

Уважаемые читатели!

Подписка на электронные версии журналов не дает подписчику права на их дальнейшее распространение без письменного согласия правообладателя. Любое распространение подписчиками электронной версии запрещается. ООО «Школьная Пресса» является правообладателем всех редакционных материалов, опубликованных в печатных СМИ и (или) размещенных в интернет-проектах соответствующих СМИ, кроме материалов, в содержании которых имеется ссылка на другого правообладателя. Продолжив работу с электронной версией, вы тем самым соглашаетесь с вышеизложенным.



научно-методический журнал

ISSN 0320-9660

4 2022

БИОЛОГИЯ

В ШКОЛЕ



**КЛАССИЧЕСКИЕ ТЕРМИНЫ ГЕНЕТИКИ С ТОЧКИ
ЗРЕНИЯ БИОХИМИИ И МОЛЕКУЛЯРНОЙ БИОЛОГИИ
ЕСТЕСТВЕННО-НАУЧНАЯ ГРАМОТНОСТЬ
В ИССЛЕДОВАНИЯХ TIMSS – 2019 И PISA – 2018
ТРУДНОСТИ И ОШИБКИ В РЕШЕНИИ ЗАДАЧ
НА СЦЕПЛЕННОЕ С ПОЛОМ НАСЛЕДОВАНИЕ**



БИОЛОГИЯ В ШКОЛЕ

В НОМЕРЕ:



4/2022



НАУКА

3 Иванищев В.В.

Классические термины генетики с точки зрения биохимии и молекулярной биологии



МЕТОДИКА ПРЕПОДАВАНИЯ

11 Суматохин С.В., Форостович-Резник И.Е.

Естественно-научная грамотность в исследованиях TIMSS – 2019 и PISA – 2018

21 Сухорукова А.Н., Морсова С.Г., Ткач М.Г.

Проблема формирования естественно-научной грамотности и содержание основного общего биологического образования

29 Асташина Н.И., Камерилова Г.С.

Роль аргументации в формировании естественно-научной грамотности

Опыт, педагогические находки

33 Комарова Е.В.

Трудности и ошибки в решении задач на сцепленное с полом наследование

45 Архипова О.В.

В помощь при подготовке к ЕГЭ: митоз и мейоз в жизненных циклах растений

53 *13* блокнот учителя



ВНЕУРОЧНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ

54 Сараева Д.В., Арбузова Е.Н.

Формирование естественно-научных компетенций у школьников
в исследовательской деятельности по биологии

В биологическом кружке

65 Кулёв А.В.

Изучаем фауну России. Актинии

73 Белов А.Н., Репш Н.В., Берсенева С.А.

Флора Дальнего Востока России. Агариковые грибы

Двухлетний импакт-фактор журнала в РИНЦ 0,467

Пятилетний импакт-фактор журнала в РИНЦ 0,244

Главный редактор С.В. Суматохин
Зам. главного редактора Л.Ю. Ганич

Редактор отдела
Е.Н. Огольцова

Ответственный секретарь
Е.Н. Огольцова

Редакционная коллегия:

Е.В. Алексеева, С.В. Алексеев, Н.Д. Андреева,
Е.Н. Арбузова, М.М. Асланян, Т.В. Барсукова,
Е.А. Галкина, Д.С. Ермаков, К.А. Жумагулова, В.М. Захаров,
Е.А. Игумнова, А.А. Каменский, М.П. Кирпичников,
А.В. Кулёв, А.Г. Кузнецова, Н.М. Кузнецова, В.В. Латышин,
Н.М. Мамедов, В.В. Пасечник, И.Н. Пономарёва, Л.В. Попова,
А.П. Пуговкин, Е.Д. Станиславьевич, С.В. Суматохин,
А.В. Теремов, Е.В. Титов, Т.В. Уткина

Редакция не всегда разделяет мнения и оценки,
содержащиеся в материалах.

Адрес редакции и издательства:

корреспонденцию направлять по адресу:
127254, г. Москва, а/я 62
тел.: 8 (495) 619-52-87, 619-83-80

E-mail: biologia@schoolpress.ru

Сайт: <http://www.школьнаяпресса.рф>

E-mail: marketing@schoolpress.ru

Журнал зарегистрирован Федеральной службой
по надзору за соблюдением законодательства
в сфере массовых коммуникаций и охране
культурного наследия, свид. о рег. ПИ № ФС77-38549
от 21 декабря 2009 г.

Формат 84×108/16
Усл. печ. л. 5.0. Изд. № 3646.
Заказ

Учредитель — ООО «Школьная Пресса»

Отпечатано в АО «ИПК «Чувашия»,
428019, г. Чебоксары, пр. И. Яковлева, д. 13

© ООО «Школьная Пресса»,
© «Биология в школе», 2022, № 4

К сведению авторов: рукописи, присланные в редакцию, не возвращаются.

Редакция знакомится со всеми письмами читателей, но оставляет за собой право не вступать в переписку.

Издание охраняется Гражданским кодексом РФ (часть 4). Любое воспроизведение материалов, размещенных в журнале, как на бумажном носителе, так и в виде ксерокопирования, сканирования, записи в память ЭВМ, и размещение в Интернете запрещается.

Журнал рекомендован Высшей аттестационной комиссией (ВАК) Министерства образования и науки Российской Федерации
в перечне ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные
результаты диссертаций на соискание учёной степени доктора и кандидата наук.

Журнал зарегистрирован в базе данных Российского индекса научного цитирования.



КЛАССИЧЕСКИЕ ТЕРМИНЫ ГЕНЕТИКИ С ТОЧКИ ЗРЕНИЯ БИОХИМИИ И МОЛЕКУЛЯРНОЙ БИОЛОГИИ

Развитие методов биохимии и молекулярной биологии, а также их использование для понимания биологических процессов, существенно расширяют наши представления о механизмах, лежащих в основе любых проявлений жизни, в том числе о реализации генетической информации через синтез разных видов РНК и белков. Это приводит к необходимости рассмотреть классические термины генетики (ген, аллель, доминантность, рецессивность и др.), чтобы понять, насколько верно они отражают современные представления о молекулярно-биологических и биохимических процессах, лежащих в основе наследственности и изменчивости признаков.

The development of methods of biochemistry and molecular biology, as well as their application for understanding biological processes, significantly expand our understanding of the mechanisms underlying any manifestations of life, incl. about the realization of genetic information through the synthesis of different types of RNA and proteins. This leads to the need to consider the classical terms of genetics (gene, allele, dominance, recessiveness, etc.) in order to understand how correctly they reflect modern ideas about the molecular biological and biochemical processes underlying heredity and variability of traits.

Ключевые слова: ген, аллель, доминантность.

Key words: gene, allele, dominance.

В.В. Иванищев,
доктор биологических наук, профессор,
зав. кафедрой биологии и технологий живых систем,
ФГБОУ ВО «Тульский госпедуниверситет им. Л.Н. Толстого»,
e-mail: avdey_VV@mail.ru

Представления классической генетики и используемые в ней термины до сих пор воспринимаются как нечто устоявшееся и незыблемое. При этом известные закономерности наследования признаков (законы Г. Менделя, взаимодействия генов и т.д.) описываются в виде достаточно ясных схем и понятий. Однако развитие молекулярной биологии с использованием методов и подходов биохимии позволяет не только более глубоко проникнуть в механизмы жизненных процессов, но и создают проблему адекватного описания того, что на самом деле включено в весьма общие понятия и термины как классической, так и современной генетики. Это касается таких основополагающих терминов, как ген, аллель, мутация и т.д.

Следует упомянуть о том, что, с одной стороны, реализация генетической информации обеспечивается протеканием определенных биохимических и молекулярно-биологических реакций и процессов.

С другой стороны, в основе любых фенотипических (и физиологических) процессов и реакций также лежат биохимические и молекулярно-биологические реакции и процессы. Поэтому биохимию и молекулярную биологию можно рассматривать как набор механизмов, преобразующих записанную в ДНК генетическую информацию в реализуемый фенотип (с физиологическими реакциями и процессами).

Отдельные вопросы, касающиеся биохимических и молекулярно-биологических механизмов, описывающих разные типы взаимодействия генов, в основном, изложены ранее в публикациях [1–3]. В данной работе основное внимание будет уделено рассмотрению классических терминов генетики, которые в своей основе оказываются понятиями, отражающими явления иного характера, а не того, который в них вкладывался первоначально. Это нужно не столько для того, чтобы нагружать подобными сведениями школьников, сколько расширить представления учителей и педагогов разных уровней системы биологического образования об имеющих место реальных процессах, которые обеспечивают явления наследственности и изменчивости признаков.

ГЕНЕТИЧЕСКИЙ КОД

Отправная точка для нового взгляда на классические термины генетики — понятие генетического кода, благодаря которому нуклеотидная последовательность иРНК (мРНК) преобразуется в аминокислотную последовательность белка (полипептида). Таблица генетического кода позволяет про-

водить такую трансформацию достаточно легко, что доступно и современным школьникам, легко справляющимся с подобными задачами.

Важнейшим свойством генетического кода является его вырожденность, подразумевающая то, что одна и та же аминокислота может быть зашифрована в виде нескольких триплетов нуклеотидов (от одного — для метионина и триптофана до шести — для аргинина, лейцина, серина). Это дает возможность для одной и той же аминокислотной последовательности белка (пептида) написать разные последовательности нуклеотидов. Например, пептид, состоящий из таких аминокислот, как глицин–аланин–аспарагин–глутамин–глицин, может быть преобразован в следующие нуклеотидные последовательности: ГГЦ-ГЦЦ-ААЦ-ЦАГ-ГГЦ, ГГА-ГЦУ-ААУ-ЦАГ-ГГЦ, ГГЦ-ГЦУ-ААЦ-ЦАА-ГГУ и др.

С точки зрения последовательности аминокислот все записанные нуклеотидные последовательности — эквивалентны (для фенотипа). Однако, с точки зрения биохимии и молекулярной биологии эти последовательности различны, поскольку отличаются друг от друга на несколько нуклеотидов в разных позициях.

Тут же возникает вопрос: являются ли написанные выше последовательности нуклеотидов мутантными, поскольку в отдельных местах присутствуют точечные (однонуклеотидные) замены? Ответ очевиден. Эти последовательности мы вынуждены признать мутантными, но, с точки зрения проявлений этих «генов» (фенотипа), они будут одинаковыми.

Таким образом, уже в самом начале рассмотрения темы мы вынуждены признать несоответствие и нестыковку разных взглядов на одну и ту же картину.

ГЕН И АЛЛЕЛЬ

Написанные выше последовательности иРНК (мРНК) предполагают, что они были считаны с транскрибируемых (3'-цепей) нитей ДНК (генов) [4, 5]. Оставляя за скобками меньшую точность транскрипции (10^{-4}) в сравнении с репликацией (10^{-8} – 10^{-10}) [2, 6], следует отметить, что, если в ходе транскрипции на таком коротком участке ошибок не было, то исходные (копируемые) участки генов (сайтов ДНК) были различны в той же мере, что и представленные, синтезированные с соответствующих нитей ДНК, последовательности нуклеотидов в иРНК (мРНК).

Здесь вновь возникает вопрос о том, являются ли сравниваемые гены (последовательности нуклеотидов в цепях ДНК, с которых происходило считывание информации) мутантными? И мы вновь с точки зрения биохимии и молекулярной биологии вынуждены признать, что это так, как и то, что эти гены — разные (по нуклеотидной последовательности), но имеют один и тот же фенотипический эффект (проявление) в виде идентичной последовательности аминокислот в пептиде или белке.

Таким образом, подведем итог определению термина ген, а именно: ген — это функциональная единица наследственной информации, определяющая одно и то же фенотипическое проявление признака (несмотря на разную нуклеотидную последовательность!).

Продолжая эту тему спрашиваем, а что такое аллель? Насколько сильно один аллель должен отличаться от другого (по нуклеотидной последовательности), чтобы свойства (в данном случае — последовательность аминокислот в белке) были иными? По-видимому, в таком случае изменения (мутации) в последовательности нуклеотидов должны быть более значительными, а именно: должны затрагивать участки, которые соответствуют первому и/или второму

нуклеотиду в триплетах, обозначающих отдельные аминокислоты. Тогда произойдут изменения в первичной структуре белка с последующими вариациями других уровней структурной организации и, следовательно, свойств.

Отсюда мы плавно переходим к представлению об изоферментах (изозимах), т.е. разнообразию присутствующих в одной клетке (и/или разных тканях многоклеточного организма) молекулярных форм отдельных ферментов, которые различаются по аминокислотной последовательности и некоторым физико-химическим свойствам, но катализируют одну и ту же биохимическую реакцию [7]. В данном случае понятие аллель фенотипически соответствует наличию в клетке (разных органах или тканях) иного по структуре (в первую очередь, первичной), но такого же (функционально) фермента или белка. Число таких изоферментов, одновременно присутствующих даже в одной клетке, может быть два и более [7].

Наличие в одной клетке (или клетках разных органов и тканей) нескольких белков (ферментов) с физиологически сходными свойствами стали обозначать словом «семейство». Отсюда появилось и понятие «семейство генов», т.е. таких, которые кодируют физиологически одинаковые, но несколько различающиеся по первичной (и частично — другим уровням организации) белки/ферменты. Все эти гены, строго говоря, нельзя называть аллелями с точки зрения классической генетики, поскольку, несмотря на разную нуклеотидную последовательность и различия в первичной структуре кодируемых ими белков/ферментов, их продукты (белки/ферменты) идентичны с точки зрения выполняемых ими функций. Однако, если эффективность работы таких белков/ферментов — разная и она приводит к разным (по силе, экспрессии, яркости, например, накоплению разного количества

пигмента) фенотипическим проявлениям, то кодирующие их гены можно рассматривать как отдельные аллели гена, что отражает понятие множественного аллелизма.

В то же время под термином аллель чаще понимают более глобальные изменения, которые не просто затрагивают свойства одной белковой молекулы, но некую (определенную) совокупность биохимических реакций и процессов, обеспечивающих новое проявление признака, реализуемое (исключительно) через белковые структуры, в том числе ферменты.

По этой причине нельзя использовать классическое определение понятия аллель, как разное функциональное состояние и фенотипическое проявление гена. Это в полной мере относится только к изоферментам или однотипным белкам, у которых небольшое изменение в аминокислотной последовательности принципиально (кардинально) не меняет их физико-химических и, следовательно, функциональных свойств.

Если мы говорим о новом проявлении признака (в генетическом понимании), то с точки зрения биохимии и молекулярной биологии изменения могут иметь, по-видимому, более сложный и не всегда очевидный характер (реализуемый механизм). Наиболее простой пример может включать изменение окраски венчика цветка, связанное с образованием красителя, что обеспечивается синтезом определенного пигмента (если для этого нужна одна биохимическая реакция). Или, наоборот, при изменении условий среды такой фермент не образуется и лепестки остаются прежней (обычно — белой) окраски.

Такое явление, например, известно для одного из видов примулы, у которой розовая окраска лепестков наблюдается при температуре 15–20 °С, в то время как при 30–35 °С лепестки становятся белыми [2, с. 116]. Таким образом, можно предположить, что при

высоких температурах фермент, необходимый для образования розового пигмента не синтезируется (или быстро разрушается), и лепестки остаются белыми. В этом случае одно состояние гена отличается от другого в проявлении (синтезе определенной иРНК) или отсутствии работы гена (его блокировке) в разных условиях среды. Это — наиболее простой вариант, хотя возможны и иные варианты.

ДОМИНАНТНОСТЬ И РЕЦЕССИВНОСТЬ

Продолжая эту линию, мы плавно пытаемся перейти к биохимическому и молекулярно-биологическому пониманию явлений доминантности и рецессивности в проявлении признаков.

Для растений сои установлено, что их цветки могут иметь окраску от белой до фиолетовой. Однако до сих пор интерпретация таких исследований ведется в классическом русле без учета биохимических и молекулярно-биологических механизмов. Так, в работе [8] показано, что серия доминантных аллелей гена *W* контролирует развитие фиолетовой окраски, в то время как рецессивный аллель *w* контролирует белую окраску цветка. При этом генотип *W3W4* имеет темно-фиолетовую окраску венчика, в то время как генотип *W3w4* — бледно-фиолетовую окраску. Здесь мы имеем дело с классическим множественным аллелизмом, когда гены различаются по «силе действия», т.е. кодируют, по-видимому, разные по эффективности работы ферменты.

Рассмотрение наследования окраски венчика цветка с точки зрения биохимии и молекулярной биологии здесь может быть следующим. Насыщенность окраски определяется, в первую очередь, количеством синтезированного пигмента. Поэтому (в самом простом случае) можно предполагать, что

разные гены, различающиеся по силе доминирования (*W*), кодируют разные по эффективности работы ферменты (изозимы), катализирующие синтез одного и того же пигмента, вызывающего образование фиолетовой окраски венчика.

Тогда в случае генотипа *w4w4* мы будем наблюдать отсутствие окраски венчика цветков, но биохимическая и молекулярно-биологическая интерпретация может говорить о том, что у гомозигот *w4w4*, скорее, просто не синтезируются ферменты (изоферменты), необходимые для образования и накопления фиолетового пигмента. Поэтому в данном аспекте мы не можем использовать понятия доминантный и рецессивный в связи с тем, что фактического подавления работы одного гена другим просто не существует. Ген либо есть, и он работает, либо его нет (или он не работает, поскольку испорчен мутацией или мутациями) — с соответствующими последствиями (в данном случае — отсутствии пигмента).

Другой (вероятно, более сложный с точки зрения биохимии и молекулярной биологии) вариант можно рассмотреть на классическом примере гороха с желтыми и зелеными семенами. Можно предположить, что доминантная (желтая окраска) определяется присутствием фермента, благодаря которому такой пигмент образуется. Для того, чтобы не образовывался зеленый пигмент, наиболее простой механизм, кажется, может состоять в том, что этот желтый пигмент (сам по себе или в комплексе с каким-либо белком) присоединяется к регуляторной части гена, определяющего синтез зеленого пигмента, и таким образом просто выключает такой ген.

Однако результаты экспериментов показали несколько иной механизм. Он состоит в том, что желтая окраска семян определяется геном *sgr*, который кодирует белок *senescence-inducible chloroplast stay-*

green protein (SGR), участвующий в процессе разрушения хлорофилла [9]. Фактически этот белок — фермент, разрывающий систему порфириновых колец в молекулах хлорофилла, и который называют феофорбид-А-оксигеназа (КФ 1.14.15.17). Тогда наличие работающего (доминантного аллеля) гена приводит к синтезу такого белка, который разрушает хлорофилл, что и определяет проявление желтой окраски семян.

Мутации в таком гене, приводящие к его выключению (переходу в рецессивное состояние), обеспечивают проявление у семян зеленой окраски. Однако говорить о «рецессивности аллеля» в данном аспекте не приходится, поскольку он просто испорчен мутацией и не функционирует должным образом. То есть в этом случае мы все равно приходим к выводу о том, что ген либо работает (доминирует) или не работает (находится в рецессивном состоянии), о чем мы говорили даже в предположительном варианте. При этом на сегодняшний день показана еще более сложная картина, когда белок (фермент), разрушающий хлорофилл, может быть представлен в виде нескольких гомологов, различающихся по свойствам [10]. Но принципиальный механизм включения/выключения гена фактически остается тем же.

Аналогичный механизм работающего (доминантный) и выключенного (рецессивный) гена лежит в проявлении и других менделеевских признаков гороха, а именно: высокий (доминантный) и низкий (рецессивный) стебель, гладкие (доминантный) и морщинистые (рецессивный) семена, пурпурная и белая окраска венчика цветка, но реализуемые не напрямую, а через синтез или отсутствие регуляторного белка, включающего (доминантное состояние) или выключающего (рецессивное) ген фермента халконсинтазы, обеспечивающей синтез необходимого пигмента [11].

Такие результаты показывают, что проявления доминантность — рецессивность в отношении многих признаков может рассматриваться с помощью механизма «работа/выключение гена» (синтез функционально активного или не работающего белка), что также соответствует примеру растений сои, о чем говорилось выше. Таким образом, в наиболее простых и часто встречающихся случаях взаимоотношения рецессивность/доминантность, по-видимому, можно определить как реализацию механизма «работа/молчание гена», или наоборот — «молчание/работа гена». Хотя при этом возможны и иные более сложные вариативные механизмы.

Если мы говорим о более сложных признаках (проявлениях признака), то здесь регуляторная роль может осуществляться более сложными путями в том числе, например, через новые типы открытых сравнительно недавно малых ядерных РНК [6]. В качестве примера можно привести работу, в которой показано, что окраска цветка может зависеть от таких факторов среды, как влажность, освещенность и т.д. [12]. При этом, если окраска цветка формируется за счет синтеза сразу нескольких пигментов, то можно говорить, что затрагивается работа нескольких разных генов, в результате чего происходит увеличение или снижение синтеза (разрушения) сразу нескольких пигментов, важных (в совокупности) для образования их определенных количеств, соотношение которых приводит к изменению окраски венчика. В таком случае аллель вовсе не является другим состоянием того же гена, а затрагивает работу сразу нескольких разных генов, определяющих развитие нового проявления признака.

Таким образом, рассмотрение наследования более сложных признаков приводит к пониманию того, что термины доминантность и рецессивность не отражают фактически

существующих (реализуемых в природе) биохимических и молекулярно-биологических механизмов, определяющих развитие таких признаков.

На основании представленных данных и сделанных умозаключений приходим к пониманию того, что в диплоидных организмах, возможно, хотя и не всегда, работает (имеет фенотипическое проявление) только один (как говорят биохимики — ключевой, генетики — доминантный, т.е. работающий нормальным образом) аллель одной из гомологичных хромосом, в то время как другой оказывается в нефункциональном (с точки зрения физиологии) состоянии. Косвенным подтверждением этого являются известные факты о том, что в женском организме, имеющем в норме две X-половые хромосомы, функционирует только одна, в то время как вторая находится в неработающем (конденсированном) состоянии (тельце Барра) [2].

ГЕН И ЦИСТРОН

Еще одно понятие, которое введено молекулярными биологами, но до сих пор нередко игнорируется, обозначают словом — *цистрон*. Введение такого термина стало необходимым в связи с тем, что в живых системах ряд ферментов, имеющих, как правило, четвертичную структуру, кодируются разными геномами, например, геномом ядра (один тип полипептидной цепи белка) и геномом митохондрии или хлоропласта (другой тип полипептидной цепи этого же белка или фермента).

Один из наиболее ярких примеров — первый фермент цикла Кальвина — D-рибулозо-1,5-бисфосфат-карбоксилаза-оксигеназа (Рубиско, КФ 4.1.1.39). Молекула этого сложного белка высших растений состоит из 8 больших и 8 малых субъединиц. Полипептидные цепи больших субъединиц кодируют гены хлоропластов, а полипептидные цепи малых субъединиц кодируют гены ядра.

При этом гены малых субъединиц Рубиско различаются как по нуклеотидной последовательности, так и синтезируемые с них полипептидные цепи — по аминокислотному составу [13]. В таких случаях понятие гена, как участка ДНК, не имеет смысла, так как ДНК — разные и, более того, находятся в разных органеллах (компартаментах) клетки. То есть физически не связаны между собой.

Аналогичным примером является и молекула гемоглобина, состоящая из двух типов субъединиц, которые кодируются разными генами, расположенными в разных хромосомах [14].

Такие особенности в кодировке разных белков и стали причиной введения термина цистрон, как участка ДНК, кодирующего одну полипептидную цепь. Понятно, что для белков и ферментов, молекулы которых состоят из одной полипептидной цепи, понятия ген и цистрон — идентичны.

Взаимодействие генов с точки зрения биохимии

Тема взаимодействия генов с точки зрения биохимии и молекулярной биологии рассмотрена нами ранее [1–3]. При этом схемы, описывающие такие типы взаимодействия, как комплементарность и эпистаз, также показывают, как и примеры выше про взаимоотношение доминантность/рецессивность, что они реализуются, главным образом, через работу или отключение одного из генов.

Фактически никакого прямого «подавления» работы одного гена другим практически нет. При этом в случае полимерного типа взаимодействия генов картина несколько усложняется ввиду присутствия в одной хромосоме сразу нескольких генов, определяющих один признак. Однако механизм включения/выключения генов работает, по-видимому, и

в таких случаях, поскольку признак может быть выражен в разной по величине степени (экспрессивности, выраженной, в том числе, в количественной характеристике).

Заключение

Представленный выше материал показывает, что классические понятия генетической науки наполняются новым содержанием и претерпевают новые интерпретации, которые раскрываются благодаря исследованиям биохимиков и молекулярных биологов. Проведенный анализ позволяет говорить о том, что ключевые классические понятия вовсе не содержат того прямого смысла, который в них вкладывали первоначально. При этом доминирование и рецессивность в большинстве случаев, по-видимому, реализуется с помощью механизма включения/выключения гена. Под выключением гена можно подразумевать его молчание (отсутствие синтеза иРНК) вследствие мутаций, либо невозможность ожидаемого (адекватного) функционирования белка, синтезированного с мутантной иРНК.

Безусловно, в природе реализуются и иные более сложные механизмы. Однако, как известно, природа выбирает самые простые из них, которые позволяют мутантным формам конкурировать (в ходе эволюции) за выживание в данных условиях среды. При этом роль новых видов малых РНК также может оказаться весьма эффективной в процессах регуляции наследования признаков.

Литература

1. *Иванищев В.В.* Взаимодействие генов с позиций классической и современной генетики // Известия Тульского государственного университета. Естественные науки. – 2016. – Вып. 4. – С. 134–143.
2. *Иванищев В.В.* Основы генетики: учебник. (Высшее образование: Бакалавриат). – М., 2017. 207 с. <https://doi.org/10.12737/17443>.

3. *Иванищев В.В.* Проблемы освещения темы взаимодействия генов в школьном курсе биологии // Вестник ГОУ ДПО ТО «ИПК и ППРО ТО». Тульское образовательное пространство. – 2019. – № 4/2. – С. 122–124. Эл № ФС77-73439.

4. *Иванищев В.В.* Методические аспекты решения задач нового типа ЕГЭ по биологии // Вестник ГОУ ДПО ТО «ИПК и ППРО ТО». Тульское образовательное пространство. – 2021. – № 1. – С. 56–58. Эл № ФС77-73439.

5. *Иванищев В.В.* Проблемы освещения темы репликации ДНК в свете современных представлений молекулярной биологии // Биология в школе. – 2022. – № 3.

6. *Иванищев В.В.* Молекулярная биология: учебник, 2-изд. – М., 2021. – 233 с. – DOI: <https://doi.org/10.29039/01857-6>

7. Биохимия: учебник / под ред. Е.С. Северина. 5-е изд., испр. и доп. – М., 2015. 768 с.

8. *Вишнякова М.А., Сеферова И.В.* Соя // В книге: Идентифицированный генофонд растений и селекция. – СПб., 2005. – С.841–849. <http://vir.nw.ru/glycine/glycine1.htm>

9. *Armstead I., Donnison I., Aubry S., Harper J., Hörtensteiner S., James C., Mani J., Moffet M., Ougham H., Roberts L., Thomas A., Weeden N., Thomas H., King I.* Cross-species identification of Men-

del's/locus // Science. 2007. V. 315. P. 73-78. <https://doi.org/10.1126/science.1132912>.

