущать острый вкус, а какие нет?
- 5) Благодаря каким веществам перцы обладают жгучим вкусом?
- 6) Что такое шкала Сковилла и на чем она основывается?
- 7) Как отличаются острые ощущения после поедания горячего перца (подсказка - язык) и васаби (подсказка - нос)?

Кейс 4. Кто кислый?

В данной задаче предлагается разобраться с понятием кислотности и провести эксперимент по определению pH растворов.

Слово “кислотность” включает в себя два понятия. Первое понятие - кислотность в качестве вкусового ощущения, например кислый вкус лимонного сока. Второе понятие - кислотность (pH) величина применяемое для обозначения концентрации протонов водорода (кислот) в растворе. Эти два понятия разные, но тем не менее связанные. Кислый вкус в основном обеспечивается присутствием протонов (кислот) в растворе! Большинство кислот имеют кислый вкус, но не стоит их при этом пробовать, так как это чревато сильными химическими ожогами.

Индикатор pH (индикатор кислотности) — это химические вещества, добавляемые в небольших количествах в раствор, чтобы pH (кислотность или

основность) раствора можно было определить визуально или спектроскопически по изменениям окраски раствора.

В растениях можно встретить природные pH индикаторы, к ним, в частности, относятся антоцианы - природные полифенольные метаболиты растений. Красная капуста — овощ, содержащий антоцианы. Когда капуста измельчается, а затем кипятиться в воде, в раствор экстрагируются антоцианы. Раствор этих пигменты в воде имеет фиолетовый цвет (pH около 7), и он действуют как индикатор pH. При смешивании данного исходного раствора с сильным основанием он становится синим, а с сильной кислотой — красным. Между двумя этими крайностями также существуют разные оттенки цветов, поэтому антоцианы могут действовать в качестве универсальных индикаторов и примерно показывать, какой pH имеет изучаемый раствор.

Для приготовления раствора pH индикатора из красной капусты понадобится:

- 1) 10 больших листьев красной капусты
- 2) 1,5 литра воды
- 3) Нож
- 4) Блендер
- 5) Сито

Методика приготовления:

Налейте воду в блендер, затем крупно нарежьте листья краснокочанной капусты так, чтобы они подходили по размеру. Измельчайте/перемешивайте смесь до тех пор, пока вода не приобретет фиолетово-пурпурный цвет, соответствующий цвету антоцианов при pH 7. Теперь возьмите бутылку или контейнер, в котором вы будете хранить раствор. Используйте сито, чтобы отфильтровать остатки сырья красной капусты, пока будете переливать индикаторный раствор в контейнер.

Примечание: если вы хотите увеличить количество получаемого раствора, просто используйте больше воды или красной капусты. Если вы хотите, чтобы индикатор получился более насыщенным, увеличьте соотношение красной капусты к воде. Можно варить капусту с водой вместо перемешивания, это должно высвободить больше пигмента (этот вариант придаст дому/лаборатории запах капусты).

Со школьниками рекомендуется обсудить следующие вопросы:

- 1) Определить pH раствора пищевой соды ($\text{pH} > 7.0$). Почему раствор имеет такое значение pH?
- 2) Определить pH мыльного раствора ($\text{pH} > 7.0$). Почему раствор имеет такое значение pH?
- 3) Определить pH раствора соли ($\text{pH} = 7.0$). Почему раствор имеет такое значение pH?
- 4) Определить pH лимонного сока. ($\text{pH} < 7.0$). Почему раствор имеет такое значение pH?
- 5) Определить pH апельсинового сока. ($\text{pH} < 7.0$). Почему раствор имеет такое значение pH?
- 6) Определить pH столового уксуса. ($\text{pH} < 7.0$). Почему раствор имеет такое значение pH?

Кейс 5. Какие растения встречаются на какой высоте/глубине?

Высотная зональность — закономерная смена природных условий, природных зон и ландшафтов в горах по мере возрастания абсолютной высоты (высоты над уровнем моря).

Высотная зональность объясняется изменением климата с высотой: на каждые 1 км подъёма температура воздуха снижается в среднем на 6 °С, уменьшается давление воздуха, его запылённость, возрастает интенсивность солнечной радиации, до высоты 2—3 км увеличивается облачность и количество осадков. Величина солнечной радиации увеличивается вместе с увеличением тепловых потерь поверхности. По этой причине температура воздуха снижается по мере роста высоты. Кроме того, происходит уменьшение количества осадков из-за барьерного эффекта.

По мере нарастания высоты происходит смена ландшафтных поясов, в некоторой степени аналогичная широтной зональности.

Широтная зональность — закономерное изменение физико-географических процессов, компонентов и комплексов геосистем от экватора к полюсам. Первичная причина широтной зональности — это неравномерное распределение солнечной энергии по широте вследствие шарообразной формы Земли и изменения угла падения солнечных лучей на земную поверхность.

Между широтными поясами и высотными зонами есть частичное сходство в климатических особенностях, размещении растительности и почв. Но многим поясам невозможно найти полные широтные аналоги.

Под водой, с увеличением глубины также наблюдается смена растительности. С увеличением глубины количество и спектральный состав света меняются. Синий и

зеленый свет проникают глубже остальных. В связи с этим, водоросли вырабатывают различные пигменты для наиболее оптимального поглощения света на разных глубинах.

Красные водоросли обычно растут на самых больших глубинах, обычно до 30 метров, зеленые водоросли процветают на мелководье, а бурые водоросли - между ними. Однако такое распределение видов по глубине воды несколько неточно; любой тип водоросли можно встретить в том месте, где существуют оптимальные условия по субстрату, элементам питания, температуре и освещенности.

В исключительно чистой воде можно встретить водоросли, растущие на глубине до 250 метров от поверхности моря. Говорят, что рекорд принадлежит известковой красной водоросли, обнаруженной на глубине 268 метров, куда проникает лишь 0,0005 процента солнечного света. Несмотря на то, что вода на такой глубине может показаться человеческому глазу совершенно темной, света здесь все равно достаточно, чтобы водоросли могли фотосинтезировать. В мутных водах водоросли растут только в верхних, хорошо освещенных слоях воды, если вообще способны там расти.

Со школьниками рекомендуется обсудить следующие вопросы:

- 1) Что такое высотная зональность?
- 2) Что такое широтная зональность?
- 3) Какие типы растительности встречаются на разных высотах? (Снизу вверх - широколиственный лес, смешанный лес, тайга, субальпийский пояс, альпийский пояс, тундра, снега и ледники).
- 4) Какие бывают водоросли? В чем их разница?
- 5) Как меняется интенсивность и спектральный состав света при увеличении глубины?
- 6) Какие водоросли преимущественно встречаются на каких глубинах?
- 7) Чем обусловлены цвета водорослей?

Фестивальная программа «Химическая биология» подготовлена заведующим кафедрой фармакогнозии ФГБОУ ВО СПХФУ Минздрава РФ, доцентом, кандидатом фармацевтических наук **Андреем Кеннетом Уэйли** в соавторстве с руководителем Центра проектных и исследовательских компетенций школьников и учителей СПХФУ **Еленой Викторовной Юшковой**, кандидатом технических наук, доцентом кафедры биотехнологии ФГБОУ ВО СПХФУ Минздрава РФ, экспертом Института непрерывного образования Московского городского педагогического университета.