10. *Sakuraba Y., Park S-Y., Paek N.-C.* The Divergent Roles of STAYGREEN (SGR) Homologs in Chlorophyll Degradation // Molecules and Cells. 2015. V. 38 (5). P. 390-395. <https://doi.org/10.14348/molcells.2015.0039>

11. *Offner S.* Mendel's Peas & the Nature of the Gene: Genes Code for Proteins & Proteins Determine Phenotype // The American Biology Teacher. 2011. V. 73(7). P. 382–387. <https://doi.org/10.1525/abt.2011.73.7.3>

12. *Насимович Ю.А.* Окраска цветка в связи с влажностью, освещённостью и другими параметрами биотопов на примере подмосковной флоры. – М., 1991. Деп. в ВИНТИ АН СССР 21.11.1991. № 4379-B91. 40 с. <http://temnyjles.narod.ru/Cvet5.htm>

13. *Иванищев В.В.* Проблемные вопросы в биохимии фотосинтеза // Вісник Харківського національного аграрного університету. Серія біологія. – 2018. – Вып. 1(43). – С. 76–92. <https://doi.org/10.35550/vbio2018.01.076>

14. *Топунов А.Ф., Петрова Н.Э.* Гемоглобины: эволюция, распространение и гетерогенность // Успехи биологической химии. – 2001. – Т. 41. – С. 199–228. <https://www.fbras.ru/wp-content/uploads/2017/10/topunov.pdf>



ЧИТАЙТЕ В СЛЕДУЮЩИХ НОМЕРАХ ЖУРНАЛА:

- ◆ Ужасный и загадочный ковид.
- ◆ Технология «Кластеры» в обучении биологии в средней школе.
- ◆ Мобильные приложения на уроках биологии.
- ◆ Развитие логических умений обучающихся на уроках биологии на основе решения ситуационных задач.
- ◆ Применение мобильных образовательных приложений при обучении биологии.



ЕСТЕСТВЕННО-НАУЧНАЯ ГРАМОТНОСТЬ В ИССЛЕДОВАНИЯХ TIMSS – 2019 И PISA – 2018

В статье анализируются результаты сформированности естественно-научной грамотности у российских учащихся по результатам исследований TIMSS – 2019 и PISA – 2018. Представлен опыт одной из школ Московской области по разработке и использованию авторских заданий для формирования различных компетенций естественно-научной грамотности при обучении биологии.

The article analyzes the results of the formation of natural science literacy among Russian students based on the results of the TIMSS – 2019 and PISA – 2018 studies. The experience of one of the schools of the Moscow region on the development and use of author's tasks for the formation of various competencies of natural science literacy in teaching biology is presented.

Ключевые слова:

TIMSS, PISA, естественно-научная грамотность, применение биологических знаний в жизни.

Keywords:

TIMSS, PISA, natural science literacy, application of biological knowledge in life.

С.В. Суматохин,
доктор педагогических наук, профессор,
зав. кафедрой биологии
и физиологии человека
МГПУ

И.Е. Форостович-Резник,
магистрант МГПУ,
учитель биологии
Наро-Фоминской школы
№ 4 Московской области,
e-mail:
reznik-inna@yandex.ru

В соответствии с Федеральным законом «Об образовании в Российской Федерации» одним из основных принципов государственной политики является «создание благоприятных условий для интеграции общего образования нашей страны с системами образования других государств». Поэтому для определения перспектив развития школьного биологического образования необходимо грамотно интерпретировать результаты естественно-научной подготовки российских школьников по итогам участия в международных исследованиях качества образования TIMSS и PISA. Приведем анализ данных, полученных из открытых и официальных источников, собранных в рамках собственных эмпирических исследований.

Анализ результатов России по естествознанию в исследовании TIMSS — 2019

В 2019 г. прошел очередной цикл исследования TIMSS, направленный на проверку уровня научных знаний, входящих в школьные программы. В исследовании участвовало 39 стран. В соответствии с его

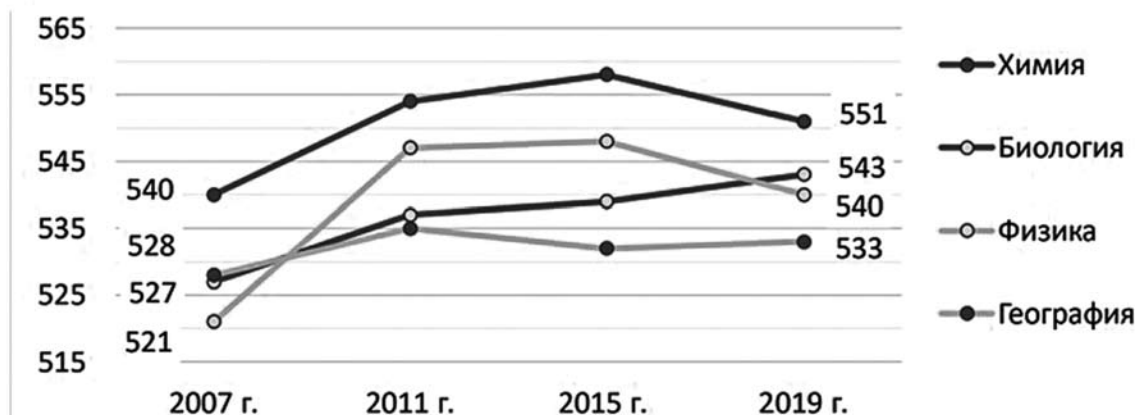


Рис. 1. TIMSS. Динамика результатов содержательной области по естествознанию в VIII классе [2]

концепцией структура содержательной области по естествознанию в VIII классе включает 35 % содержания по биологии, 25 % по физике, 20 % по химии и 20 % по географии. Во всех циклах исследования TIMSS, начиная с 2007 г., результаты по биологии улучшаются. В последнем цикле 2019 г., по сравнению с предшествующим циклом 2015 г., результаты по биологии улучшились на 4 балла. Согласно с концепцией исследования TIMSS комплект заданий по естествознанию в VIII классе включают три области познаватель-

ной деятельности: знание — 35 %, применение — 35 %, рассуждение — 30 %. На рисунке 2 показана динамика в выполнении заданий на знание, применение и рассуждение.

По сравнению с 2015 г. в 2019 г. российские восьмиклассники лучше выполнили задания на применение знаний и рассуждение о проблемах естествознания. Однако задания, проверяющие качество естественно-научных знаний, школьники в 2019 г. выполнили хуже. Эти результаты показывают, что качество знаний в 2019 г. снизилось. По-

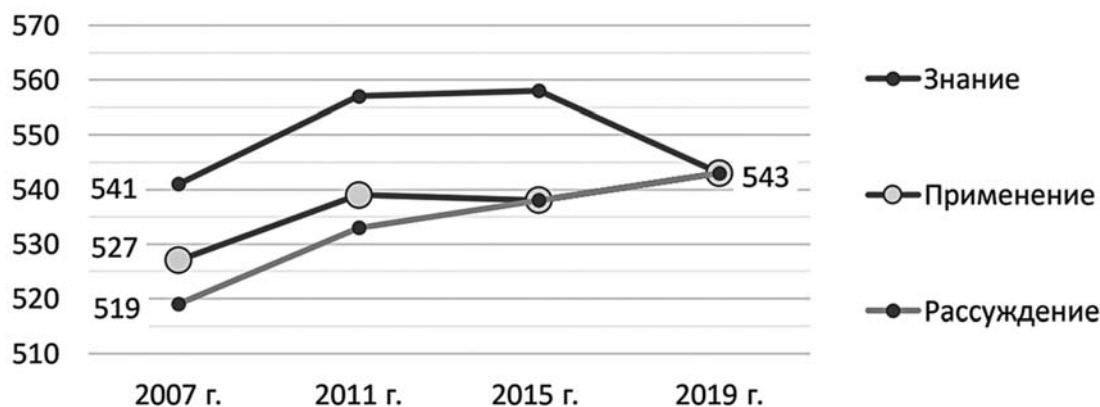


Рис. 2. TIMSS. Динамика результатов по видам познавательной деятельности в содержательной области по естествознанию в VIII классе [2]

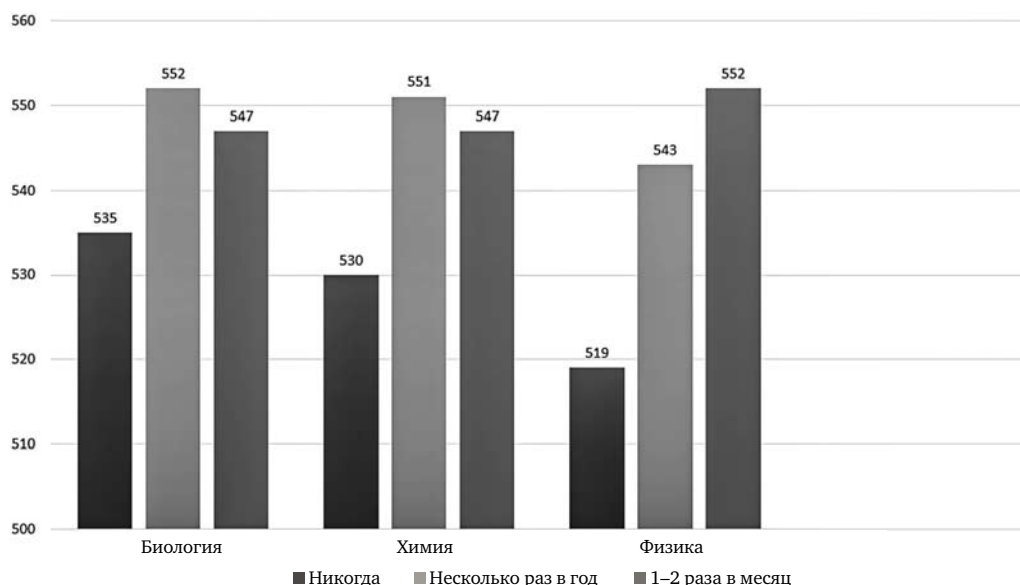


Рис. 3. TIMSS. Влияние частоты проведения экспериментов на результаты выполнения заданий по биологии, химии, физике в VIII классе [5]

этому необходимо работать над повышением качества знаний по биологии.

Заслуживают внимания данные исследования TIMSS о влиянии частоты проведения экспериментов на результаты выполнения заданий по естествознанию. Большое значение это имеет для физики. В классах, где не проводили эксперименты по физике, ученики набрали на 33 балла меньше, чем те школьники, при обучении которых эксперименты проводили каждый месяц. Частота проведения экспериментов положительно повлияла на результаты выполнения заданий по биологии и химии.

Полагаем, что анализ результатов международного исследования TIMSS учитывался при разработке новой редакции ФГОС основного общего образования, утвержденного приказом министра просвещения 31 мая 2021 года. В стандарте для основной школы предусмотрено изучение физики, химии

и биологии на двух уровнях: базовом и углубленном. При грамотной реализации это нововведение позволит повысить качество биологического образования.

27 сентября 2021 г. утверждены примерные рабочие программы базового уровня по всем предметам, в том числе и по физике, химии и биологии. Сравнительный анализ примерных программ по биологии, утвержденных в 2015 и в 2021 гг., показал, что в новой примерной программе в три с лишним раза увеличено количество лабораторных и практических работ. Если в примерной программе 2015 г. предусматривалось проведение всего 24 лабораторных и практических работ по биологии, то в 2021 г. включено 112 работ. На рисунке 4 показано количество лабораторных и практических работ по годам обучения. Больше всего их включено в программу IX класса, на втором месте по количеству работ программа VIII класса.

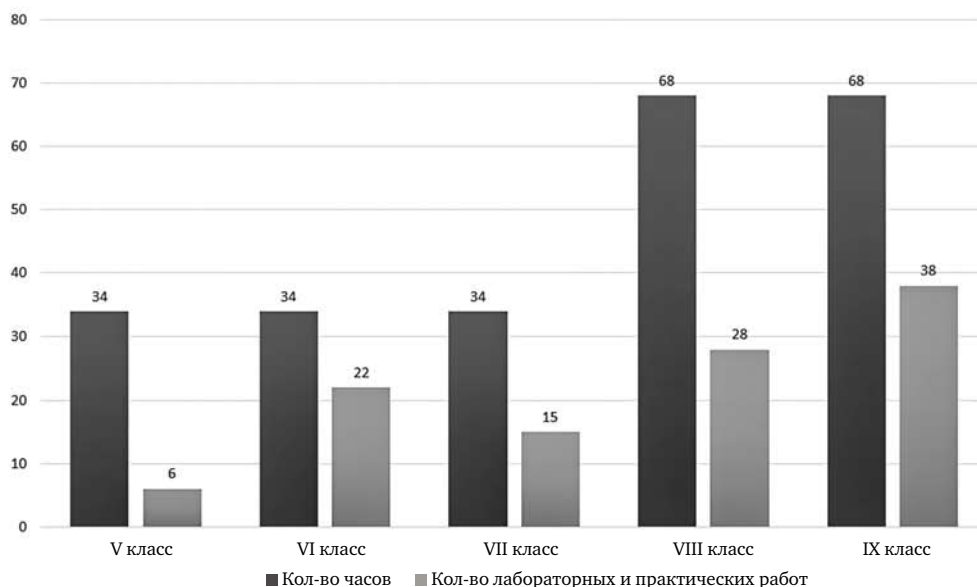


Рис. 4. Количество лабораторных и практических работ в примерной рабочей программе по биологии для основной школы базового уровня, 2021

Анализ результатов России по естественно-научной грамотности в исследовании PISA — 2018

Известно, что PISA — международное исследование по оценке математической, читательской и естественно-научной грамотности 15-летних учащихся, которые составляют функциональную грамотность. Это исследование позволяет проверять и оценивать практические навыки детей и их умение применять научные знания в жизни. В 2018 г. прошел очередной цикл исследования PISA. Результаты нашей страны снизились по всем показателям относительно прошлого цикла. Число, школьников, которые не достигли необходимого минимума функциональной грамотности достигло 12 %. Ученые отмечают, что «результаты PISA коррелируют с экономическим и социальным развитием страны. Поэтому в образовательной политике многих стран результатам это-

го исследования придается ключевое значение» [1].

Почему в исследовании TIMSS у российских школьников хорошие результаты, а в исследовании PISA посредственные? В Высшей школе экономики обратили внимание на то, что «Россия имеет самый большой в мире разрыв между результатами PISA и TIMSS/PIRLS, что говорит о несоответствии содержания отечественных образовательных программ требованиям, отраженным в исследовании PISA. В то же время высокие результаты по оценке «традиционных» знаний создают хорошую основу для развития навыков применения этих знаний». Значит необходимо сохранять передовой педагогический опыт, позволяющий достигать высоких результатов в исследовании TIMSS и думать над тем, как развивать биологическое образование для формирования у учащихся умения применять биологические знания и умения в жизни.

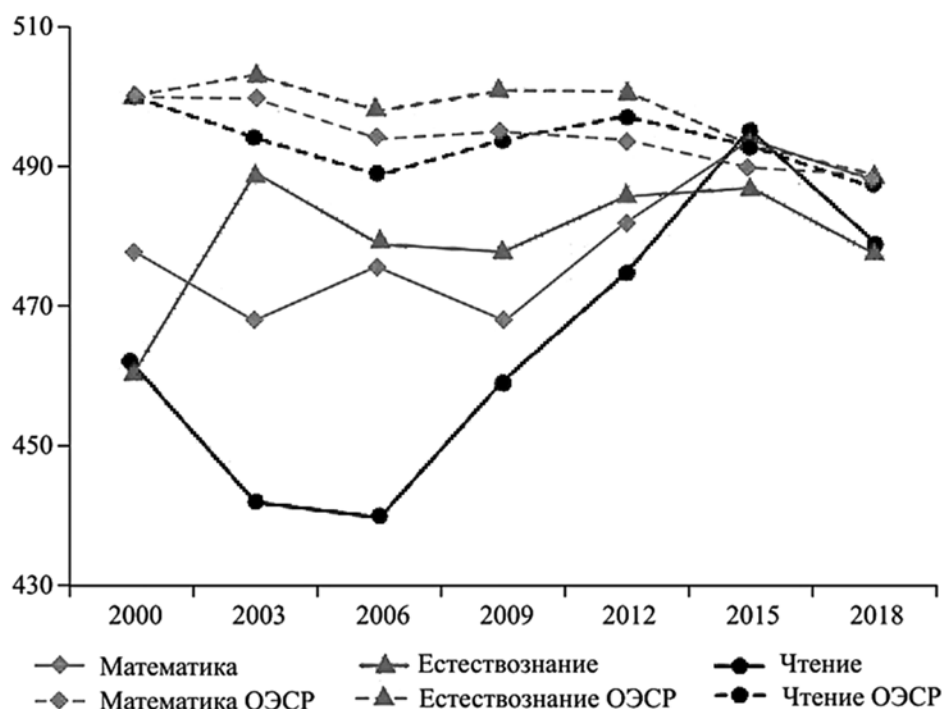


Рис. 5. PISA. Динамика баллов России и средних баллов по странам ОЭСР [1]

Анализ результатов ОЭСР, России и Московской области по естественно-научной грамотности в исследовании PISA — 2018

Обратим внимание, что исследование PISA — 2018 в нашей стране впервые проводилось как на национальной выборке, так и в рамках региональных исследований. Среди таких регионов была Московская область. Один из авторов статьи непосредственно занимался подготовкой учащихся, которые участвовали в исследовании PISA — 2018 в Наро-Фоминской школе № 4 Московской области. Результаты школьников по естественно-научной грамотности в Московской области намного выше, чем в России и странах ОЭСР.

Опыт показывает, что усвоенные на репродуктивном уровне биологические знания

быстро забываются. Учащиеся не понимают для чего они им нужны в жизни. Это снижает уровень мотивированности к изучению предмета и не способствует достижению метапредметных результатов. Возникают противоречия между потребностью современного общества и отсутствием мотивации школьников к интеграции знаний и применению их в современной жизни.

Полагаем, что сложность заданий, направленных на формирование естественно-научной грамотности, должна быть связана как с трудностью мыслительной операции, так и с содержательным и процедурным знанием. Основными компонентами научного объяснения должны быть распознавание, использование и создание учащимися моделей и представлений, а также возможность делать и научно обосновывать прогнозы о

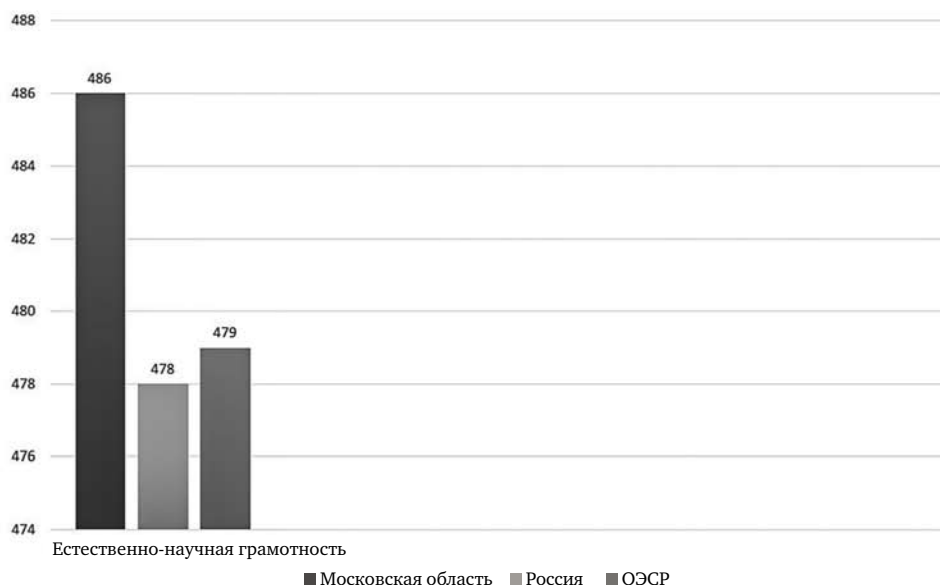


Рис. 6. PISA. Сравнение средних баллов по естественно-научной грамотности в Московской области, России и странах ОЭСР [1]

протекании биологического процесса. Таких заданий недостаточно, поэтому учителя часто сами объясняют научные процессы, протекающие в биологических системах.

В задании, направленном на формирование естественно-научной грамотности большое значение имеет формулировка вопроса. Он может начинаться со слов:

Какие наблюдения были сделаны учеными...

Какая гипотеза была выдвинута...

Сформулируйте цель эксперимента...

Запишите план данного эксперимента...

Определите этапы исследования...

Сформулируйте проблему исследования...

Изучите результаты эксперимента, представленные в... и определите...

Проанализируйте и сравните эксперименты...

Какой вывод сделан по результатам эксперимента...

Подтвердилась ли гипотеза по результатам эксперимента....

Для разработки таких ситуационных заданий необходимо грамотно определить тему урока, на котором можно его использовать. Например, на уроке «Глазной анализатор», после изучения строения глазного яблока и хрусталика, можно применить такое задание.

Задание «Поход к окулисту»

Компетенция: научное объяснение явления, интерпретация данных и использование научных доказательств для получения выводов.

Тип вопроса: комплексный с выбором ответов.

Содержание задания: Миша пришел в детскую поликлинику для ежегодной проверки зрения. В прошлом году врач рекомендовал ему каждый день делать зарядку для глаз и объяснил, что гимнастика необходима при перенапряжении и для профилактики.

Вопросы: в чем польза систематической тренировки глаз с помощью зарядки? Выбе-

ри правильный ответ для каждого утверждения.

Полезна ли гимнастика для глаз?	
А) Гимнастика помогает избавиться от близорукости	Да / Нет
Б) Гимнастика восстанавливает кровообращение и снимает напряжение	Да / Нет
В) Гимнастика не требуется людям со стопроцентным зрением	Да / Нет

Ответы: А) Нет; Б) Да; В) Нет.

На одном из уроков по теме «Опорно-двигательная система» можно использовать формат задания, составленного на основе выполненной учащимися дома практической работы «Есть ли у тебя плоскостопие?»

Задание «Плоскостопие»

Компетенция: понимание особенностей естественно-научного исследования, интерпретация данных и использование

научных доказательств для получения выводов.

Тип вопроса: комплексный с выбором ответов.

Содержание задания: учащиеся выполняли домашнюю практическую работу «Есть ли у тебя плоскостопие». Ее результат — отпечаток стопы на белом листе бумаги с выводом об обнаружении (отсутствии) плоскостопия. По итогам работы учитель предлагает школьникам сделать сводный график в классе.

Известно, что помимо врожденных причин плоскостопия, есть и такие как избыточный вес, недостаток физической активности, ношение обуви на высоких каблуках или плоской подошве, а также, если большая часть дня проходит на ногах.

Вопрос 1. Исходя из приведенной выше информации определите правильные утверждения:

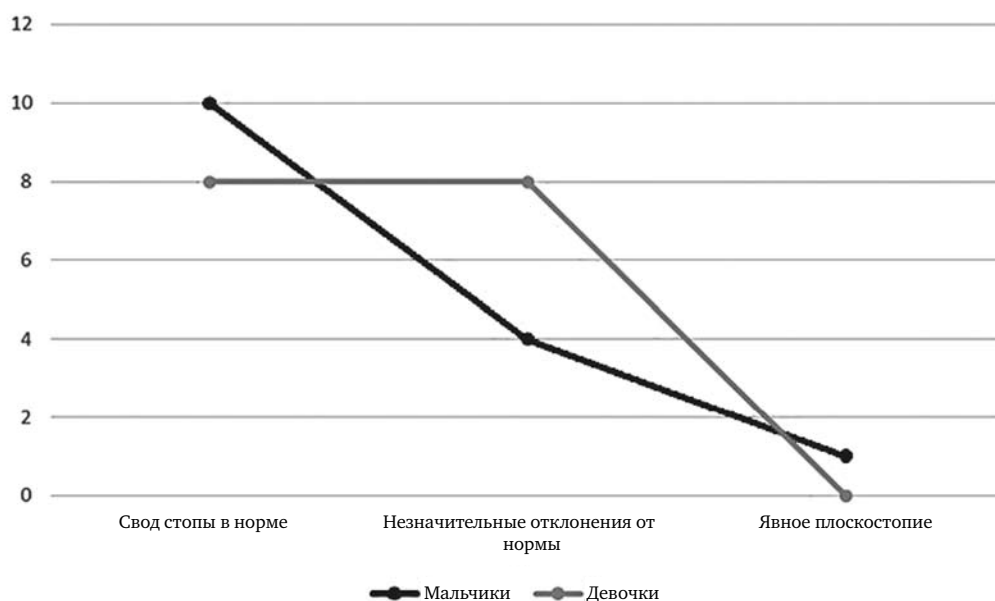


Рис. 7. Анализ данных о наличии плоскостопия у учащихся VIII класса

А) В классе больше мальчиков, чем девочек	Да / Нет
Б) Явное плоскостопие у девочек в классе не обнаружено	Да / Нет
В) Девочкам не стоит в раннем возрасте начинать носить обувь на высоких каблуках	Да / Нет
Г) Плоскостопие — это, исключительно, врожденное заболевание	Да / Нет
Д) Активный образ жизни помогает в формировании правильного свода стопы	Да / Нет

Ответы: А) Нет; Б) Да; В) Да; Г) Нет; Д) Да.

Вопрос 2. Предложите мероприятия для профилактики плоскостопия у учащихся VIII класса.

Ответы:

- ношение удобной обуви, подходящей по размеру, не сдавливающей стопу (ортопедическая обувь);
- физические упражнения, бег, движение;
- контроль веса тела.

Допускаются иные формулировки ответов, отражающие основной смысл.

Для составления плана профилактики плоскостопия можно предложить каждому

ученику в течение 5 мин. самостоятельно выполнить задание на отдельном листке, а затем озвучить ответ. При этом учащимися должна быть произведена само- и взаимопроверка. Учителю необходимо обратить внимание детей на разные формулировки. Для этого целесообразно предложить зачитывать формулировки и объяснить, почему они правильные или наоборот.

В теме «Опорно-двигательная система» большое значение имеет материал о мышцах. Для формирования естественно-научной грамотности можно предложить ученикам задания по интерпретации информации в виде текста, таблицы, диаграммы, иллюстрации. Понятие синергистов и антагонистов должно быть применимо к жизни, что может быть достигнуто при выполнении следующего задания.

Задание «Мышцы»

Компетенция: научное объяснение явления, понимание особенностей естественно-научного исследования, интерпретация данных и использование научных доказательств для получения выводов.

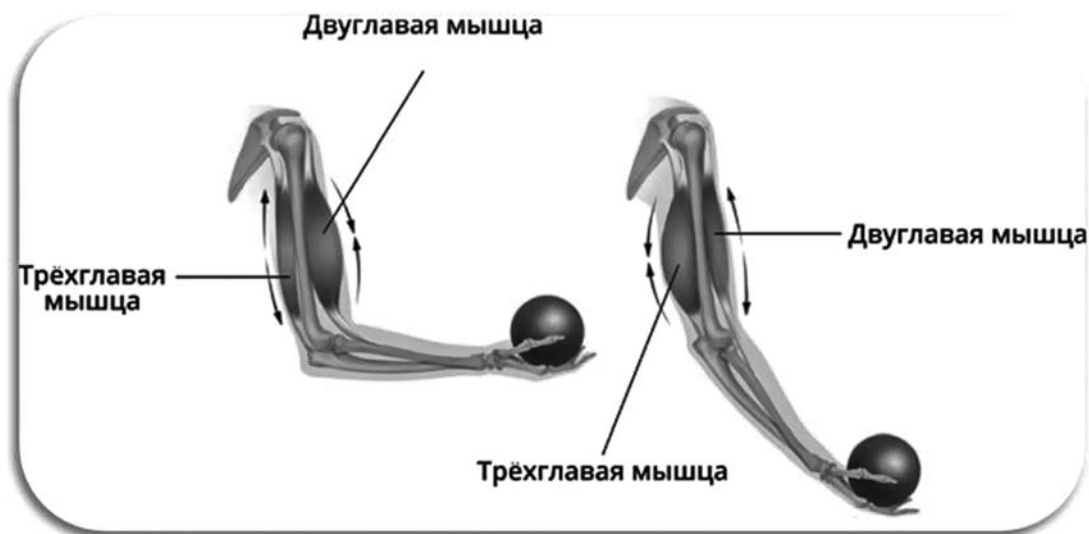


Рис 8. Изменение состояния мышц при движении

Тип вопроса: открытый.

Содержание задания: мышечная ткань обладает такими свойствами как возбудимость и сократимость. Движение конечностей обеспечивается работой сустава, а также мышцами сгибателями и разгибателями. При подъеме и опускании предмета конечность приходит в движение именно благодаря этим мышцам.

Вопрос 1. Вы поднимаете и опускаете шар, как показано на рисунке. Опишите, что происходит с мышцами при движении?

Ответ: при подъеме шара сокращается двуглавая мышца — сгибатель. При опускании предмета сокращается трехглавая мышца — разгибатель. Допускается иная формулировка ответа без потери основного смысла.

Вопрос 2. Длительное бездействие мышц приводит к их атрофии — потере работоспособности вследствие разрушения мышечных волокон. Как можно повысить работоспособность мышц?

Ответ: повысить работоспособность мышц можно с помощью систематической физической нагрузки. Допускаются иные формулировки ответов, отражающие основной смысл.

При изучении темы «Кровеносная система» у многих учащихся возникает вопрос, связанный с давлением крови в сосудах. Поэтому для повышения мотивации и формирования естественно-научной грамотности мы предлагаем такое задание.

Задание «Химия чая»

Компетенция: научное объяснение явления, интерпретация данных и использование научных доказательств для получения выводов.

Тип вопроса: комплексный на распределение.

Содержание задания: вы задумывались о том, какие вещества содержатся в чае?

В чашке чая находятся разные химические соединения. Они оказывают определенное воздействие на организм человека. Многие компоненты чая обнаружены и изучены, но не все. Некоторые из растворимых веществ представлены в таблице с указанием их воздействия на организм человека.

Вещество, входящее в состав чая	Воздействие вещества на организм человека	Роль в чае
Флавоноиды (эпикатахин, галлокатахин, кемпферол, кверцетин)	Антиоксиданты, улучшают действие рецепторов, уменьшают воспаление, улучшают работу сердца, имитирующее инсулин действие	Меняют терпкость, аромат и цвет, образуют пленку при остывании
Алкалоиды (кофеин, теofilлин, теобромин)	Усиливает бодрость и ясность ума, повышает работоспособность, снижает кровеносное давление	Придают горький привкус
Аминокислоты (теанин)	Улучшают сон, снижают тревожность, снижают кровеносное давление, повышают иммунитет	Обеспечивают сладость
Дубильные вещества (танин)	Противомикробное воздействие	Придают терпкий и пряный вкус, при остывании образуют пленку
Сапонины	Снижают уровень холестерина, противомикробное воздействие, подавляют рост опухолей	Образуют пену

Вопрос: в соответствии с информацией соотнесите вещества с их влиянием на организм.

А) Теанин и теобромин	1. Уничтожение болезнетворных бактерий
Б) Сапонины	2. Стимулирование деятельности центральной нервной системы

В) Танины и сапонины	3. Предотвращение и снижение ожирения
Г) Флавоноиды	4. Нормализация работы пищеварительной системы
Д) Кофеин	5. Расширение сосудов

Ответы: А) 5; Б) 3; В) 1; Г) 4; Д) 2.

Обратим внимание, что выполнение заданий на формирование естественно-научной грамотности не следует превращать в натаскивание, тренировку или действие по конкретному отработанному алгоритму. От этого результат может только ухудшиться. Чтобы этого избежать, необходимо комбинировать и использовать разнообразные формулировки вопросов. Не рекомендуем использовать такой формат для домашних заданий, поскольку он требует обсуждения и умения учащихся слушать собеседников, учитывать их мнения.

Литература

1. Адамович К.А., Капуза А.В., Захаров А.Б., Фрумин И.Д. Основные результаты российских учащихся в международном исследовании читательской, математической и естественнонаучной грамотности PISA-2018 и их интерпретация. – М., 2019.
2. Динамика результатов TIMSS-2019 по содержанию областям и видам познавательной деятельности.

3. Ковалева Г.С., Никифоров Г.Г., Никишова Е.А., Пентин А.Ю. Естественно-научная грамотность. Сборник эталонных заданий. – М., 2020.

4. Основные результаты российских учащихся в международном исследовании читательской, математической и естественнонаучной грамотности PISA-2018 и их интерпретация. – М., 2019.

5. Результаты исследования TIMSS-2019.

6. Суматохин С.В. Биологическое образование в школе цифрового века // Биология в школе. – 2020. – №1.

7. Суматохин С.В. Биологическое образование на рубеже XX–XXI веков: Монография. – М., 2021.

8. Суматохин С.В. Естественно-научная грамотность как цель развития школьного биологического образования // Биология в школе. – 2019. – №1.

9. Суматохин С.В. Требования ФГОС к учебно-исследовательской и проектной деятельности // Биология в школе. – 2013. – №5.

10. Суматохин С.В. Учебно-исследовательская деятельность по биологии в соответствии с ФГОС: с чего начинать, что делать, каких результатов достичь // Биология в школе. – 2014. – №4.

11. Якунчев М.А., Маркинов И.Ф., Киселева А.И. Аргументация как логический метод обучения биологии // Биология в школе. – 2018 – №7.



ЭТО ИНТЕРЕСНО

Муравьи рода *Azteca*, обитающие в Центральной и Южной Америке, очень любят деревья цекропий: они живут прямо в стволах и ветвях, питаются особыми питательными выростами на листьях, а взамен защищают дерево от муравьёв-листорезов и других животных, которые могли бы ему навредить. Одной охраной дело не ограничивается: если в стволе проделать отверстие — например, ударив по нему — муравьи *Azteca* это отверстие заделают. Дыра размером в 6–9 мм полностью исчезает за сутки. Для ремонта *Azteca* используют измельчённые растительные волокна, скреплённые клеевой жидкостью.



ПРОБЛЕМА ФОРМИРОВАНИЯ ЕСТЕСТВЕННО-НАУЧНОЙ ГРАМОТНОСТИ И СОДЕРЖАНИЕ ОСНОВНОГО ОБЩЕГО БИОЛОГИЧЕСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ

В статье рассмотрены пути решения проблемы формирования естественно-научной грамотности, стоящей перед основным общим биологическим образованием. Раскрываются возможности усиления теоретической, экологической и практической составляющих предметного содержания.

The article considers ways to solve the problem of the formation of natural science literacy facing the basic general biological education. The possibilities of strengthening the theoretical, environmental and practical components of the subject content are revealed.

Ключевые слова:

функциональная
грамотность, естественно-
научная грамотность,
оценочные задания PISA.

Keywords:

functional literacy, natural
science literacy, PISA
assessment tasks.

Л.Н. Сухорукова,

доктор педагогических
наук, профессор ЯГПУ
им. К.Д. Ушинского,
Ярославль,

С.Г. Морсова,

учитель биологии МОУ
СОШ №33 г. Ярославля,

М.Г. Ткач,

учитель биологии,
Красноткацкой
СОШ Ярославского
муниципального района,
e-mail:
suchorukovaLN@yandex.ru

Реальность основного общего биологического образования меняется. Учитель стоит перед новыми вызовами, направленными на получение качественно новых образовательных результатов — формирование функциональной грамотности — способность на основе интеграции знаний, способов действий решать широкий круг задач за пределами учебных ситуаций [2]. Функциональная грамотность оценивается международной программой PISA. Оценка проводится по результатам тестирования 15-летних детей. Проверяются не достижения отдельных школьников и даже не качество образования, а способность к самостоятельному мышлению вне рамок отдельных предметов и алгоритмов, потенциал подрастающего поколения, конкурентоспособность государства в будущем [11].

Виды функциональной грамотности: читательская, естественно-научная, математическая, финансовая. Биология, как учебный предмет работает, прежде всего, на формирование естественно-научной грамотности — способность человека занимать активную гражданскую позицию по вопросам, связанным с развитием естественных наук и применением их достижений, его готовность интересоваться естественно-научными идеями [2]. Естественно-научно грамотный человек стремится участвовать в аргументированном обсуждении проблем, имеющим отношение к естественным наукам и технологиям, что требует от него владения комплексом действий: научно объяснять явления и прогнозировать их развитие; интерпретировать научные

данные, использовать доказательства для получения выводов; владеть методологией естественно-научного исследования (видеть проблемы, выдвигать идеи, гипотезы, формулировать цель и задачи исследования, планировать его этапы) [2, 12]. В связи с этим в международном сравнительном исследовании PISA различают содержательное знание и процедурное. К содержательному знанию относятся области: «Физические системы», «Живые системы», «Науки о Земле и Вселенной». Содержательные области формально можно соотнести с предметными знаниями («Физические системы» — это преимущественно физика и химия, «Живые системы» — биология, «Науки о Земле и Вселенной» — география и астрономия). Процедурное знание — знание о знании и способах его добывания, методологии научного исследования. Процедурное знание универсально, относится ко всем естественно-научным предметам, что и позволяет говорить о естественно-научной, а не предметной, грамотности.

По данным рейтинга PISA, российские школьники находятся в третьем–четвертом десятках среди участников других стран. При этом от 15 % до 20 % из них не достигают пороговых значений естественно-научной грамотности (второй уровень из шести). Данные последних лет свидетельствуют, что сдвигов в формировании естественно-научной грамотности пока не наблюдается [11]. Вместе с тем, задача повышения рейтинга крайне актуальна. Национальный проект «Образование» одной из основных целей ставит вхождение России в 2024 г. в десятку лучших стран мира по рейтингу PISA.

Известно, что в другом рейтинге — TIMSS, в котором принимают участие ученики, начиная с IV класса, младшие школьники России входят в топ-10 стран с наивысшими результатами по математике и естествознанию. Но эти же дети через 3–4 года наби-

рают более низкие баллы, чем можно было ожидать с учетом их достижений в TIMSS [11]. Это дает основание предположить, что именно в основной школе происходит некий переломный момент, который приводит к ухудшению образовательных результатов.

Между тем, основное общее биологическое образование постоянно реформируется, но реформы не приводят к желаемому эффекту. Почему?

Существует мнение, что наши ученики недостаточно мотивированы на изучение естественно-научных предметов. Количество часов, отведенное на их изучение постоянно сокращается вплоть до 1 часа в неделю, а роль различных форм итогового контроля (ВПР, ОГЭ) возрастает [5, 6]. Еще одним объяснением может быть ужесточение и недостаточная объективность экспертизы учебников, которая не поддерживает инновационные подходы к отбору учебного содержания и, ориентируясь на удобство проведения ВПР, исключает его вариативную структуру [11]. Известно, что мониторинговые задания PISA интерактивные, но учебно-методические комплексы по биологии, специально создаваемые для учащихся XXI в., имеющие богатейшее электронное приложение, не вошли в Федеральный перечень. В результате основным источником информации продолжает служить учебник на печатной основе.

Важно заметить, что в настоящее время содержание основного общего биологического образования перестраивается под линейную структуру [6]. Негативные последствия этого в том, что теоретическая составляющая предметного содержания окончательно вытесняется эмпирией, а полицентризм (равнозначность изучения всех живых систем) заменяется организмоцентризмом (изучается организм растений, животных, человека). На таком содержании формируются такие учебно-познавательные

действия: называть, определять, описывать, сравнивать, классифицировать, устанавливать взаимосвязь строения с функцией, т.е. далеко не полный спектр действий, отвечающих естественно-научной грамотности.

Подобное реформирование содержания справедливо называют «обратной модернизацией», так как оно не имеет научного обоснования, не опирается на психолого-педагогическую теорию, согласно которой уже у дошкольников сложились процессы памяти и мышления, необходимые для усвоения эмпирических понятий. В школьном возрасте роль эмпирических знаний в развитии умственных способностей детей незначительна [1]. Поэтому ведущие отечественные психологи подчеркивают, что содержанием обучения, начиная с начальной школы, и тем более, в среднем звене, должна служить система теоретических понятий, ориентированных на развитие теоретического мышления. Теоретическое (понятийно-логическое) мышление рассматривается как фундамент для развития творческого и креативного мышления [1, 10]. Важно заметить, что именно развитие этих видов мышления способствует решению проблемы формирования естественно-научной грамотности. Привычка мыслить должна стать предметом целенаправленного формирования на уроках биологии. Формирование теоретического мышления достигается через особое построение содержания учебного предмета, а затем — через адекватные ему формы и методы организации учебной деятельности. «Перспективной формой организации учебной деятельности школьников выступает совместно-распределенная учебная деятельность. Дискуссии и обсуждения, организуемые в групповой учебной работе, учат детей мыслить, договариваться об общем способе действия, согласовывать свои точки зрения, понимать друг друга и действовать сообща» [10].

Совершенствованию содержания основного общего биологического образования, усилению его теоретического компонента уделялось значительное внимание, начиная с последних десятилетий ушедшего века. Ведущие методисты-биологи, основываясь на положениях педагогической и психологической науки, экспериментально доказали эффективность введения на ранних этапах изучения биологии теоретических понятий об эволюции и системной организации живой природы [3, 4]. Большое внимание уделяли интеграции и экологизации учебного содержания курсов биологии основной школы [4, 6, 7], усилению их практической и технологической направленности [4, 6]. В настоящее время эти положения особенно востребованы в связи с проблемой формирования естественно-научной грамотности.

Обратимся к анализу оценочных заданий рейтинговой программы PISA. Они представляют собой кейсы, их вводная часть охватывает определённую тематическую область — контекст (здоровье; природные ресурсы; окружающая среда; опасности и риски; связь науки и технологий), к которой относится описанная в задании проблемная ситуация. При этом каждая из ситуаций может рассматриваться на одном из трех уровней: личностном, местном/национальном или глобальном.

После вводной части предлагается задание, включающее три вопроса разного уровня сложности. Самый сложный вопрос имеет высокую вероятность ошибочного ответа, предполагает использование информации из различных источников (введения, схем, рисунков, таблиц, фотографий) и направлен на выход из ситуации на основе мышления и интеграции естественно-научных знаний. Поскольку все ситуации в той или иной степени имеют экологическую и технологическую направленность, выполнение заданий зависит от того, вооружены ли

восьмиклассники знаниями об экосистеме, разнообразии экосистем, функциях организмов разных видов в конкретной экологической системе и экологических проблемах, связанных с развитием растениеводства и животноводства.

Анализ действующих учебников, вошедших в федеральный перечень показывает, что авторы ограничиваются рассмотрением в курсах биологии основной школы только двух живых систем — организма и природного сообщества. Системный подход и его центральный принцип — полицентризм реализуется недостаточно. В результате школьники нашей страны не выполняют задания высокого уровня. Их вообще не сориентировали, что объекты живой природы следует рассматривать как живые системы. Вместе с тем, системный подход представляет собой ведущий принцип биологического познания. Не случайно, что и содержательная область, отвечающая предмету биологии, в рейтинговом исследовании PISA, называется «Живые системы».

Практическая и технологическая компоненты учебного содержания минимизированы в связи с одночасовыми курсами, поэтому ставить и решать экологические проблемы, связанные с развитием разных отраслей сельского хозяйства, просто нет времени.

Что можно сделать, чтобы в ближайшее время выполнить задачу по входу нашей страны в топ-10 образовательных систем мира?

Один из вариантов — использовать PISA-подобные задания в процессе обучения и проведения разных форм контроля, включая школьные и региональные. Такие задания уже включаются в ОГЭ, их можно найти в Интернете, но можно и составить самому. Важно, чтобы задания охватывали разные контексты и включали ситуации местного или регионального уровня, так как они вызывают повышенный интерес. Например,

при изучении экологических групп птиц можно (в контексте «опасности и риски») обсудить такую ситуацию: «Жители Ярославля в течение последних десяти лет наблюдают за несколькими десятками уток, зимующих на теплой канавке реки Урочь, в Заволжском районе. Утки не улетают в места своей обычной миграции (Кавказ, Африку, Индию)». Детям предлагается ответить на вопросы разной степени сложности: в силу каких причин перелетные птицы улетают на юг? Почему, когда в Ярославль приходят морозы, местные утки не спешат перебираться в теплые края? Какими продуктами нельзя подкармливать уток?

Другой пример — ситуация, связанная с исчезновением воробьев из городской экосистемы (контекст — окружающая среда). Во вводной части задания говорится о том, что домовый воробей — зерноядная птица, и его близость к человеку связана с гужевым транспортом. Однако в весенний период и при вскармливании птенцов воробьи питаются насекомыми. На территории обитания воробьи гнездятся в малодоступных закутках и нишах, щелях старых деревянных строений, дуплах и на ветках деревьев, скворечниках. В XXI в. численность домового воробья во многих городах разных стран начала заметно сокращаться. В связи с этим ставится вопрос (высокий уровень): «Каковы причины исчезновения воробьев в крупных городах?» Ответ предполагает сложный множественный выбор:

а) сокращение старых дуплистых деревьев и кустарников в городах по сравнению с сельской местностью;

б) наличие огромного количества пестицидов в злаковых культурах;

в) особенности современной архитектуры: здания с гладкими стенами и крышами, без карнизов; вместо чердаков — застеклённые мансарды и балконы. Воробьям остаются водостоки, деревья и фонари;

г) сокращение популяции многих видов насекомых, которыми воробьи питаются;

д) возросший городской шум;

е) загрязнение воздуха;

и) электромагнитное излучение от вышек сотовой связи, которое может нарушать навигационные способности птиц;

к) исчезновение зёрен диких злаков из-за выкашивания травы на газонах.

Постановке второго вопроса (повышенный уровень) предшествует информация: «В 50-х гг. ушедшего века в Китае, где основной зерновой культурой служит рис, воробьев, как зерноядных птиц, стали целенаправленно истреблять. Зная, что воробьи не могут находиться в воздухе более 15 мин., им не давали приземляться. В результате было истреблено почти 2 млрд особей. К каким последствиям привело такое поведение человека?» Ответ основан на простом множественном выборе:

- урожай риса существенно вырос;
- на смену воробьям пришли другие зерновые птицы;
- насекомые-вредители риса расплодились и унесли значительную часть урожая;
- на урожае риса не сказались истребления воробьев.

Отметим, что во вводной части задания содержится информация, необходимая для ответа на оба вопроса.

Следующее задание «Липовые леса и пчеловодство» рассматривает проблему национального уровня и соответствует контекстам — природные ресурсы, наука и технологии. Во введении отмечается, что когда-то липовые леса занимали в России большие площади. Это позволяло эффективно добывать продукты пчеловодства — мёд и воск. В липовых лесах (липняках), обитало огромное количество насекомых, других животных и грибов. Птицы и звери использовали дупла старых деревьев для выведения потомства и переживания зимних холодов.

Человеку липа давала древесину, уголь, деготь. Но наибольшее применение находило липовое лыко. Из него изготавливалась знаменитая обувь русских крестьян — лапти. Этим промыслом занимались целые губернии. На стебле лыко находится сразу под корой, состоит из луба, укрепленного волокнами механической ткани, поэтому оно очень прочное. Снимали лыко «кольцом», до древесины. В настоящее время липа почти полностью отсутствует в естественных природных сообществах. Восстановление липовых лесов — сложная задача, требующая глубоких знаний о растениях, грибах, животных, жизнь которых тесно с ними связана.

Задание 1. Рассмотрите рисунки разных видов живых организмов, обитающих в широколиственных лесах (пчелы, бледная поганка, трутовик, скворец, грибы свинушки, войлочный клещ, летучая мышь, шмели). Распределите их по следующим экологическим группам: 1) симбионты, 2) паразиты, 3) опылители, 4) использующие дупла старых липовых деревьев. Задание высокого уровня, так как предполагает определение экологических функций представленных видов организмов. Его сложность заключается и в большой вероятности ошибочного ответа, так как нет ограничений на количество организмов каждой экологической группы.

Задание 2 (повышенный уровень). В настоящее время, несмотря на рациональное пчеловодство, производство мёда в России существенно снизилось. Наблюдается явный парадокс — во всех отраслях сельского хозяйства научно-технический прогресс увеличивает объёмы производства, а в пчеловодстве — наоборот, снижает. Какие меры следует принять в первую очередь, чтобы повысить эффективность пчеловодства в России:

- вывести путем селекции новые, более продуктивные породы пчел;

- продолжить техническое совершенствование применяемого в пчеловодстве оборудования;

- увеличить площади искусственных посадок липы;

- использовать новые технологии при выращивании липы;

- сохранять в широколиственных лесах старые дуплистые деревья;

- омолаживать лесные экосистемы путем вырубki старых лип, имеющих дупла.

Вопрос 3 (пороговый уровень). Почему промысел лыка опасен для липы:

- повреждаются сосуды древесины, и вода с минеральными веществами не может поступать от корня к другим органам растения;

- повреждаются механические ткани, придающие прочность стеблю;

- нарушается пробка — покровная ткань, в которой есть чечевички, участвующие в газообмене;

- повреждаются ситовидные трубки проводящей ткани, в результате нарушается воздушное питание, органические вещества не поступают по стеблю к корням.

Однако ограничиться только применением PISA-подобных заданий, не затрагивая учебное содержание, не решит поставленной проблемы. Опыт показывает, что уже на ранних этапах обучения биологии важно познакомить с теоретическими понятиями системного подхода, способствующими усвоению и интеграции содержания всех естественно-научных предметов:

- ✓ «система» — целое, в котором элементы настолько связаны, что по отношению к среде выступают как нечто единое;

- ✓ «структура» — это то, как связаны элементы в системе и как они расположены в пространстве;

- ✓ «живые и косные (не живые, физические) системы»;

- ✓ «свойства живых систем» в отличие от косных (открыты для веществ, энергии и

информации, способны к самообновлению и самовоспроизведению, саморегуляции и саморазвитию) [8].

Уже клетку важно рассматривать как самостоятельный организм и как компонент более сложной системы — тканей растений и животных. При первом знакомстве с клеткой следует подчеркнуть, что это мельчайшая живая система, состоящая из двух подсистем (взаимосвязанных частей) — ядра и цитоплазмы, которые совместно обеспечивают все процессы жизнедеятельности (называть ядро органоидом — неверно, так как органоиды — взаимосвязанные структуры цитоплазмы). В свою очередь, ткани необходимо изучать как компоненты органов, а органы — как взаимосвязанные части системы органов и организма в целом. Положительно, что в современных учебниках информация о разнообразии тканей присутствует. Это позволяет детям понять, что любой орган растений, животных, человека состоит из нескольких взаимосвязанных тканей. Взаимосвязь растительных тканей хорошо прослеживается в процессах почвенного и воздушного питания, что позволяет в VI классе подвести к пониманию организма как целостной и открытой для веществ и энергии системы. Обращение к процессам клеточного деления и онтогенезу убеждает, что клетка и организм, в отличие от неживых систем, способны к самовоспроизведению и саморазвитию. В способности организма к саморегуляции, т.е. к поддержанию динамического равновесия состава и свойств, учащиеся убеждаются уже при изучении животных, а затем в ходе раскрытия механизмов нейрогуморальной регуляции в организме человека.

Следующие живые системы, с которыми важно познакомить в курсах основной школы — это вид и его структурная единица — популяция. Это лучше сделать перед изучением разнообразия растительного

или животного мира. Характеризуя вид как надорганизменную систему, можно ограничиться информацией о том, что особи одного вида происходят от одного предка и потому имеют большое сходство в строении и протекании процессов жизнедеятельности, способны к скрещиванию и занимают определённый ареал, внутри которого приспособлены к конкретным условиям среды обитания (проиллюстрировать примерами). Информация о виде как живой системе, позволит понять, почему именно вид служит единицей биологической классификации. Первоначальное введение понятия «ареал», даёт возможность подойти к определению популяции как группы особей вида, длительно существующей на части его ареала, рассмотреть примеры взаимосвязи внутри растительной и животной популяций, взаимодействие популяций разных видов в природном сообществе. Рассматривая природное сообщество (самую сложную живую систему), важно показать, как различные виды взаимодействий направлены на обеспечение процессов его саморегуляции и длительного устойчивого существования: отношения «хищник–жертва», «паразит–хозяин», «межвидовая и внутривидовая конкуренция» поддерживают численность особей разных популяций на определённом уровне; взаимовыгодные отношения и отношения, полезные для одного из взаимодействующих видов, поддерживают видовое разнообразие.

От природного сообщества следует перейти к экологической системе, обратиться к её трофической структуре, объяснить, почему именно в экосистеме происходит круговорот веществ и превращение энергии. Необходимо дать представление о разнообразии экосистем и процессах саморегуляции, обеспечивающих их устойчивое существование. Детям нужно понимать, что жизнь на Земле существует в форме экологической системы,

а не в форме организмов, видов или природных сообществ. Разнообразие природных экосистем — условие существования биосферы.

Смысл понятия «структура», так же, как и понятия «система» конкретизируется, уточняется, начиная с выяснения строений клеток, тканей, органов и организма в целом, а затем при рассмотрении популяционной структуры вида, видовой и пространственной структуры сообществ, трофической структуры экосистем.

Важно отойти от традиции изучения разнообразия видов растений и животных только с позиций систематики. Необходимо, основываясь на системной организации живой природы и экосистемной сущности жизни, уже в основной школе ввести понятие биологического разнообразия (видового и экосистемного) и, связанные с ним ценностные идеи об опасности исчезновения видов и природных экосистем. К сожалению, во многих учебниках биологии для основной школы вместо научного понятия «биологическое разнообразие» используется понятие «многообразие видов». Кроме того, следует при изучении всех крупных таксонов обращать внимание на их роль в конкретных экологических системах, т.е. говорить, например, не о значении мхов или голосеменных в природе, (как это наиболее общепринято), а об их роли в болотной экосистеме и экосистеме тайги; не ограничиваться рассмотрением внешнего и внутреннего строения ракообразных или моллюсков, а раскрыть их функцию в водных экосистемах как животных-фильтраторов.

Способствует формированию понятийно-логического мышления и, как следствие, — естественно-научной грамотности введение в курсы основной школы методологического компонента, включающего знания о знании («факт», «идея», «гипотеза», «теория и её функции»), способах добывания знаний

(методах и принципах познания), о чем шла речь на страницах журнала [9]. Однако сведения методологического характера так же не находят достаточного отражения в современных учебниках биологии по курсам основной школы.

Таким образом, для формирования естественно-научной грамотности средствами предмета биологии необходимо, прежде всего, усилить теоретическую, экологическую, методологическую и практическую составляющие учебного содержания, сформировать привычку мыслить на уроках биологии. Однако в современных условиях учителям придётся делать это с большой степенью самостоятельности и творческой самоотдачи.

Игнорировать итоги международного исследования PISA невозможно, так как они способствуют выявлению слабых мест в системе основного общего естественно-научного образования нашей страны. Результаты PISA свидетельствуют о том, насколько учащиеся владеют ключевыми навыками современного человека, от которых зависит реализация его творческого потенциала и полноценное взаимодействие с обществом [5, 12].

Литература

1. Давыдов В.В. Виды обобщения в обучении. – М., 1972.
2. Ковалева Г.С. Возможные направления совершенствования общего образования для обеспечения инновационного развития страны (по результатам международных исследований качества общего образования): материалы к заседанию Президиума РАО 27 июня 2018 г. // Отечественная и зарубежная педагогика. – 2018. Т. 2. – № 5 (55).
3. Калинова Г.С., Мягкова А.Н. Биологическое образование: современное состояние и перспективы // Перспективы развития общего среднего образования. – М., 1998.
4. Комиссаров Б.Д. Методологические проблемы школьного биологического образования. – М., 1991.
5. Суматохин С.В. Естественно-научная грамотность как цель развития школьного биологического образования // Биология в школе. – 2019. – №1.
6. Суматохин С.В. Биологическое образование на рубеже XX–XI веков. Монография. – М., 2021.
7. Суравегина И.Т. Концепция развития целей и содержания базового экологического образования. – М., 1997.
8. Сухорукова Л.Н. Построение содержания общего биологического образования на основе принципов системности и историзма // Биология в школе. – 2019. – № 6.
9. Сухорукова Л.Н., Морсова С.Г., Власова Е.А. Методика формирования методологической грамотности средствами предмета биологии // Биология в школе. – 2021. – №5.
10. Цукерман Г.А., Обухова О.Л., Рябинина Л.А., Шибанова Н.А. Введение исходных понятий: в поисках недостающих опор // Культурно-историческая психология. – 2017. Т. 13. – № 4.
11. Пентин А.Ю., Ковалева Г.С., Давыдова Е.И., Смирнова Е.С. Состояние естественно-научного образования в российской школе по результатам международных исследований TIMSS и PISA // Вопросы образования. – 2018. – №1.
12. PISA – тест на компетентность. Корпорация «Российский учебник». URL <https://rosuchebnik.ru/material/issledovaniya-pisa-2018-v-rossii/> (дата обращения 2.02.2022).
13. Суматохин С.В. Биологическое образование в школе цифрового века // Биология в школе. – 2020. – № 6.
14. Борзова З.В. Формирование естественно-научной грамотности — приоритетная цель изучен // Биология в школе. – 2021. – № 3.
15. Власова Е.А., Морсова С.Г., Сухорукова Л.Н. Взаимосвязь урочной и внеурочной деятельности как направление стратегии формирования методологической грамотности // Биология в школе. – 2021. – № 6.

РОЛЬ АРГУМЕНТАЦИИ В ФОРМИРОВАНИИ ЕСТЕСТВЕННО- НАУЧНОЙ ГРАМОТНОСТИ

В статье раскрывается сущность аргументации и ее роль в формировании естественно-научной грамотности обучающихся в школьном курсе биологии. Охарактеризована структура аргументации и предложены ее виды применительно к урокам биологии. Показаны возможности использования аргументации в исследовательской работе обучающихся.

The article reveals the essence of argumentation and its role in the formation of natural science literacy of students in the school biology course. The structure of argumentation is characterized and its types are proposed in relation to biology lessons. The possibilities of using argumentation in the research work of students are shown.

Ключевые слова:

аргументация, модель
аргументации, виды
аргументов.

Keywords:

argumentation, argumentation
model, types of arguments.

Н.И. Асташина,

кандидат педагогических
наук, доцент,
заслуженный учитель РФ,
учитель биологии МБОУ
Воротынская средняя
школа
п. Воротынец
Нижегородской обл.

Г.С. Камерилова,

доктор педагогических
наук, профессор,
Нижегородский
госпедуниверситет
им. К. Минина,
e-mail: kamerilova-galina@
rambler.ru

Личностное развитие обучающегося, как ведущая цель биологического образования, опирается на фундамент естественно-научной грамотности, понимаемой как их способность осваивать и использовать естественно-научные знания для постановки проблемных вопросов, освоения новых знаний, объяснения естественно-научных явлений и формулирования выводов. Рассматривая естественно-научную грамотность применительно к биологии, следует отметить, что она отражает способность ученика использовать биологические знания для понимания процессов и явлений в окружающей природной среде, готовность участвовать в аргументированном обсуждении практических проблем и поиском путей их решения. Школьник, обладающий естественно-научной грамотностью, проявляет интерес к биологической науке, понимает значимость изучения естественной научной картины мира и существующих проблем окружающей природной среды [13]. Он владеет знаниями о природе на уровне фактов, теорий, идей, а также знаниями о научных методах получения биологической информации; способен объяснять сущность биологических явлений и процессов, применять научные методы, интерпретировать данные и использовать научные доказательства. В этих условиях школьная биология должна обеспечить развитие умений использовать знания в повседневной жизни, поскольку они помогут ребенку занять устойчивую гражданскую позицию, проявить активность в общественно значимых процессах. Однако в практике обучения биологии в школе отмечают затруднения обучающихся в выражении

своего мнения, правильного и логичного изложения материала, бездоказательные высказывания.

Необходимость формирования умений объяснять биологические явления на основе имеющихся знаний и способов деятельности, интерпретировать информацию и использовать доказательства для формулирования выводов и убеждений, ставит перед учителем проблему формирования у учащихся способности к аргументации.

Опираясь на исследования [1, 2, 6], можно сделать вывод о том, что аргументация представляет собой обоснование какого-либо научного суждения с помощью доводов и доказательств, объединяющих как методы научной логики, так и эмоционально-психологические приемы убеждающего воздействия. Следует иметь в виду, что такое явление, как аргументация применительно к биологическому образованию рассматривается нами с позиций интеграции, т.е. в широком смысле — в единстве двух взаимосвязанных аспектов. С одной стороны, аргументация — несомненный ценный научно-познавательный способ учебной деятельности, обеспечивающий доказательство выдвинутого положения на основе логических приемов, что крайне важно в биологии для формирования естественно-научной грамотности. С другой стороны, аргументация выступает как коммуникативно-речевая деятельность, способствующая решению на уроках биологии речевых задач. Школьники учатся высказывать свое мнение, подтверждая его убедительными аргументами, узнают правила групповой дискуссии, корректно задают вопросы, уважительно относятся к мнению одноклассников. Аргументация расширяет возможности общения детей, в результате чего развивается мотивация, стремление к групповой работе, коллективным методам обсуждения важных мировоззренческих проблем, фор-

мированию коммуникативных универсальных учебных действий.

Модель аргументации представлена в виде трех взаимосвязанных компонентов: тезис — аргумент — демонстрация [10, 14]. Тезис — высказывание обучающегося, которое формулируется в процессе изучения темы. Он должен быть ясно выражен и всем понятен. (Зеленые клетки лишайника — самостоятельные растения, водоросли). Аргумент — доказательство выдвинутого тезиса.

Анализ исследований в области применения аргументации [3, 9] позволяет выделить несколько подходов к их классификации. Выделим основные виды аргументов.

В зависимости от характеристики используемых аргументов:

- логические: факты, выводы науки, зафиксированные в форме законов, аксиом, научных гипотез, статистические данные, объективные показания состояния дел, данные экспериментов, экспертиз, свидетельства очевидцев;
- иллюстративные: примеры из жизни, личного опыта;
- предположительные: ссылка на мнения ученых, цитаты из авторитетных источников.

В зависимости от целей использования:

- аргументы «за» — подтверждающие выдвигаемый тезис;
- аргументы «против» — опровергают выдвигаемый тезис.

В зависимости от особенностей восприятия:

- логические — апеллируют к рассудку, разуму;
- психологические — воздействуют на эмоциональную сферу, формируют определенное отношение к предмету, явлению.

Третий компонент аргументации — демонстрация, подтверждает убедительность доказательств, для чего используются при-

меры, метафоры, особенности подбора аргументов.

Обучение навыкам аргументации — неотъемлемая часть процесса формирования естественно-научной грамотности. Рассмотрим некоторые приемы, используемые нами на разных этапах урока: актуализации знаний, изучения нового материала, закрепления, повторения, контроля усвоения. Учащиеся для поиска аргументов могут использовать текст учебника, ранее усвоенные знания, личный опыт, результаты практических работ и экспериментов.

Пример 1. Урок биологии в VIII классе, тема «Строение и работа сердца». На этапе подготовки к изучению нового материала учащимся предлагается работа с учебником: опираясь на первый абзац стр. 146 найдите подтверждения (аргументы) для тезисов:

1. Кровеносная система обеспечивает выполнение функций крови.
2. Кровеносная система человека и других позвоночных имеет сходство в строении.
3. Сердце относится к кровеносной системе.

Пример 2. Урок биологии в VI классе, тема «Распространение плодов». На этапе изучения нового материала школьникам предлагается задание: на основе ваших личных наблюдений докажите, что животные участвуют в распространении плодов и семян.

Пример 3. Урок биологии в VII классе, тема «Подтип Бесчерепные. Класс Ланцетники». На этапе закрепления нового материала учащимся предлагается задание: на основании каких аргументов можно утверждать, что ланцетник относится к типу Хордовые?

Пример 4. Урок биологии в VII классе, тема «Многообразие насекомых. Отряды с полным превращением». При закреплении знаний предлагается упражнение «Третий — лишний»: необходимо из предложенных

групп выбрать насекомое, которое выпадает из общего ряда, ответ аргументировать:

1. Плавунец окаймленный, щелкун полосатый, малярийный комар.
2. Бабочка, кузнечик, саранча.
3. Комнатная муха, шмель, комар.

4. Выбор аргументов, используемых для доказательства выдвигаемого тезиса зависит от нескольких факторов: культурно-образовательного уровня и психолого-педагогических и возрастных особенностей школьников, содержания учебного материала, типологии вопроса (репродуктивный, продуктивный, творческий), задач определенного типа урока или его этапа. Педагогу необходимо пополнять свой методический арсенал [8, 11], в том числе расширять ассортимент приемов аргументации, использовать их в своей деятельности и обучать этим приемам своих учеников.

Обратим внимание, что в результате использования на уроках биологии аргументации решается комплексная проблема формирования универсальных учебных действий личностного, когнитивного, регулятивного, коммуникативного характера.

Обучение и использование приемов аргументации рекомендуется проводить не только в урочной деятельности, но и в процессе научно-исследовательской работы (НИР) [12]. В этом случае аргументация востребована на всех этапах НИР: при выборе темы исследования, выдвижении гипотезы, подборе методов исследования, информационном поиске материалов, анализе и презентации результатов. Межличностное взаимодействие при выполнении исследовательской работы происходит между научным руководителем и юным исследователем, между членами исследовательского коллектива в экспедиционной работе и на стадии обобщения собранной информации. Особое значение аргументация имеет при публичном представлении результатов проведенного

исследования, когда требуется логически выстроить содержательный доклад, подготовить его наглядную презентацию, привести убедительные аргументы своей правоты, дать полные ответы на вопросы слушателей [4, 5, 6]. При этом желательно свободное владение материалом, использование исторических экскурсов, метафор, уместных шуток, делающих представление научного содержания увлекательным и интересным.

Обобщая рассуждения об аргументации, можно сделать вывод о ее актуальности, целенаправленности, социальности, рациональности, структурности, что подтверждает положительное влияние данного способа в педагогической деятельности на формирование естественно-научной грамотности обучающихся в биологическом образовании.

Литература:

1. Абичев С.К. Теория и практика аргументации: логико-гносеологические и внелогические аспекты [Текст] / С.К. Абичев. – М., 2013. – 344 с.
2. Алексеев А.П. Теория аргументации: классические идеалы и технологические перспективы / А.П. Алексеев. – М., 2010. – 76 с.
3. Асташина Н.И., Камерилова Г.С. Роль аргументации в научно-экологической деятельности бакалавров // Азимут научных исследований. – 2020. – №2(31). – С. 19–22.
4. Асташина Н.И. Командные экологические турниры как средство развития творческой активности учащихся // Вектор науки Тольяттинского государственного университета. Серия: Педагогика, психология. – 2017. – №4(31). – С. 17–32.
5. Асташина Н.И., Асташин Е.А. Перспективы использования конференций в образовательном процессе с позиций компетентного подхода // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – №4. – С. 131.
6. Асташина Н.И., Асташин А.Е. Использование региональной Красной книги для формирования экологической компетентности // Биология в школе. – 2019. – № 4. – С. 50–55.
7. Зайцев Д.В. Теории аргументации и их практические реализации // Радио.ru. – 2015. – № 14. – С. 4–15.
8. Ибрагимова М.В. Приемы организации интерактивного обучения при изучении естествознания и биологии // Биология в школе. – 2014. – №4. – С. 48–52.
9. Маркова С.М., Наркозиев А.К. Методика исследования содержания профессионального образования // Вестник Мининского университета. – Том 7. – № 1 (2019) // <https://doi.org/10.26795/2307-1281-2019-7-1-2>.
10. Непряхин Н. Убеждай и побеждай. Секреты эффективной аргументации/ Никита Непряхин. – 2-е изд. М., 2012. – 254 с.
11. Суматохин С.В. Биологическое образование на рубеже XX–XXI веков: Монография. – М., 2021.
12. Суматохин С.В. Учебно-исследовательская деятельность по биологии в соответствии с ФГОС: с чего начинать, что делать, каких результатов достичь // Биология в школе. – 2014. – №4.
13. Суматохин С.В. Естественно-научная грамотность как цель развития школьного биологического образования // Биология в школе. – 2019. – №1.
14. Якунчев М.А., Киселева А.И. Аргументация как логическое действие и ее значение для общего образования // Известия ВГПУ. Педагогические науки. – 2017. – С. 60–64.
15. Лукашук О.Н., Кулягина Г.П., Опарин Р.В., Букарев Р.В. Сложные вопросы курса биологии: подходы к решениям // Биология в школе. – 2021. – № 6. – С. 30.
16. Крылова Т.Ю., Сухорукова Л.Н. Применение дискуссионной образовательной технологии в процессе обучения курсу общей биологии // Биология в школе. – 2020. – № 2. – С. 9.
17. Борзова З.В. Формирование естественно-научной грамотности — приоритетная цель изучен // Биология в школе. – 2021. – № 3.

ОПЫТ,
ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ НАХОДКИТРУДНОСТИ И ОШИБКИ В РЕШЕНИИ
ЗАДАЧ НА СЦЕПЛЕННОЕ С ПОЛОМ
НАСЛЕДОВАНИЕ

В статье разбираются задачи на полигибридное скрещивание с аутосомным наследованием и наследованием, сцепленным с полом. Проанализированы причины трудностей и ошибок в их решении: недостаточный опыт решения задач на полигибридное скрещивание, на промежуточное наследование, задач с использованием фенотипических радикалов, незнание формулы для расчета количества типов гамет при полигибридном скрещивании, недостаточная информированность о голандрическом типе наследования и т.д. Даны рекомендации о путях преодоления возникающих затруднений.

The article deals with the tasks of polyhybrid crossing with autosomal inheritance and gender-linked inheritance. The causes of difficulties and errors in their solution are analyzed: insufficient experience in solving problems for polyhybrid crossing, intermediate inheritance, problems using phenotypic radicals, ignorance of the formula for calculating the number of types of gametes in polyhybrid crossing, insufficient awareness of the holandric type of inheritance. Recommendations are given on ways to overcome the difficulties that arise.

Ключевые слова:

голандрическое
наследование,
полигибридное скрещивание,
сцепление с полом.

Keywords: holandric
inheritance, polyhybrid
crossing, linked with sex.

Е.В. Комарова,
доктор педагогических
наук, доцент, специалист
отдела управления
качеством обучения
(биология)
ООО «Фоксфорд»,
e-mail:
komarova1978@mail.ru

В предыдущей публикации затрагивались вопросы методики обучения решению задач на наследование, сцепленное с полом. Были рассмотрены наиболее распространенные ошибки учеников, проанализированы их причины, даны соответствующие рекомендации [6].

В данной статье:

- ✓ акцент сместим на задачи, в сценариях которых одновременно присутствует сцепление с полом и аутосомное наследование;
- ✓ рассмотрим сценарии условий с различным количеством анализируемых признаков (полигибридное скрещивание), наследуемых как аутосомно, так и расположенных в половых хромосомах;
- ✓ проанализируем трудности и ошибки, возникающие при решении подобных задач, их причины и пути преодоления.

Основная идея при подборе задач на наследование, сцепленное с полом, состоит в как можно большем разнообразии сценариев условия задач. В основе идеи лежат проверяемые тре-

бования к результатам освоения основной образовательной программы среднего общего образования по биологии и перечень элементов содержания, проверяемых на едином государственном экзамене по биологии [2, 3]. Примеры задач взяты из одного источника [1], поскольку соответствуют цели статьи и сохраняют единый стиль формулировки известного и искомого.

Задача 1

Предположим, что при скрещивании трехголового Змея Горыныча с такой же трехголовой самкой все потомство будет иметь три головы, при скрещивании одноголового Змея Горыныча с такой же самкой все потомство будет иметь по одной голове, а при скрещивании трехголового самца с одноголовой самкой потомки имеют по две головы. Предположим также, что умение извергать огонь из пасти обусловлено доминантным геном, сцепленным с X-хромосомой, при этом надо учесть, что гетерогаметный пол у Змея Горыныча (XY) имеет самка. Какое потомство получится от скрещивания трехголового Змея Горыныча, умеющего извергать огонь из пасти и гетерозиготного по второму признаку, с двухголовой самкой, также умеющей извергать огонь из пасти?

Решение задачи

Во-первых, определяем количество анализируемых признаков. Обычно это не вызывает затруднений у учащихся. Иногда звучит ответ о пяти признаках — трехголовость, двухголовость, одноголовость, умение извергать огонь, неумение извергать огонь. В таком случае объясняем, что речь идет о двух признаках — количество голов и умение извергать огонь. Кратность голов и способность/неспособность к огнеизвержению — вариации признаков.

Далее вводим обозначения для генов, определяющих способность/неспособность к огнеизвержению и кратность голов.

F — умение извергать огонь,
 f — неспособность к огнеизвержению;
 X^F — хромосома, несущая ген способности к огнеизвержению;
 X^f — хромосома, несущая ген неспособности к огнеизвержению.

Далее анализируем характер наследования признака кратности голов. По результатам скрещивания нетрудно догадаться, что речь идет о промежуточном характере наследования, где A — трехголовость; a — одноголовость:

AA — трехголовые;

aa — одноголовые;

Aa — двухголовые.

P_1 : AaX^FY $\times$ AAX^fX^f
 двухголовая трехголовый
 огнедышащая огнедышащий
 самка самец

G : AX^F, AY, aX^F, aY AX^f, AX^f

F_1 :

	AX^F	AX^f
AX^F	AAX^FX^F трехголовые огнеизвергающие самцы	AAX^fX^f трехголовые огнеизвергающие самцы
AY	AAX^FY трехголовые огнеизвергающие самки	AAX^fY трехголовые не способные к огнеизвержению самки
aX^F	AaX^FX^F двухголовые огнеизвергающие самцы	AaX^fX^f двухголовые огнеизвергающие самцы
aY	AaX^FY двухголовые огнеизвергающие самки	AaX^fY двухголовые не способные к огнеизвержению самки

Ответ: в случае скрещивания трехголового Змея Горыныча, умеющего извергать огонь из пасти, и гетерозиготного по второму признаку, с двухголовой самкой, также умеющей извергать огонь из пасти, получится потомство по фенотипу:

- самцы по признаку кратности голов (трехголовые и двухголовые) теоретически могут родиться 1:1, все родившиеся самцы способны к огнеизвержению;

- самки по признаку кратности голов (трехголовые и двухголовые) теоретически могут родиться 1:1, по признаку способности к огнеизвержению теоретически ожидаемый результат также 1:1.

Основная трудность в решении задачи 1 состоит в понимании характера наследования признака кратности голов.

Вторая трудность связана с ошибочным представлением, что признак способности к огнеизвержению наследуется потому же типу, что и признак кратности голов.

Причины ошибок при решении задачи

Содержательные: ограниченные представления о характере наследования аллельных генов (опыт решение задач только на полное доминирование);

Процессуальные: отсутствие достаточного аналитико-синтетического опыта решения задач на промежуточное наследование для формирования умения распознавать его по результатам скрещивания.

Рассмотрим задачу 2, в которой речь идет о наследовании большего количества признаков.

Задача 2

Мужчина нормального роста, имеющий «белый локон волос» и страдающий цветовой слепотой, женится на низкорослой женщине, имеющей нормальное зрение и «белый локон волос». Известно, что отец мужчины не имел «белого локона волос»; мать женщины также не имела «белого локона волос» и была нормального роста, а отец женщины страдал цветовой слепотой. «Белый локон волос» и низкий рост наследуются как аутосомные доминантные признаки, а цветовая слепота — как рецессивный, сцепленный с X-хромосомой, признак. Определите вероятность рождения в этой семье детей с нормальным ростом, нормальным зрением и без «белого локона волос».

Решение задачи

Во-первых, определяем анализируемые признаки: рост, «белый локон волос», способность к цветовосприятию. По условию задачи:

A — низкий рост, a — нормальный рост;

B — «белый локон волос», b — отсутствие «белого локона волос»;

D — нормальное различение цветов, d — дальтонизм;

X^D — хромосома, несущая ген нормально-го цветовосприятия; X^d — хромосома, несущая ген дальтонизма.

Во-вторых, определяем генотипы людей, упомянутых в задаче. Поскольку речь идет о трех признаках, проводим анализ по каждому из них:

- по признаку роста мужчина является гомозиготой — aa , а женщина может быть как доминантной гомозиготой, так и гетерозиготой, поэтому используем фенотипический радикал — A_- ;

- по признаку «белого локона волос» мужчина и женщина могут быть как доминантными гомозиготами, так и гетерозиготами. Используем фенотипический радикал B_- ;

- по признаку цветовосприятия мужчина болен. Соответствующий ген локализуется только в X-хромосоме, значит, для него возможен только вариант X^dY . У женщины нет фенотипических проявлений дальтонизма, однако она может быть как гомо-, так и гетерозиготой — X^DX^D , X^DX^d . Для этой части ее генотипа используем фенотипический радикал X^DX^- .

В результате получаем варианты генотипов с фенотипическими радикалами:

✓ aaB_-X^dY — генотип мужчины;

✓ $A_-B_-X^DX^-$ — генотип женщины.

В условии задачи упоминаются родители мужчины и женщины. Для них названы не все фенотипические признаки, а только позволяющие однозначно определить генотипы мужчины и женщины.

Отсутствие у отца мужчины «белого локона волос» говорит о его гомозиготности bb , следовательно, сыну он передал аллель b . Генотип мужчины — $aaBbX^dY$.

Мать женщины не имела «белого локона волос» и была нормального роста. Следовательно, она передала своей дочери оба рецессивных аллеля — a и b . Отец женщины страдал дальтонизмом, значит его X-хромосома содержала ген нарушенного цветовосприятия — X^d . Его он передал своей дочери.

F_1 :

	aBX^d	abX^d	aBY	abY
ABX^D	$AaBBX^D X^d$ низкорослая девочка, «белый локон волос», нормальное цветовосприятие	$AaBbX^D X^d$ низкорослая девочка, «белый локон волос», нормальное цветовосприятие	$AaBBX^D Y$ низкорослый мальчик, «белый локон волос», нормальное цветовосприятие	$AaBbX^D Y$ низкорослый мужчина, «белый локон волос», нормальное цветовосприятие
AbX^D	$AaBbX^D X^d$ низкорослая девочка, «белый локон волос», нормальное цветовосприятие	$AabbX^D X^d$ низкорослая девочка, отсутствие «белого локона волос», нормальное цветовосприятие	$AaBbX^D Y$ низкорослый мальчик, «белый локон волос», нормальное цветовосприятие	$AabbX^D Y$ низкорослый мальчик, отсутствие «белого локона волос», нормальное цветовосприятие
ABX^d	$AaBBX^d X^d$ низкорослая девочка, «белый локон волос», дальтоник	$AaBbX^d X^d$ низкорослая девочка, «белый локон волос», дальтоник	$AaBBX^d Y$ низкорослый мальчик, «белый локон волос», дальтоник	$AaBbX^d Y$ низкорослый мальчик, «белый локон волос», дальтоник
AbX^d	$AaBbX^d X^d$ низкорослая девочка, «белый локон волос», дальтоник	$AabbX^d X^d$ низкорослая девочка, отсутствие «белого локона волос», дальтоник	$AaBbX^d Y$ низкорослый мальчик, «белый локон волос», дальтоник	$AabbX^d Y$ низкорослый мальчик, отсутствие «белого локона волос», дальтоник
aBX^D	$aaBBX^D X^d$ нормального роста девочка с «белым локоном волос», нормальное цветовосприятие	$aaBbX^D X^d$ нормального роста девочка с «белым локоном волос», нормальное цветовосприятие	$aaBBX^D Y$ нормального роста мальчик с «белым локоном волос», нормальное цветовосприятие	$aaBbX^D Y$ нормального роста мальчик с «белым локоном волос», нормальное цветовосприятие
abX^D	$aaBbX^D X^d$ нормального роста девочка с «белым локоном волос», нормальное цветовосприятие	$aabbX^D X^d$ нормального роста девочка, отсутствие «белого локона волос», нормальное цветовосприятие	$aaBbX^D Y$ нормального роста мальчик с «белым локоном волос», нормальное цветовосприятие	$aabbX^D Y$ нормального роста мальчик, отсутствие «белого локона волос», нормальное цветовосприятие
aBX^d	$aaBBX^d X^d$ нормального роста девочка с «белым локоном волос», дальтоник	$aaBbX^d X^d$ нормального роста девочка с «белым локоном волос», дальтоник	$aaBBX^d Y$ нормального роста мальчик с «белым локоном волос», дальтоник	$aaBbX^d Y$ нормального роста мальчик с «белым локоном волос», дальтоник
abX^d	$aaBbX^d X^d$ нормального роста девочка с «белым локоном волос», дальтоник	$aabbX^d X^d$ нормального роста девочка, отсутствие «белого локона волос», дальтоник	$aaBbX^d Y$ нормального роста мальчик с «белым локоном волос», дальтоник	$aabbX^d Y$ нормального роста мальчик, отсутствие «белого локона волос», дальтоник

* — полужирным шрифтом в таблице помечены искомые фенотипы.

Генотип женщины — $AaBbX^D X^d$.

P_1 : $AaBbX^D X^d$ х $aaBbX^d Y$
 низкорослая нормального
 женщина роста
 с «белым локоном мужчина
 волос» и нормальным с «белым
 цветовосприятием локоном
 волос»,
 дальтоник
 G: ABX^D , AbX^D , ABX^d , AbX^d , aBX^d , abX^d ,
 aBX^D , abX^D , aBX^d , abX^d aBY , abY

Ответ: вероятность рождения в этой семье детей с нормальным ростом, нормальным зрением и без «белого локона волос» составляет $1/16$. Генотипы детей — $aabbX^D X^d$ и $aabbX^D Y$.

Трудности в решении задачи 2 состоят в следующем:

- ошибки в подсчете количества типов гамет, образующихся у генотипов при полигибридном скрещивании;
- ошибки в определении частей генотипов, у которых известен только фенотипический радикал.

Причины ошибок при решении задачи

Содержательные: незнание формулы расчета количества гамет при полигибридном скрещивании — 2^n , где n — количество пар аллельных генов, находящихся в гетерозиготном состоянии в разных хромосомах или в одной хромосоме при неполном сцеплении генов.

Процессуальные:

- отсутствие достаточного опыта решения задач на полигибридное скрещивание;
- отсутствие анализа предковых или потомковых форм для установления части генотипов, у которых известен только фенотипический радикал.

Рассмотрим задачу 3 с таким же количеством признаков, что и в задаче 2, однако один из аутосомных признаков будет наследоваться по принципу кодминирования.

Задача 3

Мужчина с I группой крови, нормальным слухом и страдающий дальтонизмом, женится на здоровой женщине с IV группой крови и нормальным слухом. Известно, что мать мужчины была глухой, отец женщины страдал дальтонизмом и глухотой. Определить вероятность рождения в этой семье здоровых детей и возможные группы крови у них. Глухота наследуется как аутосомный рецессивный признак, а дальтонизм —

как рецессивный признак, сцепленный с X-хромосомой.

Решение задачи

Во-первых, определяем анализируемые признаки: способность к цветовосприятию, способность различать звуки, группа крови. По условию задачи:

C — нормальный слух, c — глухота;

D — нормальное восприятие цветов, d — дальтонизм;

X^D — хромосома, несущая ген нормально-го цветовосприятия; X^d — хромосома, несущая ген дальтонизма.

Во-вторых, определяем генотипы людей, упомянутых в задаче. Поскольку речь идет о трех признаках, проводим анализ по каждому из них:

- по признаку группы крови мужчина является гомозиготой — $I^O I^O$, а женщина — гетерозиготой $I^A I^B$;

- по признаку глухоты мужчина и женщина фенотипически здоровы, но могут быть носителями. Поэтому для них возможны два варианта — Cc и CC , вводим фенотипический радикал $C_$.

- по признаку цветовосприятия мужчина фенотипически здоров. Соответствующий ген локализуется только в X-хромосоме, значит, для него возможен только вариант $X^D Y$. У женщины также нет фенотипических проявлений дальтонизма, однако она может быть как гомо-, так и гетерозиготой — $X^D X^D$, $X^D X^d$. Вводим фенотипический радикал $X^D X_-$.

Получаем варианты генотипов с фенотипическими радикалами:

- ✓ $I^O I^O C_- X^d Y$ — генотип мужчины;
- ✓ $I^A I^B C_- X^D X_-$ — генотип женщины.

В условии задачи упоминаются родители мужчины и женщины. Для них названы не все фенотипические признаки, а только позволяющие однозначно определить генотипы мужчины и женщины.

Мать мужчины была глухой. Это позволяет установить ее гомозиготность — ss . Значит рецессивный аллель s она передала своему сыну, а генотип мужчины — $I^0I^0CcX^dY$.

Если отец женщины страдал дальтонизмом и глухотой, то в его генотипе присутствовала пара рецессивных генов ss , а также ген дальтонизма в паре половых хромосом X^dY . Делаем вывод, что рецессивный аллель s и ген дальтонизма в хромосоме X^d отец передал дочери, а генотип женщины — $I^A I^B CcX^D X^d$.

$P_1: I^A I^B CcX^D X^d$	$\times$	$I^0 I^0 CcX^d Y$
здоровая женщина,		мужчина-дальтоник,
IV группа крови		нормальным слухом,
		I группа крови
$G: I^A C X^D, I^A c X^D, I^A C X^d, I^A c X^d,$		$I^0 C X^d, I^0 c X^d,$
$I^B C X^D, I^B c X^D, I^B C X^d, I^B c X^d$		$I^0 C Y, I^0 c Y$

Ответ: вероятность рождения в этой семье здоровых детей равна 37,5 %, из них у

50 % возможна II группа крови, у 50 % — III группа крови.

К трудностям решения задачи 3 и причинам ошибок относятся все перечисленные для задачи 2 трудности и ошибки, а также то, что необходимо учитывать большее количество вариантов генотипов для одного фенотипа по одному из анализируемых признаков по причине явления кодоминирования.

Наличие явления взаимодействия между аллельными генами объективно усложняет задачу 3 в сравнении с задачей 2.

Рассмотрим задачу 4, в сценарии которой речь идет о наследовании трех признаков, как в задачах 2 и 3, но один из них летален.

Задача 4

Маленький нос и длинные уши передаются как аутосомные рецессивные признаки. Гипоплазия коры надпочечников передается как сцепленный с X-хромосомой рецессивный признак, вызывающий

$F_1:$

	$I^0 C X^d$	$I^0 c X^d$	$I^0 C Y$	$I^0 c Y$
$I^A C X^D$	$I^A I^0 C C X^D X^d$ II группа, здоровая девочка	$I^A I^0 C c X^D X^d$ II группа, здоровая девочка	$I^A I^0 C C X^D Y$ II группа, здоровый мальчик	$I^A I^0 C c X^D Y$ II группа, здоровый мальчик
$I^A c X^D$	$I^A I^0 C c X^D X^d$ II группа, здоровая девочка	$I^A I^0 c c X^D X^d$ II группа, глухая девочка	$I^A I^0 C c X^D Y$ II группа, здоровый мальчик	$I^A I^0 c c X^D Y$ II группа, глухой мальчик
$I^A C X^d$	$I^A I^0 C C X^d X^d$ II группа, девочка-дальтоник	$I^A I^0 C c X^d X^d$ II группа, девочка-дальтоник	$I^A I^0 C C X^d Y$ II группа, мальчик-дальтоник	$I^A I^0 C c X^d Y$ II группа, мальчик-дальтоник
$I^A c X^d$	$I^A I^0 C c X^d X^d$ II группа, девочка-дальтоник	$I^A I^0 c c X^d X^d$ II группа, глухая девочка-дальтоник	$I^A I^0 C c X^d Y$ II группа, мальчик-дальтоник	$I^A I^0 c c X^d Y$ II группа, глухой мальчик-дальтоник
$I^B C X^D$	$I^B I^0 C C X^D X^d$ III группа, здоровая девочка	$I^B I^0 C c X^D X^d$ III группа, здоровая девочка	$I^B I^0 C C X^D Y$ III группа, здоровый мальчик	$I^B I^0 C c X^D Y$ III группа, здоровый мальчик
$I^B c X^D$	$I^B I^0 C c X^D X^d$ III группа, здоровая девочка	$I^B I^0 c c X^D X^d$ III группа, глухая девочка	$I^B I^0 C c X^D Y$ III группа, здоровый мальчик	$I^B I^0 c c X^D Y$ III группа, глухой мальчик
$I^B C X^d$	$I^B I^0 C C X^d X^d$ III группа, девочка-дальтоник	$I^B I^0 C c X^d X^d$ III группа, девочка-дальтоник	$I^B I^0 C C X^d Y$ II группа, мальчик-дальтоник	$I^B I^0 C c X^d Y$ III группа, мальчик-дальтоник
$I^B c X^d$	$I^B I^0 C c X^d X^d$ III группа, девочка-дальтоник	$I^B I^0 c c X^d X^d$ III группа, глухая девочка-дальтоник	$I^B I^0 C c X^d Y$ III группа, мальчик-дальтоник	$I^B I^0 c c X^d Y$ III группа, глухой мальчик-дальтоник

* — полужирным шрифтом в таблице помечены искомые фенотипы.

смерть. Об одной семье известно следующее: жена имела длинные уши и длинный нос, но ее отец был с маленьким носом, муж имел нормальные уши и длинный нос, но его мать обладала маленьким носом, а отец — длинными ушами. В этой семье первый сын был мертворожденным, так как у него оказалась гипоплазия надпочечников, хотя сами родители были здоровыми. Определите генотипы родителей и вероятность рождения детей с маленькими ушами, маленьким носом, не страдающих гипоплазией надпочечников.

Решение задачи

Определяем количество анализируемых признаков. Их три — размер носа, длина ушей и степень развития коры надпочечников.

Ход решения задачи 4 соответствует алгоритму, рассмотренному в задачах 2 и 3. По условию задачи:

A — длинный нос,

a — маленький нос;

B — нормальные уши,

b — длинные уши;

C — нормальное развитие коры надпочечников,

c — гипоплазия коры надпочечников;

X^C — хромосома, несущая ген нормально-го развития коры надпочечников;

X^c — хромосома, несущая ген гипоплазии коры надпочечников.

Определяем генотипы людей, упомянутых в задаче. Анализ проводим по каждому признаку:

- по признаку длины носа женщина и мужчина могут быть как доминантными гомозиготами AA , так и гетерозиготами Aa , используем фенотипический радикал — $A_$;

- по признаку длины ушей женщина — рецессивная гомозигота bb , мужчина может быть как доминантной гомозиготой BB , так и гетерозиготой Bb . Используем фенотипический радикал — $B_$;

- по признаку развития коры надпочечников оба родителя здоровы. Соответствующий ген находится в X -хромосоме, значит для мужчины возможен только вариант X^CY . У женщины нет фенотипических проявлений болезни, однако она может быть как гомо-, так и гетерозиготой — X^CX^C , X^CX^c . Для этой части ее генотипа используем фенотипический радикал X^CX^- .

В результате получаем варианты генотипов с фенотипическими радикалами:

✓ $A_B_X^CY$ — генотип мужчины;

✓ $A_bbX^CX^-$ — генотип женщины.

В условии задачи упоминаются родители мужчины и женщины. Для них названы не все фенотипические признаки, а только позволяющие однозначно определить генотипы мужчины и женщины.

Наличие у отца женщины маленького носа говорит о его гомозиготности aa , следовательно, дочери он передал аллель a . Генотип женщины — $AabbX^CX^-$.

Наличие у матери мужчины маленького носа, а у его отца длинных ушей, свидетельствует об их гомозиготности по этим признакам — aa (у матери) и bb (у отца). Следовательно, оба родителя передали своему сыну рецессивные аллели — a и b . Генотип мужчины — $AaBbX^CY$.

Наличие в анамнезе мертворожденного сына с гипоплазией надпочечников свидетельствует о его генотипе X^cY . Поскольку хромосому X^c сын мог унаследовать только от матери, значит, ее генотип по этому признаку был гетерозиготным. Уточняем генотип женщины — $AabbX^CX^c$.

P_1 : $AabbX^CX^c$	$\times$	$AaBbX^CY$
длинные уши,		нормальные уши,
длинный нос,		длинный нос,
здоровая		здоровый
женщина		мужчина
G : AbX^C , AbX^c ,		ABX^C , AbX^C , ABY , AbY ,
abX^C , abX^c		aBX^C , abX^C , aBY , abY

F_1^* :

	AbX^c	AbX^c	abX^c	abX^c
ABX^c	$AABbX^cX^c$ девочка, длинный нос, нормальные уши, здорова	$AABbX^cX^c$ девочка, длинный нос, нормальные уши, здорова	$AaBbX^cX^c$ девочка, длинный нос, нормальные уши, здорова	$AaBbX^cX^c$ девочка, длинный нос, нормальные уши, здорова
AbX^c	$AAbbX^cX^c$ девочка, длинный нос, длинные уши, здорова	$AAbbX^cX^c$ девочка, длинный нос, длинные уши, здорова	$AabbX^cX^c$ девочка, длинный нос, длинные уши, здорова	$AabbX^cX^c$ девочка, длинный нос, длинные уши, здорова
ABY	$AABbX^cY$ мальчик, длинный нос, нормальные уши, здоров	$AABbX^cY$ мальчик, длинный нос, нормальные уши, гипоплазия	$AaBbX^cY$ мальчик, длинный нос, нормальные уши, здоров	$AaBbX^cY$ мальчик, длинный нос, нормальные уши, здоров
AbY	$AAbbX^cY$ мальчик, длинный нос, длинные уши, здоров	$AAbbX^cY$ мальчик, длинный нос, длинные уши, гипоплазия	$AabbX^cY$ мальчик, длинный нос, длинные уши, здоров	$AabbX^cY$ мальчик, длинный нос, длинные уши, здоров
aBX^c	$AaBbX^cX^c$ девочка, длинный нос, нормальные уши, здорова	$AaBbX^cX^c$ девочка, длинный нос, нормальные уши, здорова	$aaBbX^cX^c$ девочка, маленький нос, нормальные уши, здорова	$aaBbX^cX^c$ девочка, маленький нос, нормальные уши, здорова
abX^c	$AabbX^cX^c$ девочка, длинный нос, длинные уши, здорова	$AabbX^cX^c$ девочка, длинный нос, длинные уши, здорова	$aabbX^cX^c$ девочка, маленький нос, длинные уши, здорова	$aabbX^cX^c$ девочка, маленький нос, длинные уши, здорова
aBY	$AaBbX^cY$ мальчик, длинный нос, нормальные уши, здоров	$AaBbX^cY$ мальчик, длинный нос, нормальные уши, гипоплазия	$aaBbX^cY$ мальчик, маленький нос, нормальные уши, здоров	$aaBbX^cY$ мальчик, маленький нос, нормальные уши, гипоплазия
abY	$AabbX^cY$ мальчик, длинный нос, длинные уши, здоров	$AabbX^cY$ мальчик, длинный нос, длинные уши, гипоплазия	$aabbX^cY$ мальчик, маленький нос, длинные уши, здоров	$aabbX^cY$ мальчик, маленький нос, длинные уши, гипоплазия

* — полужирным шрифтом в таблице помечены искомые фенотипы;

** — для удобства отображения данных в таблице по вертикали записаны гаметы мужчины, по горизонтали — гаметы женщины.

Ответ: генотипы родителей — $AabbX^cX^c$ и $AaBbX^cY$, где A/a — аллели длины носа, B/b — аллели длины ушей. Вероятность рождения детей с маленькими ушами, маленьким носом, не страдающих гипоплазией надпочечников равна 9,37 %. Возможные генотипы детей — $aaBbX^cX^c$, $aaBbX^cX^c$, $aaBbX^cY$.

Основная трудность в решении задачи 4 состоит в подсчете вероятности рождения искомого фенотипов. Иногда ученики при расчете общего количества потомства не учитывают фенотипы с гипоплазией, считая их нежизнеспособными.

Причины ошибок при решении задачи

Содержательные: объективные герменевтические трудности в работе с текстом задачи. Из условия не ясно, вызывает ли

данный аллель летальный исход при рождении/сразу после него или же он может элиминироваться еще на более ранних стадиях онтогенеза. В первом варианте в расчет общего количества потомства берутся все родившиеся генотипы. Во-втором случае не принимаются в расчет элиминированные эмбрионы с гомозиготным генотипом по аллелю гипоплазии.

Процессуальные: отсутствие достаточного опыта решения задач на получение фенотипов со сниженной жизнеспособностью, гибелью эмбрионов.

Рассмотрим особенности решения задачи, в условии которой одно фенотипическое состояние обусловлено аллелями разных генов. Гены расположены как в аутосомах, так и в половой хромосоме.

Задача 5

Одна из форм глаукомы передается как аутосомный рецессивный признак, дегенерация роговицы глаза наследуется как аутосомный доминантный признак, а пигментный ретинит (прогрессивное сужение поля зрения) — как рецессивный, сцепленный с X-хромосомой, признак. Каждое из указанных заболеваний приводит к слепоте. В брак вступают слепые мужчина и женщина. О них известно следующее: женщина страдала глаукомой и дегенерацией роговицы, ее мать не страдала дегенерацией роговицы глаза, но имела пигментный ретинит, а отец женщины был здоров; мужчина не страдал глаукомой и дегенерацией роговицы глаза, но имел пигментный ретинит, а его отец страдал глаукомой. Определите вероятность рождения зрячих детей от этого брака.

Решение задачи

Определяем количество признаков, о которых идет речь в задаче. Их три — глаукома, дегенерация роговицы и пигментный ретинит. По условию задачи:

A — норма,

a — глаукома;

B — дегенерация роговицы,

b — норма;

C — норма,

c — пигментный ретинит;

X^c — хромосома, несущая нормальный ген;

X^c — хромосома, несущая ген пигментного ретинита.

Определяем генотипы людей, упомянутых в задаче. Анализ проводим по каждому признаку:

- по признаку глаукомы женщина — рецессивная гомозигота aa , мужчина может быть как доминантной гомозиготой AA , так и гетерозиготой Aa , поэтому для него используем фенотипический радикал — $A_$;

- по признаку дегенерации роговицы женщина может быть как доминантной го-

мозиготой BB , так и гетерозиготой Bb , поэтому для нее используем фенотипический радикал $B_$. Мужчина является рецессивной гомозиготой bb ;

- по признаку пигментного ретинита мужчина болен, женщина здорова. Соответствующий ген находится в X-хромосоме, значит, для мужчины возможен только вариант X^cY . Женщина может быть как гомо-, так и гетерозиготой — X^cX^c , X^cX . Для этой части ее генотипа используем фенотипический радикал X^cX .

В результате получаем варианты генотипов с фенотипическими радикалами:

✓ A_bbX^cY — генотип мужчины;

✓ aaB_X^cX — генотип женщины.

В условии задачи упоминаются родители мужчины и женщины. Для них названы фенотипические признаки, позволяющие однозначно определить генотипы мужчины и женщины.

Наличие у матери женщины пигментного ретинита и отсутствие дегенерации роговицы говорит о ее гомозиготности по обоим признакам — bb и X^cX^c . Следовательно, дочери она передала рецессивные аллели b и c . Генотип женщины — $aaBbX^cX^c$.

Наличие у отца мужчины глаукомы свидетельствует о его гомозиготности по этому признаку aa . Следовательно, он передал своему сыну рецессивный аллель a . Генотип мужчины — $AabbX^cY$.

P_1 : $aaBbX^cX^c$	$\times$	$AabbX^cY$
глаукома,		ретинит,
дегенерация		слепой
роговицы,		мужчина
слепая женщина		
G : aBX^c , aBX^c ,		AbX^c , AbY ,
abX^c , abX^c		abX^c , abY

Ответ: вероятность рождения зрячих детей в этом браке равна $1/8$ или 12,5 %, при этом с вероятностью 50 % это будут девочки и 50 % — мальчики.

F_1 :

	AbX^c	abX^c	AbY	abY
aBX^c	$AaBbX^cX^c$ слепая девочка, дегенерация роговицы	$aaBbX^cX^c$ слепая девочка, дегенерация роговицы, глаукома	$AaBbX^cY$ слепой мальчик, дегенерация роговицы	$aaBbX^cY$ слепой мальчик, дегенерация роговицы, глаукома
aBX^c	$AaBbX^cX^c$ слепая девочка, дегенерация роговицы, ретинит	$aaBbX^cX^c$ слепая девочка, дегенерация роговицы, глаукома, ретинит	$AaBbX^cY$ слепой мальчик, дегенерация роговицы, ретинит	$aaBbX^cY$ слепой мальчик, дегенерация роговицы, глаукома, ретинит
abX^c	$AabbX^cX^c$ здоровая девочка	$aabbX^cX^c$ слепая девочка, глаукома	$AabbX^cY$ здоровый мальчик	$aabbX^cY$ слепой мальчик, глаукома
abX^c	$AabbX^cX^c$ слепая девочка, ретинит	$aabbX^cX^c$ слепая девочка, глаукома, ретинит	$AabbX^cY$ слепой мальчик, ретинит	$aabbX^cY$ слепой мальчик, глаукома, ретинит

* — полужирным шрифтом в таблице помечены искомые фенотипы.

К трудностям решения и причинам ошибок в задаче 5 относятся все перечисленные для задачи 2, а также то, что один фенотип (слепота) может быть обусловлен тремя парами независимых генов. При этом достаточно развития заболевания по одной паре генов.

Рассмотрим задачу, в которой речь идет о наследовании нескольких признаков, расположенных в разных половых хромосомах.

Задача 6

У здоровой женщины правши и мужчины левши, страдающего гипертрихозом, родился сын левша, страдающий гипертрихозом и мышечной дистрофией Дюшена. Мышечная дистрофия Дюшена передается как рецессивный признак, сцепленный с X-хромосомой; гипертрихоз наследуется как сцепленный с Y-хромосомой признак; праворукость доминирует над леворукостью. Определите генотипы мужчины и женщины и вероятность рождения у них здоровой дочери-правши.

Решение задачи

Определяем количество признаков, о которых идет речь в задаче. Их три — праворукость/леворукость, развитие мышечной системы, степень оволосенения ушных раковин. По условию задачи:

A — праворукость,
 a — леворукость;
 M — норма,
 m — дистрофия Дюшена;
 X^M — хромосома с геном нормального развития мышечной системы,
 X^m — хромосома с геном мышечной дистрофии Дюшена;
 G — норма,
 g — гипертрихоз ушной раковины;
 Y^G — хромосома с геном отсутствия оволосенения ушных желез;
 Y^g — хромосома с геном гипертрихоза.
 Определяем генотипы людей, упомянутых в задаче. Анализ проводим по каждому признаку:

- по признаку праворукости/леворукости мужчина и его сын рецессивные гомозиготы aa . Женщина является гетерозиготой Aa ;
- по признаку развития мышечной системы сын страдает мышечной дистрофией и имеет ген X^m . Мужчина здоров и имеет ген X^M . Женщина — фенотипически здорова, но поскольку ее сын болен, а X^m он мог получить только от матери, то ее генотип гетерозиготен X^MX^m ;
- по признаку степени оволосенения ушных раковин и мужчина, и его сын страдают

гипертрихозом. В их генотипах содержится ген Y° .

Итак, генотип мужчины aaX^MY° , генотип женщины AaX^MX^m .

P_1 : AaX^MX^m x aaX^MY°
женщина правша, мужчина левша,
здорова гипертрихоз
 G : AX^M , AX^m , aX^M , aY°
 aX^M , aX^m
 F_1 :

	aX^M	aY°
AX^M	AaX^MX^M девочка-правша, здорова	AaX^MY° мальчик-правша, гипертрихоз
AX^m	AaX^MX^m девочка-правша, здорова	AaX^mY° мальчик-правша, болезнь Дюшена, гипертрихоз
aX^M	aaX^MX^M девочка-левша, здорова	aaX^MY° мальчик-левша, гипертрихоз
aX^m	aaX^MX^m девочка-левша, здорова	aaX^mY° мальчик-левша, болезнь Дюшена, гипертрихоз

* — полужирным шрифтом в таблице помечены искомые фенотипы.

Ответ: вероятность рождения здоровой девочки-правши от этого брака составляет 25 %.

Главная трудность в решении задачи обусловлена информацией о трех анализируемых признаках, гены двух из которых сцеплены с разными половыми хромосомами. Трудности возникают также с подсчетом типов гамет, образуемых, прежде всего, мужским генотипом.

Причины ошибок при решении задачи

Содержательные:

- отсутствие базовых знаний о наследовании признаков, сцепленных с Y-хромосомой;
- представление, что в мужском генотипе, как и в женском, должны быть представлены пары аллельных генов в половых хромосомах;

Процессуальные:

- ошибки с записью генотипов, содержащих Y-хромосому;
- игнорирование части информации из условия, являющейся ключевой для методологически правильного решения.

В статье рассмотрены методические особенности решения задач с разным количеством анализируемых признаков, наследуемых аутосомно и сцепленно с полом в одном генотипе. Анализ ошибок в решении задач и их причин показывает, что существуют причины ошибок, общие для разных сценариев условия. Считаем, что целенаправленная работа по их выявлению, анализу и предотвращению позволит повысить количество правильно решаемых задач.

Рекомендации для предотвращения ошибок:

- ✓ регулярно решать задачи на взаимодействие аллельных генов (кодоминирование, промежуточное наследование). Формулировать условие задачи так, чтобы промежуточное наследование можно было распознать по результатам скрещивания, избегая прямого упоминания о нем;
- ✓ ознакомить учеников с формулой подсчета числа типов гамет при полигибридном скрещивании. Регулярно использовать формулу в решениях задач;
- ✓ использовать фенотипический радикал при возможной вариативности генотипов. Анализировать генотипы предков и потомков для установления искомых генотипов;
- ✓ регулярно решать задачи с получением генотипов разной жизнеспособности на разных стадиях онтогенеза;
- ✓ при изучении механизма наследования, сцепленного с полом, обязательно рассматривать сцепление с Y-хромосомой;
- ✓ решать задачи на сцепление признаков с разными половыми хромосомами в одном генотипе;

✓ анализировать все данные условия, пытаться понять, к чему дана та или иная информация в условии, особенно в случае, если она кажется «избыточной».

Мы уверены, что обучение решению генетических задач с разнообразными сценариями условия — профилактическая мера против зашоренности и стереотипизации мышления школьников, что крайне важно не просто в рамках подготовки к ГИА, но и в целом для формирования полноценного мировоззрения выпускников.

Литература

1. Генетика в задачах: учебное пособие по курсу биологии / Адельшина Г.А., Адельшин Ф.К. — М., 2011.

2. Кодификатор проверяемых требований к результатам освоения основной образовательной программы среднего общего образования и элементов содержания для проведения единого государственного экзамена по биологии [Электронный ресурс] // ФГБНУ «Федеральный институт педагогических измерений». URL: [https://fipi.ru/ege/demoversii-specifikacii-](https://fipi.ru/ege/demoversii-specifikacii-kodifikatory#!/tab/151883967-6)

[kodifikatory#!/tab/151883967-6](https://fipi.ru/ege/demoversii-specifikacii-kodifikatory#!/tab/151883967-6) (дата обращения 02.01.2022).

3. Спецификация контрольных измерительных материалов для проведения в 2022 году единого государственного экзамена по биологии [Электронный ресурс] // ФГБНУ «Федеральный институт педагогических измерений». URL: <https://fipi.ru/ege/demoversii-specifikacii-kodifikatory#!/tab/151883967-6> (дата обращения 02.01.2022).

4. Суматохин С.В. Биологическое образование на рубеже XX–XXI веков: Монография. — М., 2021.

5. Суматохин С.В. Естественно-научная грамотность как цель развития школьного биологического образования // Биология в школе. — 2019. — №1.

6. Комарова Е.В. Методические аспекты обучения решению задач на сцепленное с полом наследование // Биология в школе. — 2022. — №3.

7. Суматохин С.В., Николенко Т.Г. Биомедицина и школьное биологическое образование // Биология в школе. — 2020. — № 1. — С. 25.

8. Суматохин С. В., Смелова В.Г., Кропова Ю.Г. Компетентностный профиль учителя биологии как результат диагностики профессиональных компетенций // Биология в школе. — 2020. — № 4. — С. 12.



ЭТО ИНТЕРЕСНО

ДНК — довольно прочная молекула, её можно найти даже в очень древних останках. Конечно, она будет повреждена, но всё равно её можно секвенировать, т.е. прочесть. До сих пор считалось, что самую древнюю ДНК, которую можно прочесть, выделили из костей лошади, жившей 560–780 тыс. лет назад. С другой стороны, многие специалисты полагают, что ДНК может оставаться более-менее целой и миллион лет, и больше, если только условия будут подходящими. Одно из таких условий — очень низкая температура. Ещё в 70-е гг. прошлого века российские палеонтологи извлекли из сибирской вечной мерзлоты три коренных зуба мамонтов. Двум из трёх зубов было больше миллиона лет, и в них осталось небольшое количество ДНК. И вот сейчас методы секвенирования ДНК и анализа её последовательности усовершенствовались настолько, что даже из очень небольшого количества сильно разорванной ДНК стало возможно получить внятную информацию. Два зуба подревнее оказались возрастом 1,3 и 1,65 млн лет; тот, что помоложе — 600 тыс. лет. По форме два более древних зуба принадлежали степному мамонту, который обитал на территории Евразии, и дал начало шерстистому мамонту и колумбийскому мамонту.



В ПОМОЩЬ ПРИ ПОДГОТОВКЕ К ЕГЭ: МИТОЗ И МЕЙОЗ В ЖИЗНЕННЫХ ЦИКЛАХ РАСТЕНИЙ

В статье обсуждаются жизненные циклы крупных растительных доменов, изучаемых в школах и включенных в программу ЕГЭ. Чередование стадий спорофита и гаметофита, а также клеточных делений (митоза и мейоза) показаны на примерах представителей отделов Покрывтосеменные, Голосеменные, Папоротниковидные, Моховидные и Зеленые водоросли. Содержащиеся в работе сведения способствуют успешному преподаванию и усвоению вопросов ботаники и цитологии в школах и эффективны при подготовке к ЕГЭ.

The article discusses the life cycles of large plant domains studied in schools and included in the USE program. The alternation of the stages of sporophyte and gametophyte, as well as cell divisions (mitosis and meiosis) are shown by examples of representatives of the departments Angiosperms, Pinophyta, Polypodiophyta, Bryophyta and Chlorophyta. The information contained in the work contributes to the successful teaching and assimilation of issues of botany and cytology in schools and is effective in preparing for the Unified State Exam.

Ключевые слова:

*растения, жизненные циклы,
спорофит, гаметофит,
митоз, мейоз.*

Keywords:

*Plants, life cycles, sporophyte,
gametophyte, mitosis, meiosis.*

О.В. Архипова,

*кандидат биологических
наук, научный сотрудник,
ФИЦ Пуццинский научный
центр биологических
исследований РАН,
Институт биохимии
и физиологии
микроорганизмов
им. Г.К. Скрябина РАН,
Лаборатория адаптации
микроорганизмов,
Пуццино,
e-mail: aroksan@gmail.com*

Предмет биология – весьма непрост в формате ЕГЭ или ДВИ не только в силу того, что нужно хорошо знать достижения разных биологических направлений: микробиологии, ботаники, физиологии человека, генетики, экологии и т.д. По ряду вопросов, включенных в программу и представленных на экзаменах, нужно обобщить разные разделы школьной биологии, сделать выводы и пользоваться уже новыми знаниями. Одними из таких сложных вопросов являются жизненные циклы растений. Их изучают в школьном курсе обычно в VI–VII классах. Ученики начинают оперировать терминами «спорофит» и «гаметофит». Однако, настоящего понимания о гаплоидности (одинарном наборе хромосом, n) и диплоидности (двойном наборе хромосом, $2n$) стадий в жизненных циклах растений, а тем более представлений о том, какое деление (митоз или мейоз) предшествует образованию определенного типа тех или иных растительных клеток, шести- или семиклассники не имеют. Разделы цитологии им еще только предстоит освоить в X классе. После ознакомления с носителями генетической информации, двумя видами делений клеток (митоз и мейоз), гаметогенезом у животных, логично было бы в рамках школьного курса биологии вспомнить жизненные циклы всех отделов царства Растения и рассмотреть их с точки зрения чередования митозов и мейозов. Публикации журнала «Биология в школе» [9, 1, 2, 4, 3] об-

легчают подготовку учащихся по вопросам молекулярной биологии и ботаники. Это способствует грамотному решению заданий второй части ЕГЭ, в частности цитологической задачи №27 «Биосинтез белка». Однако необходимость в доступной для школьников и преподавателей информации о делениях у растений остаётся.

Цель статьи — объединить сведения о жизненных циклах пяти групп растений, представленные в разных классах школьных программ. Эти данные полезны учителям биологии, готовящимся к экзаменам ученикам и всем, интересующимся биологией. Особое значение имеет статья для формирования подходов к решению цитологического задания №27 ЕГЭ «Деление клеток».

Эволюция растительного мира связана с выходом растений из водной среды на сушу, переходом от гаплоидности к диплоидности (сменой в качестве преобладающего поколения гаметофита на спорофит), возникновением тканей и органов, сменой размножения спорами на размножение семенами. Растения, эволюционно более ранние и зависимые от воды (водоросли, мхи), имеют в качестве преобладающей в жизненном цикле гаплоидную стадию — гаметофит (n). В жизненном цикле папоротников и семенных преобладающее поколение — диплоидный спорофит ($2n$).

Отдел Зелёные водоросли (Chlorophyta)

Представители отдела Зеленые водоросли, которые подробно рассматриваются в школьном курсе и фигурируют в заданиях ЕГЭ, — одноклеточная водоросль хламидомонада (род *Chlamydomonas*, класс Chlorophyceae) и многоклеточная нитчатая водоросль улотрикс (род *Ulothrix*, класс Ulvophyceae) [5, 8]. Основное поколение в жизненном цикле этих водорослей — гаплоидный гаметофит (n) [6]. При благопри-

ятных условиях они размножаются бесполом путем, который заключается в делении клеток митозом. Образующиеся 2–4 гаплоидные подвижные (со жгутиками) зооспоры (n) становятся впоследствии взрослыми гаплоидными гаметофитами. При неблагоприятных условиях (пересох водоем, стало холодно) клетки зеленых водорослей делятся митозом многократно, что приводит к образованию многочисленных подвижных (со жгутиками), но более мелких, чем зооспоры, гамет (n). Небольшие подвижные гаметы разных особей сливаются, образуется диплоидная зигота ($2n$), которая покрывается толстой оболочкой и переживает неблагоприятные обстоятельства (например, зиму).

Это единственная диплоидная стадия в жизненном цикле зеленых водорослей, зигота в данном случае — спорофит ($2n$).

При благоприятных условиях зигота ($2n$) делится мейозом с формированием подвижных (со жгутиками у хламидомонады) или неподвижных (безжгутиковых у улотрикса) клеток-спор (n). В случае хламидомонады это уже молодые особи, а каждая из неподвижных спор улотрикса, опустившись на подводный предмет, может дать начало новой нитчатой водоросли-гаметофиту (n).

Итак, самое важное в знаниях о жизненных циклах зеленых водорослей: преобладающее поколение — гаметофит (n); зигота ($2n$) — она же спорофит — образуется при половом размножении при неблагоприятных условиях в результате слияния гамет (n); споры (n) формируются как с помощью митоза при бесполом размножении, так и с помощью мейоза из зиготы при половом размножении; гаметы (n) появляются при делении митозом клеток гаметофита.

Отдел Моховидные (Bryophyta)

Наибольшей популярностью в школьных курсах ботаники пользуется листостебельный мох кукушкин лен (род *Polytrichum*, класс Bryopsida) [5, 8]. Особенность этого организма — преобладание в жизненном цикле гаплоидной стадии — гаметофита (n) — полового поколения, развивающегося из споры (n). Гаметофиты кукушкиного льна — листостебельные раздельнополые растения, на побегах которых развиваются органы полового размножения: мужские органы антеридии и женские архегонии. В антеридиях с помощью митоза образуются сперматозоиды (n), в архегониях также митозом — яйцеклетки (n). При наличии воды (в дождливую погоду или при сильной росе) происходит половое размножение: яйцеклетки оплодотворяются сперматозоидами. При этом образуется зигота ($2n$). Из зиготы с помощью митотических делений на гаметофите развивается спорофит ($2n$) — или спорогон — в виде коробочки на стебельке. Спорогон буквально паразитирует на гаметофите, поглощая из него с помощью специального выроста ножки (гаустории) воду и растворённые в ней питательные вещества. В коробочке спорофита в результате мейоза формируются гаплоидные споры (n). После созревания споры высыпаются и прорастают, реализуя бесполое размножение. Сначала из спор прорастают с помощью митотических делений зеленые нити (протонемы или проростки, n). Впоследствии из протонемы с помощью делений митозом образуется взрослый гаметофит (n).

Таким образом, преобладающей стадией жизненного цикла у мхов является гаметофит (n); гаметы (n) образуются в гаметангиях в результате митоза; зигота ($2n$) образуется при половом размножении как результат слияния гамет (n); спорофит ($2n$) вырастает из зиготы ($2n$) с помощью митоза; споры (n) формируются из клеток спорофита с помо-

щью мейоза и служат для бесполого размножения; протонема (n) — первичная фаза гаметофита — развивается из споры (n) в результате митоза; следующая фаза гаметофита — листостебельный гаметофит (n) — формируется из клеток протонемы также с помощью митотических делений.

Отдел Папоротниковидные (Polypodiophyta)

Как и мхи, папоротники размножаются спорами (n) и относятся к такой несистематической категории, как высшие споровые растения [7]. Однако в отличие от мхов преобладающая стадия в жизненном цикле папоротников — спорофит ($2n$) с крупными, часто сильно рассечёнными черешковыми листьями — вайями. В специальных органах спорофита (спорангиях, собранных в соорусы на нижней стороне листа) в результате мейоза образуются споры (n) [6]. После созревания споры высыпаются и прорастают, делясь митозом и давая начало новому поколению гаметофиту (n), который представлен небольшой зеленой сердцевидной пластинкой — заростком. Заросток может быть обоеполым [6]; он имеет антеридии и архегонии и независим от спорофита в своём питании. С помощью митоза в антеридиях формируются сперматозоиды (n), а в архегониях — яйцеклетки (n). Для оплодотворения папоротники нуждаются в капельно-жидкой влаге: по воде сперматозоиды подплывают к яйцеклеткам. Происходит оплодотворение, образуется зигота ($2n$). Из зиготы в результате митотических делений формируется спорофит ($2n$), который первое время паразитирует на гаметофите (n).

Следовательно, преобладающая стадия в жизненном цикле папоротников — спорофит ($2n$); клетки-споры (n) для бесполого размножения формируются мейозом из клеток спорофита; гаметофит (n) образуется в результате делений митозом споры (n); га-

меты (n) возникают как результат деления клеток гаметофита митозом; зигота ($2n$) образуется при половом размножении как результат слияния гамет (n); спорофит ($2n$) вырастает из зиготы ($2n$) с помощью митоза.

Отдел Голосеменные (Pinophyta)

Как следует из названия отдела, речь идет о растениях, которые размножаются семенами, а не спорами. Однако, как и у папоротников, у голосеменных растений преобладающим поколением является спорофит ($2n$). Традиционно в школьном курсе гаметогенез, образование семян и жизненный цикл голосеменных растений разбираются на примере сосны [5]. На её ветвях имеются два типа шишек: зеленовато-жёлтые у оснований молодых побегов (мужские шишки) и красноватые на вершинах молодых побегов (женские шишки).

На нижней стороне мужских шишек весной формируются микроспорангии — пыльцевые мешки [6, 7]. В пыльцевых мешках в результате мейоза из материнской клетки микроспоры ($2n$) образуются четыре (тетрада) микроспоры (n). Таким образом, пыльцевые мешки оказываются с микроспорами (пыльниками). Оболочка каждой пылинки-микроспоры (n) имеет два пузырька, наполненных воздухом. Такие пылинки ветром переносятся на большие расстояния. Не покидая оболочки пыльцевого зерна, из микроспор в результате митоза образуются редуцированные мужские гаметофиты (n), состоящие всего из двух клеток — вегетативной (n) и генеративной (n). Генеративная клетка делится митозом еще раз, образуя два спермия (n).

На чешуйках ярко окрашенных женских шишек имеется по два видоизменённых мегаспорангия ($2n$) — семязачатки, покрытых интегументом. Материнская клетка мегаспоры ($2n$) делится мейозом, образуя четыре мегаспоры (n), из которых остается

жизнеспособной только одна (три мегаспоры погибают). Следовательно, в каждом семязачатке остается по одной мегаспоре (n). Эти мегаспоры (n) делятся многократно митозом, что приводит к формированию многоклеточного женского гаметофита (n). Женский гаметофит, кроме множества гаплоидных клеток, имеет по два архегония, в каждом из которых формируется по яйцеклетке (n).

К моменту созревания пыльцы семязачатки выделяют небольшую каплю клейкой жидкости, к которой прилипают пылинки. Потом семязачаток поглощает жидкость и втягивает пылинки (редуцированные мужские гаметофиты, n) внутрь шишки. Вегетативная клетка (n) мужского гаметофита образует пыльцевую трубку, по которой движутся два спермия (n). Рост трубки скоро приостанавливается, шишка зеленеет, деревенеет и разрастается. Через год после опыления в семязачатке созревают яйцеклетки (n), и пыльцевая трубка достает до них. Один спермий оплодотворяет яйцеклетку, а оставшийся спермий и яйцеклетка погибают. Образовавшаяся в результате оплодотворения зигота ($2n$) делится митотически, формируя зародыш ($2n$). Клетки женского гаметофита (n) с помощью делений митозом дают начало первичному эндосперму (n) с запасом питательных веществ. Интегумент в результате митотических делений превращается в семенную кожуру ($2n$) с крыловидным выростом. Таким образом, семя сосны состоит из компонентов разного происхождения и разной ploидности: диплоидного зародыша, гаплоидного первичного эндосперма и диплоидной кожуры с крылышком. Примерно через полтора года после опыления женская шишка полностью одревесневает, а семена созревают. После открывания шишки семена разлетаются. Прорастая и делясь митозом, семя дает начало взрослому растению — спорофиту ($2n$).

Итак, преобладающее поколение в жизненном цикле голосеменных растений — спорофит ($2n$). Микроспоры (n) и мегаспоры (n) образуются в результате мейоза и являются промежуточным звеном в гаметогенезе. Мужской гаметофит (n) редуцирован до нескольких клеток. Женский гаметофит (n) — многоклеточный, но не существует самостоятельно, всегда присутствует на спорофите ($2n$). Спермии (n) и яйцеклетки (n) образуются из микро- и мегаспор, соответственно, митозом. Семя имеет сложное строение: зародыш ($2n$) образован с помощью делений митозом из зиготы ($2n$), первичный эндосперм (n) — митозом из клеток гаметофита (n), семенная кожура ($2n$) с крыловидным выростом — митозом из клеток интегумента (т.е. спорофита).

Отдел Покрытосеменные (Magnoliophyta или Angiospermae)

В жизненном цикле покрытосеменных растений также преобладает спорофит ($2n$) [6, 7]. Развитие половых клеток (или гаметогенез) происходит в генеративных органах цветка — тычинках (где образуются мужские половые клетки) и пестиках (где образуются женские половые клетки). Процессам микро- и мегагаметогенезов предшествуют микро-спорогенез и мегаспорогенез, соответственно. В процессе спорогенезов из диплоидных материнских клеток спор ($2n$) пыльников тычинок и семязачатков формируются по четыре микро- или мегаспоры (n).

Каждая микроспора (n) делится митотически, что приводит к образованию редуцированного мужского гаметофита (n) из двух клеток: крупной вегетативной (n) и мелкой генеративной (n). Покрываясь плотными оболочками, мужской гаметофит образует пыльцевое зерно. Мелкая генеративная клетка впоследствии делится митозом еще один раз с образованием двух неподвижных мужских гамет — спермиев (n).

Из образовавшихся в процессе мегаспорогенеза четырех мегаспор три погибают, оставшаяся мегаспора (n) трижды делится митозом, что приводит к формированию редуцированного женского гаметофита — восьмиядерного зародышевого мешка (n). Вокруг ядер происходит обособление цитоплазм таким образом, что женский гаметофит преобразуется в семиклеточную структуру из шести гаплоидных клеток (n) и центральной диплоидной клетки ($2n$). Одной из шести гаплоидных клеток является яйцеклетка (n).

После опыления, когда пыльца с мужскими половыми клетками-спермиями (n) окажется на рыльце пестика, из вегетативной клетки (n) пыльцы образуется пыльцевая трубка. По ней продвигаются внутрь завязи два спермия (n). Достигнув зародышевого мешка один из спермиев сливается с яйцеклеткой (n), образуя зиготу ($2n$), второй спермий (n) сливается с центральной клеткой ($2n$), давая начало вторичному эндосперму ($3n$). Этот способ оплодотворения получил название «двойное оплодотворение». Из зиготы ($2n$) в результате митотических делений образуется зародыш ($2n$), из зародыша митозом при прорастании семени развивается взрослое растение — спорофит ($2n$).

Таким образом, преобладающее поколение в жизненном цикле покрытосеменных растений — спорофит ($2n$). Микроспоры (n) и мегаспоры (n) образуются в результате мейоза и являются промежуточным звеном в гаметогенезе. Мужской гаметофит (n) редуцирован до 2–3 клеток. Женский гаметофит — семиклеточный восьмиядерный, не существует самостоятельно, всегда присутствует на спорофите, имеет шесть гаплоидных клеток (в том числе яйцеклетку, n) и одну диплоидную (центральная, $2n$). Спермии (n) и яйцеклетки (n) образуются из микроспор (n) и мегаспор (n), соответственно, митозом. Семя состоит из зародыша ($2n$), сфор-

мированного в результате делений митозом из зиготы ($2n$), эндосперма ($3n$) — в результате делений митозом триплоидной клетки, образованной при слиянии центральной клетки ($2n$) и спермия (n), семенной кожуры ($2n$), образованной с помощью делений митозом из клеток интегумента семязпочки (т.е. спорофита, $2n$).

ПРИМЕРЫ ЗАДАНИЙ ЕГЭ И ИХ РЕШЕНИЯ

Кроме достаточно простых заданий из тестовой части ЕГЭ на гаплоидность — диплоидность разных растительных клеток, существует набор заданий №27 на знание жизненных циклов разных групп растений. В этих задачах спрашивается, какой хромосомный набор свойственен клеткам разных стадий жизненных циклов растительных доменов. Кроме того, нужно указать в результате каких делений (митоз или мейоз) и из каких клеток (и с каким хромосомным набором) искомые клетки растений образовались. С учетом всех изложенных выше фактов решение таких заданий не составит труда. Разберем примеры.

Задание 1. Какой хромосомный набор характерен для клеток зародыша и эндосперма семени, листьев цветкового растения. Объясните результат в каждом случае [10].

Решение:

1. Для клеток зародыша цветкового растения характерен диплоидный набор хромосом ($2n$), так как он образован с помощью таких делений, как митоз, из зиготы ($2n$).

2. Для клеток эндосперма семени характерен триплоидный ($3n$) хромосомный набор, поскольку эндосперм формируется в результате митотических делений триплоидной клетки, полученной при двойном оплодотворении от слияния диплоидной центральной клетки ($2n$) зародышевого мешка и спермия (n).

3. Листья цветкового растения — это листья спорофита ($2n$), образованного в результате митотических делений из зародыша ($2n$), который в свою очередь образовался в результате митотических делений из диплоидной зиготы ($2n$).

Задание 2. Какой хромосомный набор характерен для гамет и спор растения мха кукушкина льна? Объясните, из каких клеток и в результате какого деления они образуются [10].

Решение:

1. Для клеток-гамет кукушкина льна характерен гаплоидный (n) набор хромосом, поскольку они образуются в результате митотических делений из клеток гаметофита (n).

2. Для клеток-спор растения мха кукушкина льна характерен гаплоидный (n) набор хромосом, так как споры образуются мейозом из диплоидных клеток спорофита-спорогона ($2n$).

Задание 3. Какой хромосомный набор характерен для клеток мякоти иголок и спермиев сосны? Объясните, из каких исходных клеток и в результате какого деления образуются эти клетки [10].

Решение:

1. Для клеток мякоти иголок сосны характерен диплоидный хромосомный набор ($2n$), поскольку клетки спорофита ($2n$) образуются в результате митотических делений из клеток диплоидного зародыша ($2n$), который в свою очередь образован в результате митотических делений диплоидной зиготы ($2n$).

2. Для спермиев сосны характерен гаплоидный (n) набор хромосом, поскольку они образуются митозом из гаплоидной микроспоры (n).

Задание 4. В кариотипе яблони 34 хромосомы. Сколько хромосом и ДНК будет содержаться в яйцеклетке яблони, клетках эндосперма её семени и клетках листа? Из

каких клеток образуются указанные клетки? [10].

Решение:

Рассуждаем следующим образом. Кариотип — число, форма и величина хромосом организма. Преобладающее поколение в жизненном цикле яблони (отдел Покрытосеменные) — диплоидный спорофит. То есть число хромосом у спорофита $2n$, количество молекул ДНК — $2c$. Соответственно, в клетках спорофита яблони 34 хромосомы и 34 молекулы ДНК. Отсюда:

1. В яйцеклетке яблони: $1n1c$ — 17 хромосом, 17 молекул ДНК. Яйцеклетка (n) у покрытосеменных образуется из гаплоидной мегаспоры (n) в результате митотических делений.

2. В клетках эндосперма семени яблони триплоидный набор хромосом: 51 хромосома и 51 молекула ДНК. Эндосперм покрытосеменных образуется в результате митотических делений триплоидной клетки, которая образовалась в результате двойного оплодотворения от слияния гаплоидного спермия (n) и диплоидной центральной клетки ($2n$).

3. Клетки листа яблони — это клетки диплоидного спорофита ($2n2c$). Отсюда, в клетках листа яблони 34 хромосомы и 34 молекулы ДНК. Клетки спорофита образуются в результате митотических делений диплоидного зародыша ($2n$), который в свою очередь образовался с помощью делений митозом из диплоидной зиготы ($2n$).

Задание 5. У хламидомонады преобладающим поколением является гаметофит. Определите хромосомный набор взрослого организма и его гамет. Объясните из каких исходных клеток образуются взрослые особи и их гаметы, в результате какого деления формируются половые клетки [10].

Решение:

1. Для клеток взрослого организма хламидомонады характерен гаплоидный набор

хромосом (n), поскольку это гаметофит — гаплоидное поколение (n). Образуется взрослый организм двояко. В первом случае (бесполое размножение) взрослая хламидомонада образуется при благоприятных условиях в результате митотических делений исходного взрослого организма (n) с образованием 4 гаплоидных зооспор (n), которые дадут начало взрослым гаметофитам (n). Во втором случае (половое размножение при неблагоприятных условиях) взрослые хламидомонады формируются из зооспор (n), образованных мейозом из диплоидной зиготы ($2n$). Диплоидная зигота в данном случае — спорофит.

2. Для гамет хламидомонады свойственен гаплоидный набор хромосом (n). Образуются они в результате многократных делений митозом клетки взрослой хламидомонады при половом размножении в неблагоприятных условиях.

Задание 6. Определите число (n) хромосом и количество ДНК (c) у спор, заростка, половых клеток и спорофита папоротника. В результате какого деления образуются эти клетки и стадии развития? [10].

Решение:

1. У спор папоротника гаплоидный набор хромосом (nc). Они образуются мейозом из клеток диплоидного спорофита ($2n$).

2. У заростка (гаплоидный гаметофит, n) папоротника число хромосом n , число молекул ДНК — c . Образуется заросток в результате митотических делений при прорастании гаплоидной споры (n).

3. У половых клеток (яйцеклетки и сперматозоиды) число хромосом n , количество молекул ДНК c . Образуются гаметы в результате делений митозом из клеток гаметофита (заростка).

4. У спорофита папоротника число хромосом $2n$, количество молекул ДНК $2c$. Клетки спорофита образуются при делении митозом диплоидной зиготы ($2n$).

Задание 7. Какой хромосомный набор характерен для клеток чешуй женских шишек и женской споры ели? Объясните, из каких исходных клеток и в результате какого деления образуются клетки шишки и мегаспора ели [10].

Решение:

1. Клетки чешуй женских шишек ели — клетки диплоидного спорофита ($2n$). Образованы они с помощью митотических делений диплоидного зародыша ($2n$), который в своё время формируется с помощью митотических делений из диплоидной зиготы ($2n$).

2. Женская спора ели, или мегаспора ели, имеет гаплоидный набор хромосом (n). Образуется она в результате мейоза из диплоидной материнской клетки спорофита ($2n$).

Заключение

Таким образом, в статье разобраны жизненные циклы крупных растительных доменов. Для каждого таксона подробно рассмотрены чередования стадий гаметофита и спорофита, особенности гаметогенезов, последовательности делений митозом и мейозом. Мейозом может делиться только диплоидная клетка. Споры — гаплоидные клетки.

Поэтому в большинстве случаев можно воспользоваться простым правилом: «Все виды спор (n) — в том числе зооспоры (n), микроспоры (n) и мегаспоры (n) — образуются мейозом из клеток спорофита ($2n$). Гаметы (n) растений образуются в результате митоза из клеток гаметофита (n)».

Однако для представителей отдела Зелёные водоросли это правило будет работать не всегда. Споры (n) могут образовываться у них как мейозом из спорофита-зиготы ($2n$) в процессе полового размножения при неблагоприятных условиях (согласно правилу), так и митозом из клеток гаметофита (n) при благоприятных условиях.

Задания на жизненные циклы растений представлены в ЕГЭ. Статья призвана помочь учителям биологии четко, логично, с указанием пloidности донести материал до учеников при подготовке к экзаменам. Кроме того, она изложена доступно и для самих учеников.

Литература

1. Анищенко Л.Н. Задания (задачи) с развернутым ответом для подготовки к единому государственному экзамену по биологии // Биология в школе. – 2018. – № 8. – Электронное приложение. – № 2. – p_01.
2. Латюшин В.В., Рязанова Л.А. Подготовка учащихся к олимпиаде и ЕГЭ по вопросам молекулярной биологии // Биология в школе. – 2019. – № 8. – С. 47–53.
3. Лукашук О.Н., Кулягина Г.П., Опарин Р.В., Букарев Р.В. Сложные вопросы курса биологии: подход к решениям // Биология в школе. – 2021. – № 7. – С. 30–39.
4. Комарова Е.В. Типичные ошибки учащихся при решении цитологических задач на биосинтез белка // Биология в школе. – 2021. – № 2. – С. 34–39.
5. Пономарёва И.Н., Корнилова О.А., Кучменко В.С. Биология: 6 класс: учебник для учащихся общеобразовательных организаций / под ред. И.Н. Пономарёвой. – М., 2014. – 192 с.
6. Рейвн П., Эверт Р., Айкхорн С. Современная ботаника: в 2-х т. Том 1. – М., 1990. – 348 с.
7. Садовниченко Ю.А. ЕГЭ. Биология: пошаговая подготовка. – М., 2016. – 320 с.
8. Теремов А.В., Петросова Р.А. Биология. Биологические системы и процессы. 10 класс: учебник для общеобразовательных организаций (углубленный уровень). – М., 2020. – 399 с.
9. Факторович Л.В., Луценко Е.А., Степанова О.Н. Подготовка школьников к ЕГЭ по биологии. Раздел «Растения» // Биология в школе. – 2017. – № 8. – С. 38–42.
10. https://bio-ege.sdamgia.ru/test?filter=all&category_id=219

13 блокнот учителя

- Оперение самца ранее неизвестного вида райских птиц, недавно найденного в Новой Гвинее, настолько черно, что поглощает 99,95 % падающего на него света. Это лишь ненамного меньше, чем у недавно созданного светопоглощающего материала из нанотрубок, стоящих дыбом (99,96 %). Своим черным веером самец старается произвести впечатление на самок при брачном танце. Грудка птицы имеет ярко-голубую окраску.
- Голодная мушка дрозофила способна преодолеть в беспосадочном полете 15 км, чтобы найти пищу. Если сравнить с человеком, это равноценно тому, как если бы человек пробежал в поисках пищи 10000 км.
- Самое редкое и одно из самых живописных деревьев на планете — драцена киноварно-красная, или драконово дерево, встречающееся на о. Сокотра (северо-запад Индийского океана). Название связано с красным цветком сока этого растения, который местное население применяет как лекарство и косметическое средство. Интересно, что ботаники долго не знали, куда это дерево отнести, и наконец, причислили его к спаржевым. Туда же относятся, например, ландыш.
- Бразильский электрический угорь (*Electrophorus voltai*) имеет длину до двух метров, весит около 20 кг и выдает разряды напряжением до 860 вольт. Зоологи наблюдали, как группа угрей от 10 до 100 особей окружала стайки мелких рыбешек и загоняла их на мелководье, где одновременно включала свои «генераторы». Рыбки, парализованные электрическим ударом, становились легкой добычей.
- Бразильское дерево жаботикабо интересно тем, что его плоды растут прямо на стволе. По вкусу они похожи на мускатный виноград, диаметр «виноградин» — до четырех сантиметров. Цвет кожицы темно-бордовый, а мякоть белая. Дерево плодоносит 5–6 раз в году и высоко ценится у местных жителей. Ягоды жаботикабы могут храниться не более четырех дней, после чего в мякоти начинается брожение, и их пускают на вино. Так что в другие страны их завозить невозможно.
- Единственный в своем роде синий гриб *Entoloma hochstetteri* встречается в лесах Новой Зеландии и Австралии. Он настолько знаменит своей уникальной окраской, что удостоился присутствия на новозеландских марках и на 50-долларовой купюре. Но съедобен ли он, никто не решается проверить — уж очень необычный цвет, тем более родственные виды известны своей ядовитостью.
- По оценкам биологов, общая масса ДНК в земных организмах составляет 50 млрд тонн.

(По материалам периодических изданий)



ФОРМИРОВАНИЕ ЕСТЕСТВЕННО-НАУЧНЫХ КОМПЕТЕНЦИЙ У ШКОЛЬНИКОВ В ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПО БИОЛОГИИ

В статье показана возможность формирования у школьников естественно-научных компетенций в исследовательской деятельности на уроках, во внеурочной, внеклассной и внешкольной работе по биологии посредством применения технологии дополненной реальности (AR). Представлены авторские AR-задания на основе маркерной и безмаркерной технологии дополненной реальности.

The article shows the possibility of forming natural science competencies in schoolchildren in research activities in the classroom, in extracurricular, extracurricular and out-of-school work in biology through the use of augmented reality technology (AR). Author's AR-tasks based on marker and marker-free augmented reality technology are presented.

Ключевые слова:

AR-задания, AR-контент, дополненная реальность, иммерсивные образовательные технологии.

Key words: AR content, augmented reality, immersive educational technologies.

Д.В. Сараева,
аспирант,

Е.Н. Арбузова,
доктор педагогических наук, профессор ОмГУ им. Ф.М. Достоевского,
e-mail:
d.saraeva2013@yandex.ru

Учителя не могут быть заменены и не будут заменены технологиями — но учителя, которые не используют технологии, будут заменены учителями, которые их используют.

Даг Джонсон,
специалист по обучению новым
информационным технологиям (НИТ)

В современных социокультурных и экономических условиях образовательные институты ориентированы на реализацию концепции «Образование через всю жизнь». В педагогических исследованиях установлено, что предпосылкой развития компетенций выступает функциональная грамотность [5, 8, 17, 18]. По определению А.А. Леонтьева: «Функционально грамотный человек — человек способный применять приобретённые знания, умения и навыки на протяжении всей жизни» [8]. Международной программой по оценке образовательных достижений обучающихся в качестве одной из

основных составляющих функциональной грамотности выделена естественно-научная грамотность. При обучении биологии формируются необходимые компетенции, составляющие модель функциональной грамотности: умение научно объяснять процессы и явления живой природы; умение понимать ход естественно-научного исследования; умение интерпретировать результаты исследования и делать выводы. Перечисленные компетенции формируются у обучающихся через различные формы деятельности.

При обучении биологии для эффективного развития учащихся естественно-научных компетенций необходимо создать образовательную среду, обеспечивающую эффективный образовательный процесс. Образовательная среда должна быть направлена на полифункциональную деятельность обучающихся. Под полифункциональной деятельностью понимается развитие и применение в процессе обучения ряда навыков — естественно-научных, аналитических, прогностических. Так, при проведении исследовательской деятельности на уроках биологии у школьников активизируется интерес к процессу познания. В процессе исследовательской деятельности ученик проходит путь от незнания к знанию, от неумения к умению и от умения к навыку. Знания, приобретённые ими через исследовательскую деятельность усваиваются наиболее прочно [16]. Ведущая педагогическая идея исследовательской деятельности на уроках биологии и во внеурочной работе — формирование у ученика самостоятельных способностей к творческому познанию учебного материала и применения полученных знаний в реальных жизненных ситуациях. Для развития естественно-научных компетенций на разных этапах урока, необходимо использовать практико-ориентированные задания. Последние способствуют демонстрации

обучающимися теоретических знаний на практике, развитию самостоятельности как качества личности. Обязательной частью учебно-воспитательного процесса в школе выступает внеурочная работа обучающихся. Актуальными формами внеурочной работы при изучении отдельных разделов биологии являются проектная и исследовательская деятельность. Проектная и исследовательская деятельность активизируют творческое мышление школьников и способствуют их коммуникации [17].

Для формирования естественно-научных компетенций на уроках биологии и во внеурочной работе в рамках учебного предмета «Биология», учителями используются различные образовательные технологии [18, 21]. Применение образовательных технологий, влияющих на формирование естественно-научных компетенций школьников, должно обеспечить возможности для самостоятельного решения обучающимися познавательных задач и проведения эмпирического познания живой природы.

Иммерсивные образовательные технологии

Главным условием формирования необходимых естественно-научных компетенций у обучающихся выступает эффективная образовательная среда. Всё более актуальными и востребованными в современном образовании являются иммерсивные образовательные технологии [10, 20]. *Иммерсивные образовательные технологии* — технологии, обеспечивающие полное или частичное погружение школьников в особое образовательное пространство, сконструированное интерактивными средствами обучения. К иммерсивным технологиям относятся [9, 10, 12]:

1. Технология дополненной реальности (AR) — технология, обеспечивающая введение в физическое окружающее простран-

тво 3D-моделей с целью получения дополнительной информации.

2. Технология смешанной реальности (MR) — технология, обеспечивающая синтез дополненной и виртуальной реальности. Позволяет видеть взаимодействие реальных и виртуальных объектов.

3. Технология виртуальной реальности (VR) — технология, позволяющая погрузить человека в смоделированное трёхмерное пространство при использовании специализированных устройств.

Перечисленные технологии называют *иммерсивными технологиями*, поскольку обеспечивают эффект полного или частичного присутствия в трёхмерном пространстве и тем самым изменяют пользовательский опыт [3]. В научно-педагогической литературе термином «иммерсивность» обозначают свойство среды [4]. *Иммерсивная образовательная среда* — среда, обеспечивающая погружение обучающихся в активную познавательную деятельность с помощью интерактивных средств обучения, используемых в познавательной деятельности во всех возможных комбинациях для получения учебной информации. Роль иммерсивной образовательной среды заключается в развитии практических знаний, умений и навыков в результате экспериментальных и практических работ.

Конструирование иммерсивной образовательной среды осуществляется учителем/преподавателем в несколько этапов [20]: прогнозирование образовательного результата; создание образовательного контента для иммерсивной образовательной среды; выбор образовательных средств с учётом выбора иммерсивной технологии; создание сценариев взаимодействия обучающихся в иммерсивной образовательной среде; проведение контроля и оценки результатов образовательного процесса. Одной из перспективных технологий, формирующей им-

мерсивную образовательную среду является технология дополненной реальности (AR). AR не заменяет традиционные методы и средства обучения, а дополняет их.

Главная цель биологического образования — формирование естественно-научного мировоззрения. При этом знание закономерностей биологической науки выступает базисом формирования современной научной картины мира. Для формирования современной научной картины мира требуется знание основных законов физики, химии, обеспечивающие формирование целостного естественно-научного понимания о многообразии форм жизни, единстве живых организмов в живой природе [15]. Для формирования у обучающихся естественно-научной грамотности им необходимо приобрести навыки исследовательской деятельности [14, 17].

Средства технологии дополненной реальности (AR)

В рамках настоящего исследования разработаны AR-задания для использования в образовательном процессе. *AR-задания* — задания, сконструированные с помощью приложения дополненной реальности. *Цель исследования* — выявление возможности формирования у обучающихся естественно-научных компетенций на уроках биологии средствами дополненной реальности. Для того чтобы наиболее точно разобраться в том, что представляют собой AR-задания и на развитие каких компетенций они направлены, мы представили определения следующих терминов: «технология дополненной реальности»; «иммерсивная образовательная среда»; «контент дополненной реальности».

Из многочисленных работ на тему «Дополненная реальность» и опыта использования в педагогической деятельности, очевидно, что данная технология обеспечивает

дополнение «статичных» страниц учебно-методических пособий, учебников [4, 12, 13, 19]. Наблюдается эффект «ожившей страницы», т. е. происходит демонстрация какого-либо объекта, процесса или явления на страницах учебно-методических пособий или учебников [10, 11]. Дополнение физического окружающего пространства осуществляется с помощью различных AR-средств (средств дополненной реальности) [13]. Перечислим средства, с помощью которых реализуется дополненная реальность.

✓ *Вербальные средства:*

- слово (голосовая запись);
- дидактические материалы (учебные пособия, преимущественно наглядные).

✓ *Изобразительные средства:*

- таблицы, схемы;
- диаграммы, рисунки, чертежи;
- 3D-модели;
- AR-снимки.

✓ *Специальные (технические) средства* (к специальным средствам относят гаджеты: смартфоны, компьютеры, планшеты и другие):

- экранные;
- звуковые;
- экранно-звуковые.

Наиболее сложные средства, обеспечивающие дополнение реальности — изобразительные [2, 10]. На практике их применения в образовательном процессе педагоги сталкиваются с трудностями. Во-первых, для качественного наполнения AR-контента (контент дополненной реальности), необходимо соответствие учебной информации с предметным содержанием. Как правило, не возникает затруднений, чтобы подобрать из открытых источников таблицы, схемы, диаграммы, рисунки, чертежи. Наиболее проблематично сконструировать 3D-модели, обеспечивающие наглядную демонстрацию изучаемых объектов живой природы. Во-вторых, для конструирования 3D-моделей,

соответствующих предметной теме, учителям биологии необходимо владеть навыками работы в современных программах, обеспечивающих трёхмерное конструирование. К таким программам относятся: Blender 3D; 3dsMax; Maya; 3DSlash; 3DTin и др.

Вербальные средства выступают дополнительными средствами, формирующие качественный образовательный AR-контент. Специальные (технические) средства служат для воспроизведения AR-контента. Образовательный AR-контент включает взаимодействие средств, представленных выше. Воспроизведение AR-контента осуществляется с помощью приложений дополненной реальности. Приложениями дополненной реальности выступают: Animar; Assemblr; Stavr; HPRReveal и др. Актуальной платформой для разработки авторского AR-приложения является Unity — компьютерная программа для создания игр, разработанная американской компанией Unity Technologies — <https://unity.com/ru>.

В научных источниках информации под образовательным контентом понимают информационное содержание информационного продукта (сайта, книги, сборника статей и др.) — тексты, графическая, звуковая информация и др. Анализируя источники информации точное определение понятия «AR-контент» отсутствует [3, 11, 12]. На основе содержательной составляющей AR-контент имеет текст, аудио, видео, изображения. Соответственно понятие «AR-контент» следует понимать, как совокупность аудиальных и визуальных материалов, воспроизводимых с помощью технических средств технологии дополненной реальности. AR-контент должен информационно дополнять содержание изучаемой темы, но не заменять. Выделим основные образовательные технологии, сочетающиеся с технологией дополненной реальности [6, 19]: обучение через практику (Learning

bydoing); кейс-технология; технология проблемного обучения.

Из истории разработки технологии дополненной реальности

Реализацию технологии дополненной реальности обеспечивают специальные программные обеспечения и технические устройства. Первые созданные устройства AR предназначались не для игровой деятельности. Технология была использована учёными корпорации «Boeing», которая способствовала облегчению работы сборщикам самолётов. Устройство AR представляло собой специальный шлем с полупрозрачной дисплейной панелью, на которой транслировалась необходимая информация [3]. Развитие технологии AR приходится на 70-ые гг. XX века. В 1961 г. М. Хайлиг представил первое мультисенсорное устройство, напоминающее компьютерную игру, основой которой являлось наложение виртуальных изображений на реальные окружающие объекты. Через год М. Хайлиг получил патент на первый виртуальный симулятор [4]. Обратимся к истории становления устройств, обеспечивающих воспроизведение компьютерной графики. Рассмотрим достижения американских исследователей — разработчиков интерактивных устройств [3, 22, 23]:

- Майрон Крюгер (1975 г.) — разработал лабораторию искусственной реальности. В данной лаборатории исследователь предусмотрел возможность взаимодействия с трёхмерными предметами.

- Стив Манн (1980 г.) — разработал первый портативный компьютер «EyeTap». Данный компьютер был предназначен для ношения перед глазами, обеспечивал считывание «интерактивной сцены» и её показ пользователю.

- Дуглас Джордж и Роберт Моррис (1987 г.) — разработали «Head-updisplay» (HUD) — дисплей для головы, обеспечива-

ющий воспроизведение данных по астрономии.

- Луис Розенберг (1992 г.) — создал систему дополненной реальности под названием «Virtual Fixtures».

В настоящей работе представлены лишь основные труды, которые повлияли на развитие технологии дополненной реальности, авторы не претендуют на исчерпывающее освещение всех актуальных научных исследований, связанных с технологией дополненной реальности.

Суть работы специальных (технических) средств, обеспечивающих дополнение реальности — сканирование маркера (изображение или любая фигура, однако для лучшего распознавания используют изображения), к которому привязан AR-контент и его генерация. Окружающее пространство физического мира дополняется 3D-моделями, отображаемых с помощью технических устройств (камеры смартфона или компьютера или очков виртуальной реальности) на маркерной или безмаркерной метках. Существуют следующие основные технологии распознавания маркеров дополненной реальности [7]:

1. Маркерная AR, или технология распознавания изображений. Для воспроизведения желаемого объекта необходимо наличие камеры и изображения 3D объекта заключённого в специальную рамку. Для демонстрации работы маркерной технологии AR обратитесь к заданию № 1.

2. Безмаркерная AR. Данная технология распознавания маркеров дополненной реальности позволяет использовать изображения с произвольным соотношением сторон или фигуры для привязки контента. Для распознавания AR-маркеров используют, например GPS, которая служит передатчиком сигналов о месторасположении объекта AR. Для демонстрации работы безмаркерной AR обратитесь к заданиям № 2, № 3.

3. Проекционная AR. Данная технология распознавания маркеров дополненной реальности заключается в воспроизведении 3D объекта с помощью проецирования синтетического света на физические поверхности.

4. AR на основе совмещений (наложений). Данная технология распознавания маркеров дополненной реальности обеспечивает полную или частичную замену реального физического объекта 3D объектом.

В образовательном процессе, как правило, применяют технологию распознавания маркерных и безмаркерных меток дополненной реальности, что объясняется лёгкостью реализации. В рамках настоящего исследования разработаны AR-задания, ориентированные на формирование у обучающихся естественно-научных компетенций при обучении биологии в разделе «Животные» по теме «Класс Насекомые». Основной задачей при этом является погружение детей в процесс исследовательской деятельности. *Исследовательская деятельность обучающихся* — деятельность, направленная на решение исследовательской задачи с заранее неизвестным результатом [5]. К основным естественно-научным навыкам при изучении темы «Класс Насекомые» относятся: исследование биологических объектов под увеличительным прибором (лу-

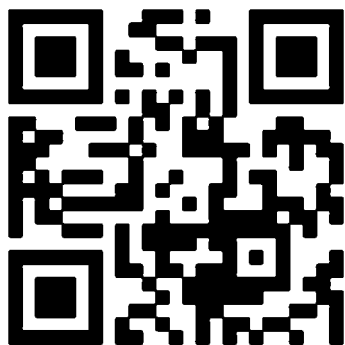
пой); исследование строения тел изучаемых объектов; наблюдение за изучаемым объектом или процессом жизнедеятельности изучаемого объекта [1, 16]. Перечисленные навыки формируются в процессе эмпирического познания объектов живой природы: наблюдения; описания; сравнения; измерения. Предлагаем примеры AR-заданий, цель которых — формирование у обучающихся естественно-научных компетенций.

AR-задания для использования на уроке биологии в разделе «Животные»

Пример задания № 1 «Строение крыла насекомого». Изучите и зарисуйте строение крыла насекомого. Отметьте названия жилок:

1. Костальная жилка.
2. Субкостальная жилка.
3. Радиальные жилки.
4. Медиальные жилки.
5. Кубитальные жилки.
6. Анальные жилки.
7. Югальные жилки.

Примечание. Для выполнения задания воспользуйтесь приложением «Animar», с помощью которого вы сможете увидеть 3D-модель насекомого. Для просмотра наведите камеру мобильного устройства на QR-код, а затем на маркерную метку 3D-модели.



QR-код



Рассмотрим основные этапы формирования естественно-научных компетенций при выполнении представленного AR-задания (табл. 1).

Таблица 1

**Формируемые естественно-научные компетенции при выполнении
AR-задания №1**

№ задания	Этап исследовательской деятельности	Универсальные учебные действия	Приобретаемые компетенции
Задание № 1	Начальный этап — развитие исследовательских навыков	Самостоятельная формулировка познавательных задач и целей	Знания о способах выполнения задания
	Работа с учебником и 3D-моделью	Поиск и выделение необходимой информации и др.	Умение получать биологическую информацию из различных источников Навыки наблюдения: 1) рассмотрение объекта наблюдения; 2) фиксация признаков изучаемого объекта в соответствии с целью, задачами AR-задания Моторный навык — автоматизированное воздействие на внешний объект с помощью движения (взаимодействие с 3D-моделью — разборка и сборка составных частей модели)
	Этап установления причинно-следственных связей между изучаемым объектом и его свойствами, процессами	1. Выделение и сравнение полученных данных с целью установления признаков изучаемого объекта. 2. Обобщение — генерализация и выведение общности для целого ряда или класса единичных объектов на основе выделения сущностной связи	Знания об особенностях строения крыльев представителей класса «Насекомые» Умения описывать биологический объект: ● проведение наблюдения; ● распознавание и определение органов и их систем Интеллектуальные навыки — решение учебных задач или проблемных ситуаций в рамках изучаемой темы
	Этап экспериментальной творческой деятельности	1. Сравнение. 2. Описание. 3. Классификация	Знания об особенностях строения изучаемого объекта. Обучающиеся выделяют классы, входящие в тип Членистоногие. Приобретают знания об особенностях их строения Умения: 1) характеризовать изучаемые объекты; 2) наблюдать, формулировать выводы Перцептивные навыки — характеристика часто воспринимаемых предметов. Обучающиеся описывают внешний вид изучаемого объекта, фиксируют результаты и формулируют выводы

Пример задания № 2 «Строение насекомого».

Изучите внешнее строение насекомого, используя AR-мультимедийное изображение. Определите его систематическую принадлежность.

- Тип _____.
- Подтип _____.
- Класс _____.
- Подкласс _____.
- Отряд _____.
- Вид _____.

Пример задания № 3 «Строение насекомого».

Изучите внешние особенности строения представленного насекомого.

- 1. Назовите тип конечности насекомого.
- 2. Назовите разновидность крыльев насекомого.
- 3. Опишите строение глаз насекомого.
- 4. Назовите отделы тела насекомого.

Примечание. Для выполнения заданий — № 2, № 3 воспользуйтесь приложением «ARGIN», с помощью которого вы сможете увидеть AR-мультимедийное фото насекомого. Для просмотра наведите камеру мобильного устройства на безмаркерную метку AR-мультимедийного изображения.



Безмаркерная метка AR-фото насекомого

Рассмотрим основные этапы формирования естественно-научных компетенций при выполнении AR-заданий № 2 и № 3 (табл. 2).

Таблица 2

Формируемые естественно-научные компетенции при выполнении AR-заданий № 2, № 3

№ задания	Этап исследовательской деятельности	Универсальные учебные действия	Приобретаемые компетенции
Задание № 2; № 3	Начальный этап — развитие исследовательских навыков.	1. Поиск эффективных способов решения задач в зависимости от конкретных условий. 2. Поиск необходимой информации и её преобразование и др.	Знания о способах выполнения задания
	Работа с учебником и AR-снимком		Умения наблюдать биологические объекты: ● выделение и рассмотрение объекта наблюдения; ● визуальное установление признаков объекта; ● фиксация результатов наблюдения.
	Этап установления причинно-следственных связей между изучаемым объектом и его свойствами	1. Сравнение. 2. Описание. 3. Доказательство — установление причинно-следственных связей, построение логической цепи рассуждений	Логические навыки (анализ, синтез, обобщение) Знания об особенностях внешнего строения насекомых; об особенностях классификации представителей живой природы

			Умения: ● устанавливать критерии для классификации; ● устанавливать причинно-следственные связи и др.
			Навыки исследовательской деятельности (опыт, наблюдение, сравнение, описание, классификация)
			Знания об особенностях строения изучаемых объектов
			Умения обосновывать (объяснять) биологические явления: ● выявление особенностей приспособления организма к условиям среды; ● доказательства взаимосвязей объекта исследования с окружающей средой
	Этап экспериментальной творческой деятельности	1. Определение принадлежности биологического объекта к определённой систематической группе. 2. Формулировка вывода	Навыки: ● постановки учебной проблемы; ● самостоятельного создания алгоритмов деятельности при решении проблем творческого и поискового характера

Формирование знаний, умений и навыков в процессе выполнения предложенных заданий происходит на основе мультимедийного контента.

Формирование естественно-научных компетенций посредством предложенных заданий осуществляется в несколько этапов. Первый направлен на формирование естественно-научных знаний, умений, навыков — общий для всех заданий. На последующих этапах выполнения заданий формируемые знания, умения и навыки могут отличаться, что связано с содержательной составляющей заданий. На втором этапе выполнения задания у обучающихся формируется умение устанавливать причинно-следственные связи. На третьем этапе у учащихся формируется способность осуществлять деятельность не по образцу, а самостоятельно посредством практико-ориентированных действий. В результате у них формируются эмпирические навыки познания объектов

живой природы. Обратимся к таблицам 1 и 2, демонстрирующих формируемые знания, умения, навыки у обучающихся на этапах выполнения заданий. *Умение* — практическое действие, выполняемое в различных видах деятельности или решении задач в соответствии с заданными условиями на основе имеющихся знаний. *Навык* — способность человека продуктивно и в нужное время выполнять работу в новых условиях, сформированная на основе умений и знаний [5]. При выполнении предложенных заданий обучающиеся научатся: научно объяснять особенности строения представителей класса «Насекомые»; соотносить особенности строения частей тела с выполняемыми ими функциями; проводить наблюдения за живыми объектами и сравнивать их между собой; определять существенные признаки насекомых; объяснять принципы классификации насекомых; объяснять значение насекомых в природе.

Организация учебного процесса с использованием технологии дополненной реальности позволяет школьникам самостоятельно приобретать знания. С помощью предложенных заданий, обучающиеся могут изучить необходимый учебный материал, а затем закрепить полученные знания. На основе вышеизложенной информации выделим основные функции технологии дополненной реальности [10]:

1. Информационная. В сфере образования не обойтись без различных презентаций. Наглядное представление учебного материала с помощью видеофрагментов и 3D-моделей, воспроизводимых технологией дополненной реальности, предоставляет возможность познания наиболее труднодоступных объектов, процессов и явлений живой природы.

2. Конструирования и проектирования. Осуществление планирования разнообразных образовательных ситуаций в иммерсивной образовательной среде.

3. Организационно-деятельностная. Организация деятельности педагога в рамках реализуемой образовательной технологии, оптимизация педагогической работы. Организация эффективной деятельности обучающихся.

4. Методологическая. Определение общей стратегии процесса обучения, внедрение инновационных моделей обучения.

5. Рефлексивная. Созданная техническими средствами иммерсивная образовательная среда обеспечивает рефлексивную активность субъекта в пространственно-временном континууме.

Таким образом, технология дополненной реальности — система средств, методов и приёмов для организации и осуществления процесса обучения в трёхмерной среде, предусматривающая определённую последовательность действий учителя и обучающихся. Предлагаемая технология перспективна и

эффективна при формировании у школьников естественно-научных компетенций на уроках биологии и во внеурочной исследовательской деятельности. Целесообразно также использовать данную технологию во внеклассной и внешкольной работе по биологии. Применение средств дополненной реальности перспективно и на базе технопарков, которые выступают «точками роста» для школьников, поскольку нацелены на разработку и внедрение инновационных технологий и идей, развитие научно-технического потенциала молодёжи.

Литература

1. Арбузова Е.Н. Рефлексивная система обучения в методической подготовке студентов-биологов в педвузе: монография. – Омск, 2016. – 394 с.
2. Арбузова Е.Н. Визуализация образовательного процесса по биологии средствами инфографики // Биология в школе. – 2017. – № 5. – С. 39–47.
3. Бижанов Е.Г. Технологии дополненной реальности в образовательной сфере // Молодой ученый. – 2020. – № 31 (321). – С. 10–12.
4. Валитова А.Р. Применение технологий дополненной реальности в образовании // Инновационные научные исследования в современном мире: материалы Международной научно-практической конференции. – Уфа, 2019. – С. 67–76.
5. Васильева Н.Н., Дмитриева Е.А. Возможности организации исследовательской деятельности школьников в процессе обучения биологии // Ярославский педагогический вестник. – 2012. – № 4. – С. 68–72.
6. Коноводова Ю.А. Роль самостоятельной учебно-исследовательской деятельности учащихся при обучении биологии // Актуальные задачи педагогики: материалы III Междунар. науч. конф. – Чита, 2013. – С. 123–124.
7. Корнилов Ю.В. Иммерсивный подход в образовании // Азимут научных исследований: педагогика и психология. – 2019. – № 1 (26). – С. 174–178.

8. Леонтьев А.А. От психологии чтения к психологии обучению чтению // Начальная школа. – 1999. – № 10. – С. 1–5.
9. Лепский В.Е. Рефлексивно-активные среды инновационного развития: учебное пособие. – М., 2010. – 255 с.
10. Опарин Р.В., Сараева Д.В. Использование технологии дополненной реальности на уроках биологии // Биология в школе. – 2021. – № 6. – С. 49–57.
11. Осипов М.П. Системы виртуальной реальности: учебно-методическое пособие. – Нижний Новгород, 2012. – 48 с.
12. Павленко Т.С. Понятие «Контент»: типология, виды и технология получения дидактического контента в образовательном процессе // Известия Волгоградского государственного педагогического университета. – 2017. – № 7. – С. 31–35.
13. Пронина Е.Е. Возможности и перспективы применения технологий дополненной реальности // Студент. – № 11. – С. 46–53.
14. Романова О.В. Роль биологического эксперимента в процессе формирования универсальных и предметных учебных действий // Наука и школа. – 2018. – № 6. – С. 136–144.
15. Рытов Г.Л., Соловова Н.В. Формирование основных компетенций у студентов – шаг в будущее в современном высшем биологическом образовании // Известия самарского научного центра российской академии наук. – 2009. – № 1. – С. 780–783.
16. Серовайская Д.Е., Суматохин С.В. Творческие способности: методы и приёмы их развития при обучении биологии // Биология в школе. – 2021. – № 6. – С. 18–24.
17. Суматохин С.В. Биологическое образование на рубеже XX–XXI веков: Монография. – М., 2021.
18. Суматохин С.В. Биологическое образование в школе цифрового века // Биология в школе. – 2020. – № 6. – С. 13–22.
19. Таран В.Н. Применение дополненной реальности в обучении // Проблемы современного педагогического образования. – 2018. – № 60. – С. 333–337.
20. Чупина В.А., Федоренко О.А. Рефлексивные основы иммерсивной образовательной среды // Современная высшая школа: инновационный аспект. – 2018. – № 39. – С. 89–96.
21. Arbuzova E.N., Khiryanova I.S., Yaskina O.A. Mobile training of future teachers on the basis of innovative educational and methodological complex (on the example of innovative educational and methodological complex «method for teaching biology») // Science, Technology and Higher Education: materials of the III international research and practice conference. – Westwood, 2013. – P. 139–144.
22. Abdulrahmana M.D., N. Farukb, A.A. Oloyede Multimedia tools in the teaching and learning processes: A systematic review // Heliyon. – 2020. – № 6. – P. 2–14.
23. Shutea V., Kuba R. The use and effects of incentive systems on learning and performance in educational games // Computers & Education. – 2021. – № 6. – P. 104–115.
24. Арбузова Е.Н. Технологии визуализации информации на уроках биологии // Биология в школе. – 2019. – №3. – С.30.
25. Арбузова Е.Н., Опарин Р.В. Использование AR-кейсов по биологии для повышения естественно-научной грамотности школьников // Биология в школе. – 2019. – №6. – С.22–28.
26. Арбузова Е.Н., Опарин Р.В., Сахаров А.В., Лошенко В.И. Модель единых фондов оценочных материалов для диагностики предметных и методических компетенций учителей // Биология в школе. – 2020. – № 4. – С. 24.
27. Арбузова Е.Н., Камышев К.А., Яскина О.А. Модульная технология в дистанционном обучении биологии школьников // Биология в школе. – 2021. – № 7. – С. 59.
28. Арбузова Е.Н., Камышев К.А., Яскина О.А. Модульные программы на уроках биологии как средство самостоятельной работы школьников при реализации смешанного обучения // Биология в школе. – 2021. – № 8. – С. 49–54.

В БИОЛОГИЧЕСКОМ КРУЖКЕ



ИЗУЧАЕМ ФАУНУ РОССИИ. АКТИНИИ

В процессе проведения кружковых занятий по биологии педагог имеет возможность существенно расширить знания школьников о различных представителях фауны России. В статье учитель найдет необходимую информацию для этих занятий, а также разнообразные вопросы и задания, многие из которых нацелены на развитие мышления у школьников. Приведенные материалы могут быть использованы и на уроках биологии.

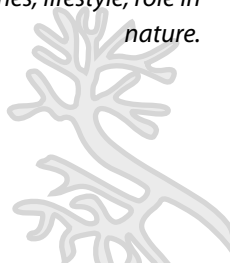
In the process of carrying out groups biology teacher has the opportunity to significantly expand the knowledge of students about the various representatives of the fauna of Russia. In article, the teacher will find the necessary information for these lessons, as well as a variety of questions and tasks, many of which focus on the development of thinking in students. Given the fragmented materials can be used by the teacher in biology class.

Ключевые слова:

актинии, образ жизни, поведение, роль в природе.

Keywords:

anemones, lifestyle, role in nature.



А.В. Кулёв,

кандидат педагогических наук, профессор
Российской академии
естествознания,
академик АРСИИ
им. Г.Р. Державина,
учитель биологии
гимназии № 205,
С.-Петербург,
e-mail:
kulyov.al@yandex.ru

Важное направление работы учителя биологии — формирование у школьников любви к природе своего края; стремления и умения изучать жизнь животных, обитающих на территории России. В настоящее время, учитывая остроту экологических проблем, данная идея приобретает особую актуальность. Организуя процесс изучения школьниками биологии и экологии животных, педагог может не только успешно решать задачи обучения детей, развития их интеллекта, но и осуществлять патриотическое воспитание подрастающего поколения.

ОБЩАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ЗАНЯТИЯ

Занятие начинается с формулирования темы, цели и основных задач. После этого биологический текст, предназначенный для учащихся, поочередно зачитывается несколькими школьниками и, в случае необходимости, сопровождается краткими комментариями со стороны педагога. Значительная часть информации подается в научно-популярном и научно-художественном стилях, что соответствует возрастным психологическим особенностям подростков.

После прочтения текста учащиеся спрашивают о том, что оказалось для них непонятным либо вызвало особый интерес; отвечают на вопросы, сформулированные в заключительной части статьи, а также выполняют приведенные в ней задания. Методический аппарат статьи нацелен не только на проверку

качества первичного усвоения школьниками озвученных фактов и идей, но и на осуществление разнообразной мыслительной деятельности.

Желательно, чтобы в процессе проведения занятий на экране или интерактивной доске появлялись изображения его «героев» — представителей тех видов животных, о которых идет речь. В конце занятия подводятся итоги, формулируются необходимые выводы. В качестве домашнего задания учитель может предложить школьникам дополнить свои знания о данном биологическом объекте информацией из литературных источников. Кроме того, дети получают от педагога приведённую в статье инструкцию для изучения животных с использованием кинофрагментов из сети Интернет. Данное задание может быть выполнено дома или в школе (в кабинете биологии либо в компьютерном классе, во внеурочное время).

СОДЕРЖАНИЕ БИОЛОГИЧЕСКОГО ТЕКСТА ДЛЯ УЧАЩИХСЯ

Мировой океан, так еще мало изученный, не устает поражать наше воображение своим богатым подводным миром. Его глубины — обитель для огромного количества разнообразных живых существ. Необыкновенными по красоте и довольно загадочными являются морские животные — актинии. Но где они обитают? Каковы их внешний вид, образ жизни, размножение и развитие? Об этом мы узнаем сегодня на нашем занятии.

У актиний есть много общего и с кораллами, и с медузами, а внешне они вообще похожи на подводные растения. Они, как причудливые морские цветы, украшают дно своими разноцветными колышущимися под потоками воды телами. Другое название актиний — морские анемоны, это имя животные получили именно из-за сходства с цветками растений.

Современная систематика причисляет актиний к коралловым полипам. Более того, эти живые организмы одни из самых крупных представителей кораллов. Актинии — морские кишечнополостные животные. Как правило, они являются одиночными формами, что отличает их от большинства кораллов и многих других кишечнополостных.

● **Внешний облик и особенности внутреннего строения.** Размеры актинии удивляют: самые маленькие представители данной группы животных могут иметь миллиметровую высоту, а есть и великаны, «рост» которых доходит до одного метра и более.

Цилиндрическую часть тела кишечнополостных часто называют столбиком, стволиком или ножкой. На нижнем конце этой части тела у актинии находится «подошва», с помощью которой животное прикрепляется к твёрдым объектам на дне водоёма. У форм, обитающих на мягких грунтах (например на песке), специальных органов прикрепления не формируется. На полюсе тела, обращённом от субстрата, располагается щелевидный рот, окружённый венчиком щупалец.

Пожалуй, главной отличительной особенностью этих морских существ является необычная, часто очень интенсивная окраска. В расцветке у актиний присутствуют самые яркие тона: розовый, оранжевый, красный, белый, коричневый, зелёный, жёлтый и другие. У некоторых видов можно обнаружить целую радужную палитру на теле, поскольку туловище имеет один цвет, а щупальца окрашены контрастными оттенками.

Представители данной группы беспозвоночных лишены минерального скелета. Этим они отличаются, например, от рифообразующих кораллов. Опорную функцию у актиний берёт на себя кишечная полость, которая изолируется от окружающей среды при смыкании ротового отверстия.



Эти актинии — обитатели Белого моря

● **Распространение, места обитания.**

Распространены актинии широко. Большинство из них обитает в тропических и субтропических водах. Однако встречаются эти кишечнополостные и на территории России (в Чёрном, северных и дальневосточных морях).

Большинство актиний — сидячие организмы, фиксирующие своё тело на твёрдом морском грунте. Немногие виды отличаются роющим образом жизни в толще донных осадков.

● **Характерные черты поведения.**

Одни представители этой группы кораллов выделяют особую слизь, которая со временем затвердевает и таким образом прочно закрепляет тело животного на субстрате. Другие актинии большую часть своего тела способны закапываться в грунт и таким способом надёжно закрепляются на дне.

Актинии ведут оседлый образ жизни, но иногда могут «переезжать» на новое место жительства, когда истощаются запасы пищи там, где они находились. Одни из этих кишечнополостных, наподобие улитки, медленно перемещаются с помощью «подшвы» на своей ножке. Другие же выбрали более быстрый способ «ходьбы» — они нагибаются ко дну, цепляются ртом за него, отрывают

ножку от поверхности дна, поднимают её вверх, а затем цепляются присоской подошвы ко дну в направлении своего движения, и так далее. Третьи — падают на бок и, извиваясь, ползут. Четвертые — умеют плавать. Они машут щупальцами, как медузы. Правда, плывут они не туда, куда им захочется, а куда их несёт течение.

Некоторые актинии живут в симбиозе с раками-отшельниками или другими беспозвоночными, а также с некоторыми видами рыб (например, с рыбами-клоунами). Иногда рачок находит раковину, на которой уже сидит актиния, и поселяется в ней. В другой раз рак приближается к понравившейся ему актинии и даёт ей время привыкнуть к его присутствию. Когда это случится, рак подаёт актинии клешню. Та, отрываясь от поверхности дна, заползает на неё, а оттуда — на панцирь рака. Некоторые раки-отшельники, если позволяет «жилплощадь», селят на себе ещё нескольких актиний.

Но есть и «нахальные» актинии, которых не интересует согласие рака-отшельника. Когда им захочется «покататься», актинии



Черноморская актиния склонна к симбиозу с раком-отшельником

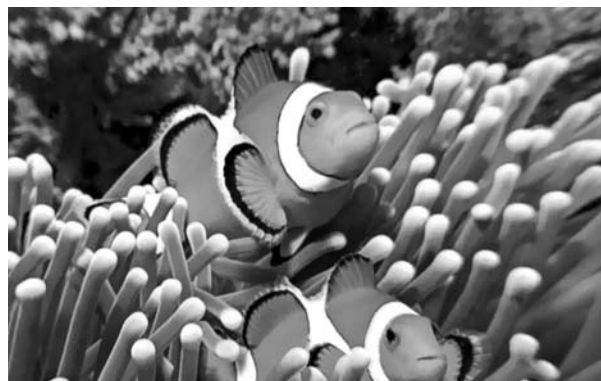
щупальцами цепляются за камень, отрывают подошву от дна и висят в таком положении до тех пор, пока мимо не проползет рак-отшельник. Когда это случается, актиния крепится своей подошвой к его панцирю.

Есть еще одни морские обитатели, с которыми у актиний сложились обоюдно полезные отношения. Называются они морскими клоунами. Эти рыбки питаются остатками пищи на щупальцах актиний и тем самым очищают их. Актинии не «жалят» клоунов своими стрекательными клетками с парализующим ядом. Есть основания полагать, что слизь, покрывающая тело клоунов, по своему химическому составу близка к слизи, покрывающей тела актиний. Вероятно, поэтому кишечнорастворимые «не стреляют» своими стрекательными клетками в клоунов, и те остаются живыми. Более того, при появлении опасных врагов рыбы-клоуны прячутся среди щупалец актиний и оказываются недосягаемыми для хищников.

Актинии — относительно примитивные животные. Но и у них есть способность защититься в случае опасности и не только с помощью стрекательных клеток. Природа наградила их способностью втягивать в себя щупальца при приближении врага. Эти животные предпочитают одиночество. Лишь



Рак-отшельник Диоген, склонный к симбиозу с черноморскими актиниями



Рыбы морские клоуны

некоторые виды актиний живут колониями. Замечено, что нередко актиния, обнаружившая вблизи себя своего собрата, старается убить его своими стрекательными клетками. Конкурентная борьба между существами, живущими на морском дне, бывает очень острой.

● **Питание.** Питаются актинии различными мелкими беспозвоночными, иногда рыбами, сперва убивая или парализуя добычу стрекательными клетками, а затем подтягивая пойманное животное ко рту с помощью щупалец. Пищей актиниям может служить и налипающий на щупальца планктон.

Щупальца, шевелясь, направляют воду ко рту. Вместе с водой в ротовую полость попадают не только пища, но и разнообразный мусор. Некоторые актинии не могут «сортировать» попавшие в рот «предметы» на съедобные и несъедобные — они все направляются в кишечную полость. Те объекты, которые не могут быть переварены, впоследствии через ротовое отверстие выбрасываются во внешнюю среду. Но есть и такие актинии, которые способны отличить «живую еду». Они обездвиживают ее своими стрекательными нитями и втягивают в себя.

● **Размножение и развитие.** Актинии могут размножаться разными способами. Почкование у них встречается редко. Чаще тело актинии делится на несколько частей.

У других видов отделяется часть подошвы, из которой впоследствии вырастает новая актиния. Способны эти животные размножаться и половым путем. Существуют особи, которые, будучи гермафродитами, выделяют и яйцеклетки, и сперму. Другие виды — раздельнополы. Половые клетки в огромных количествах выбрасываются в воду, где наступает оплодотворение. В этом случае из оплодотворенных яйцеклеток вылупляются личинки, которые затем оседают на дно и развиваются до размеров взрослых организмов.

● **Роль в природе и взаимоотношения с человеком.** Актинии являются регуляторами численности беспозвоночных и мелких позвоночных животных в природных водоёмах, а также — природным укрытием и защитником для некоторых видов рыб. Эти кишечнополостные скрывают и спасают от опасных врагов вступающих с ними в симбиоз раков-отшельников.

Искателям подводных красот следует знать, что некоторые актинии могут оставлять серьезные ожоги на коже (с помощью своих стрекательных клеток). Поэтому, как бы красивы и манящи не были эти «морские цветочки», необходимо наблюдать за ними с безопасного расстояния.

В настоящее время некоторые виды актиний часто используются как объекты аквариумного содержания, совместно с морскими клоунами. Эти попытки, если они осуществляются людьми, умеющими организовывать жизнь водных обитателей в условиях морского аквариума, нередко бывают успешными.

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ ДЛЯ УЧАЩИХСЯ

1. Какие признаки актиний (кроме наличия кишечной полости) позволяют причислить их к типу Кишечнополостные?

2. Каковы функции «подошвы», щупалец, стрекательных клеток актиний?

3. В какие цвета может быть окрашено тело актиний?

4. Почему актинии, как правило, являются очень яркими животными? Выскажите свои предположения.

5. В каких водоемах встречаются актинии?

6. Что означает словосочетание «сидячий организм»?

7. Почему все морские организмы не стали донными или, наоборот, плавающими в толще воды?

8. Какие преимущества при охоте имеет донный хищник по сравнению с активно плавающим?

9. Какие преимущества имеет плавающий хищник по сравнению с тем, который обитает на дне водоёма?

10. Какие недостатки имеют перечисленные выше способы охоты?

11. Каким образом удаётся актиниям закрепиться на дне водоёма?

12. В какой ситуации актиния пытается переместиться на другой участок дна, несмотря на то, что она является оседлым животным?

13. Какие способы могут выбрать актинии для перемещения на другой участок морского дна?

14. Какие преимущества получает актиния, вступившая в симбиоз с раком-отшельником?

15. Какие преимущества получает актиния, вступившая в симбиоз с рыбой морским клоуном?

16. В чём заключается польза для рака-отшельника и рыбы-клоуна при «содружестве» с актинией?

17. Как раку-отшельнику удаётся добыть того, чтобы обладающая стрекательными клетками актиния оказалась на раковине брюхоногого моллюска, в которой в данный

момент находится это членистоногое животное?

18. Как некоторым актиниям удаётся оказаться на раковине, в которой находится отшельник, без его помощи?

19. Почему актинии не разряжают свои стрекательные клетки в тела рыб морских клоунов? Предложите свои гипотезы, отличающиеся от той, которая изложена в данной статье.

20. Почему актиния являются преимущественно одиночными животными? Выскажите свои предположения.

21. Какие организмы относятся к планктону, который нередко служит пищей для актиний?

22. Расскажите о том, как охотится актиния.

23. Приведите примеры приспособленности актинии к среде обитания и образу жизни.

24. Почему считается, что актинии — довольно примитивные животные? Аргументируйте свою точку зрения.

25. Какие способы размножения характерны для актиний? Дайте им определения.

26. В чём заключается преимущество полового размножения?

27. В чём преимущество бесполого размножения?

28. Оплодотворение у актиний обычно происходит в окружающей их тела водной среде. Как называется такой тип оплодотворения?

29. В индивидуальном развитии актинии присутствует личинка, которая претерпевает превращение (метаморфоз). Такое развитие называется прямым или непрямым? Обоснуйте свою точку зрения.

30. Какова биологическая роль актиний в жизни дикой природы?

31. Как складываются взаимоотношения актиний с человеком?

32. Ознакомьтесь с приведенным ниже текстом. Объясните, в чем заключается

ошибочность некоторых имеющихся в нём фактов или идей, внесите необходимые исправления или уточнения.

«Как давно я мечтал об отпуске на берегу теплого моря! И вот, наконец, я здесь. Надеваю костюм подводного ныряльщика с большими ластами, с удовольствием шлёпаю к кромке воды. Вероятно, издали я похож на большую лягушку, которая пытается стать человеком. А вот и водная стихия! Постепенно погружаюсь. С интересом осматриваюсь по сторонам. Среди водных растений замечаю красивых, ярких губок, которые называются актиниями. Они почти неподвижно замерли на дне, лишь движения щупалец и маленьких глаз едва заметны. Притаились. Наверное, охотятся. Между щупальцами одной из них замечаю небольшую рыбку, которая совсем не боится стрекательных клеток актинии, часто несущих смерть другим водным обитателям. Знаю такую рыбу! Это морской клоун! А к другой актинии осторожно подбирается рак-отшельник, поместивший на себя в качестве защиты плоскую раковину двустворчатого моллюска морского гребешка. Вдруг он нежно взял актинию клешнями и посадил её на себя сверху! Точнее, на раковину моллюска, которая сама по себе является для него хорошим щитом. Но теперь у него ещё и «копья» есть — опасные для врагов стрекательные клетки актинии! Видимо, довольный тем, что получилось в итоге, отшельник на своих мягких гнущихся ножках поковылял к ближайшим зарослям водных растений и через некоторое время совсем пропал среди них. Пожелаем удачи этому водному паукообразному, да и его нынешней спутнице! Эх, столько всего вокруг интересного, но нужно подниматься к поверхности — запас воздуха в акваланге заканчивается! Прощай, морское дно! Завтра приплыву к тебе в гости снова!»

33. Сочините собственные небольшие тексты об изученных на этом занятии жи-

вотных. Включите в них как верную информацию, так и биологические ошибки. Прочитайте эти тексты своим товарищам, предложите им найти ошибки и внести необходимые исправления.

ОТВЕТЫ НА НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ И ОБРАЗЦЫ ПРАВИЛЬНО ВЫПОЛНЕННЫХ ЗАДАНИЙ

Яркая окраска тела актиний делает их незаметными на фоне многоцветного кораллового рифа. В других случаях яркая окраска может предупреждать опасного врага о том, что перед ним ядовитое животное, способное постоять за себя.

Сидячий организм закреплён на субстрате и таким образом проводит основную часть своей жизни. Сидячие формы часто бывают донным или бентосными живыми организмами.

Если бы все животные морей или океанов были только донными или только плавающими в толще воды, то в любом случае наблюдалась бы жесточайшая пищевая и иная конкуренция между ними, приводящая к их массовой гибели. Избежать такой острой конкуренции позволяет более или менее равномерное распределение живых существ в разных слоях воды, а также — по дну водоёмов. Таким образом, в океане тоже присутствует ярусность, весьма характерная и для наземных экосистем. Однако там, где ресурс это позволяет, наблюдается повышенная концентрация живых существ.

Донный хищник может затаиться и неожиданно напасть на свою жертву. Активно плавающий хищник может успешно преследовать свою потенциальную жертву и таким образом повысить шансы на успешную охоту. Кроме того, он, в случае бескормицы, может сменить место своего нахождения и

найти пищу на другой территории, в иной части водоёма.

Донный сидячий хищник может по случайности оказаться в месте, где необходимо ему корма очень мало. Поскольку возможности для передвижения у такого хищника ограничены, он в данной ситуации может погибнуть от голода. Активно плавающий в толще воды хищник должен постоянно соревноваться в скорости передвижения с потенциальными жертвами и периодически может им проигрывать. Следовательно, он тоже может погибнуть от голода. Кроме того, активное передвижение может привлечь к нему другого хищника, более крупных размеров, чем он сам. И тогда охотник становится жертвой.

Актиния, вступившая в симбиоз с раком-отшельником, получает возможность быстрее, чем ранее, перемещаться по дну водоёма. Это позволяет расселяться и попадать на территории, более богатые пищей (если повезёт, конечно). Актиния, вступившая в симбиоз с рыбой морским клоуном, доедает падающие вниз остатки его трапезы. А если морской клоун мелкий, то, вероятно, преследующая его тоже некрупная хищная рыба может стать жертвой актинии. Выгода от взаимодействия с актинией для рака-отшельника и рыбы-клоуна заключается в том, что щупальца со стрекательными клетками хорошо защищают этих животных от опасности.

Приспособленность актинии к среде обитания и определённому образу жизни достаточно очевидна. Подошва позволяет закрепиться на дне, стрекательные клетки — успешно охотиться или защититься от врага, щупальца — подтянуть к себе парализованную добычу, ротовое отверстие — проглотить её целиком, яркая окраска тела — быть незаметной на фоне пёстрого рифа, а в случае пребывания на однотонном по своему цвету дне — быть незамет-

ной. Перечень адаптаций можно было бы продолжить.

Преимущество полового размножения — в оптимальном или приемлемом для выживания в изменяющихся условиях среды генетическом разнообразии потомков (а значит — и в относительном многообразии их признаков). Преимущество бесполого размножения — в скорости, отсутствии необходимости в поиске партнёра. А его недостаток — в однообразии признаков потомков, что может не позволить им приспособиться к изменяющейся среде обитания.

Индивидуальное развитие у актиний не прямое, поскольку в нём присутствует личинка и осуществляется её метаморфоз.

В предложенном для обсуждения тексте имеются следующие ошибки и неточности:

Актинии — не губки, а кишечнополостные. Глаз они не имеют. Раки-отшельники не прикрываются раковинами двусторчатых моллюсков, а забираются в раковины брюхоногих моллюсков. У рака-отшельника не мягкие гнущиеся ножки, а жёсткие членистые конечности, покрытые хитинизированным наружным скелетом. И относится отшельник не к паукообразным, а к ракообразным.

ИНСТРУКЦИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО ИЗУЧЕНИЯ ШКОЛЬНИКОМ БИОЛОГИИ АКТИНИЙ

1. Найди в сети Интернет несколько кинофрагментов об актиниях.

2. Посмотри эти кинофрагменты. Обрати внимание на неизвестные тебе ранее биологические особенности этих животных.

3. Кратко запиши факты и идеи, которые вызвали у тебя интерес и дополнили твои биологические знания.

4. Подготовь устное или письменное сообщение о том, что тебе удалось выяснить.

Для этого составь план изложения информации в нужной логической последовательности.

5. Не забудь сформулировать выводы или подвести итоги своего маленького исследования.

6. Обсуди с учителем возможность своего выступления перед другими учащимися на уроке биологии или очередном заседании биологического кружка.

Литература

1. Актинии [Электронный ресурс]. – URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Актинии/>, свободный. (Дата обращения: 5. 01. 2022).

2. Актинии – самые красивые и необычные морские обитатели [Электронный ресурс]. – URL: <https://sozero.livejournal.com/2133802.html>. (Дата обращения: 8. 01. 2022).

3. Брем А. Жизнь животных. – М., 2003.

4. Животное актиния: места обитания, внешний вид, образ жизни [Электронный ресурс]. – URL: <https://animalreader.ru/zhivotnoe-aktiniya-mesta-obitaniya-vneshniy-vid-obraz-zhizni.html>, свободный. (Дата обращения: 8. 01. 2022).

5. МЕГАЭнциклопедия. Животные. Пер. с англ. – М., 2010.

6. Нудон К., Петерман И., Шеффель П., Шайба Б. Растения и животные: Руководство для натуралиста. – М., 1991.

7. Суматохин С.В. Чтение и понимание текста при обучении биологии // Биология в школе. – 2012. – № 6.

8. Суматохин С.В. Виды чтения при обучении биологии // Биология в школе. – 2012. – № 7.

9. Черноморская актиния: ты мне – я тебе [Электронный ресурс]. – URL: http://kimmeria.com/crimea/black_sea_31.htm, свободный (Дата обращения: 13. 01. 2022).

10. Чесунов А.В. Актинии. [Электронный ресурс]. – URL: <https://bigenc.ru/biology/text/1807980>, свободный. (Дата обращения: 7. 01. 2022).

ФЛОРА ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА РОССИИ. АГАРИКОВЫЕ ГРИБЫ

Учебно-воспитательные задачи школьного курса биологии наиболее полно реализуются на основе тесной связи классно-урочной системы обучения с кружковой работой учащихся. Кружковые занятия по биологии позволяют педагогу сформировать у школьников любовь к природе своего края, стремление и умение изучать природу своего региона. Материалы данной статьи помогут учителю при проведении этих занятий и нацелены на развитие мышления у школьников.

The educational tasks of a school biology course are most fully realized on the basis of the close connection of the class-lesson system of instruction with the students' circle work. Biology circle classes in allow the teacher to form in schoolchildren a love for the nature of their land, a desire and ability to study the nature of their region. The materials of this article will help the teacher in conducting these classes and are aimed at developing thinking in schoolchildren.

Ключевые слова:

агариковые грибы,
особенности строения,
Приморский край.

Keywords:

Agaricales, features of the
structure, Primorye Territory.

А.Н. Белов,

кандидат сельскохозяйственных наук, доцент,
e-mail: belov.an@dvfu.ru

Н.В. Репш,

кандидат биологических наук, доцент,
филиал Дальневосточного
федерального университета
в г. Уссурийске,

С.А. Берсенева,

кандидат биологических наук, доцент, проректор
по учебной работе,
Приморская государственная сельскохозяйственная академия,
e-mail: svshatal@mail.ru

В системе школьного обучения, биологический цикл дисциплин занимает особое место, вносит существенный вклад во всестороннее развитие личности, формирует у подрастающего поколения современную естественно-научную картину мира. Преподавание школьного курса биологии дает более позитивные образовательные результаты, если связывать учебный процесс с внеклассными занятиями, значение которых в общей системе обучения и воспитания сегодня возрастает.

Основной формой внеклассной работы по биологии является кружок. Кружковая работа должна вызывать интерес у учащихся, увлекать их различными видами деятельности и изучением флоры и фауны родного края.

Вопросу реализации краеведческого принципа в процессе преподавания биологии в методике, как науке, всегда уделялось повышенное внимание. Но, утверждать, что проблема решена в полном объеме, было бы неправомерно. До настоящего времени отсутствуют конкретные методические рекомендации по отбору краеведческого материала для использования его в учебном процессе (на уроках, факультативных занятиях, внеурочной, внеклассной работе) с целью повышения эффективности обучения биологии. В условиях Дальнего Востока, в том числе Приморского края, где флора и фауна существенно отличается от таковых Европейской части нашей страны, а порой неповторима и оригинальна, это особенно актуально [1, 12].

ОБЩАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ЗАНЯТИЯ

Занятие проводится с использованием метода активного обучения — работа в малых группах и направлено не только на проверку усвоения и понимания знаний, но и на осуществление разнообразной мыслительной деятельности. Учащиеся кружка заранее делятся на 3 группы по 3–4 человека. Каждой группе предоставляется информация по грибам: I группа — распространение и особенности строения агариковых грибов; II группа — размножение и развития грибов; III группа — условия произрастания агариковых грибов Приморского края. Форма изложения биологического текста по данному виду подается в научно-популярном или научно-художественном стиле. Кроме представленной учителем информации по данному виду, учащиеся могут использовать информацию из сети Интернет для раскрытия своей темы, научно-популярную литературу, а также консультацию учителя при необходимости. Как результат работы в малых группах, ученики должны подготовить доклад в сопровождении презентации.

Доклады учащихся заслушиваются на занятии кружка. Занятие начинается с того, что учитель формулирует тему, цель и задачи. Далее заслушиваются выступления учеников и обсуждается представленный материал. В конце занятия подводятся итоги, формулируются выводы. Для закрепления усвоенного материала предлагается экскурсия в лес.

ПРИМЕРНОЕ СОДЕРЖАНИЕ БИОЛОГИЧЕСКОГО ТЕКСТА ДЛЯ УЧАЩИХСЯ

Характеристика агариковых грибов. Грибы — наиболее обширная и сравнительно малоизученная группа низших растений. В настоящее время описано около 100000 различных видов грибов. Видовой состав

агариковых грибов особенно разнообразен на юге Приморского края. Для Приморья известно 802 вида агариковых грибов из 100 родов и 16 семейств, среди которых есть виды, занесенные в Красную книгу Приморского края [4, 7, 11, 13].

Грибы — эукариоты утратившие хлорофилл и, следовательно, они являются такими же гетеротрофами, как животные. Вместе с тем у них имеется жесткая клеточная стенка и они не способны передвигаться, как и растения. В силу сложившихся традиций грибы всегда относили к растениям, но в более современных системах их выделяют в отдельное царство на основе того, что они имеют черты, как растений, так и животных. К животным их приближают особенности азотного обмена, а также содержание в оболочке большинства грибов того или иного содержания хитина: от 27 % до 67 % от веса клеточной стенки. В то же время питание у грибов происходит путем всасывания (осмотическим путем), а не заглатывания пищи. Запасное питательное вещество грибов — животный крахмал (гликоген). У них имеет место неограниченный рост, свойственный растениям. Изучением грибов занимается наука микология (от греч. *mykes* — гриб) — это одно из направлений микробиологии.

Грибы весьма разнообразны по внешнему виду, размерам, местообитанию и физиологическим функциям. При значительном разнообразии отдельных представителей, тем не менее, у большинства имеются характерные общие черты организации, выражающиеся, прежде всего, в строении вегетативного тела — мицелия или грибницы.

Строение вегетативного тела. Вегетативное тело гриба состоит из массы ветвящихся трубчатых нитей, которые называются гифами. Совокупность гиф, образующих вегетативное тело гриба, — мицелий, или грибница. Гифы грибов в большинстве слу-



1



2



3

Виды агариковых грибов, занесенные в Красную книгу Приморского края:

1 — гриб мацутакэ, сосновые рога (*Tricholoma matsutake* (S. Ito et S. Imai) Singer); 2 — сиитаке, японский ароматный гриб (*Lentinula edodes* (Berk.) Pegler); 3 — ежевик гребенчатый, грибная лапша (*Hericium erinaceum* (Bull. ex Fr.) Pers.)

чаев покрыты твердой оболочкой — клеточной стенкой [6].

Размножение агариковых грибов. У грибов различают вегетативное, бесполое и половое размножение. Вегетативное размножение — частями мицелия, почкованием мицелия или отдельных клеток (дрожжи). Бесполое размножение осуществляется различными типами спор. Половой процесс у разных групп грибов происходит по типу изогамии, гетерогамии, оогамии, зигогамии, гаметангиогамии, сперматизации и соматогамии [6].

Питание агариковых грибов. Грибы — гетеротрофы, т.е. им нужны органические источники углерода. Помимо этого им нужен источник азота (обычно органический, такой, как аминокислоты), неорганические ионы (например, K^+ , Mn^{2+}), микроэлементы (Fe, Zn, Cu) и органические факторы роста (такие как витамины). В каждом случае необходим строго определенный набор питательных веществ, поэтому столь различны те субстраты, на которых можно найти грибы.

По типу питания грибы подразделяются на сапрофиты, паразиты и симбионты. *Сапрофиты* вырабатывают самые различные ферменты. Если гриб способен секретировать пищеварительные ферменты трех

основных классов, а именно карбогидразы, липазы и протеазы, он может использовать самые разнообразные субстраты. Например, виды пенецилла могут произрастать на таких разных субстратах, как почва, сырая кожа, хлеб или гниющие фрукты. *Паразиты* — в отличие от сапрофитов, извлекающих питательные вещества из отмершей органики, потребляют готовые питательные вещества, вырабатываемые другими живыми организмами.

Симбионты — грибы, участвующие в создании двух очень важных типов симбиотических отношений, а именно лишайников и микоризы. Лишайники — симбиотическая ассоциация гриба и водоросли, образующая новый тип организма, со свойствами не характерными для каждого отдельного компонента. Гриб поглощает воду и минеральные соли, а водоросль обеспечивает продуктами фотосинтеза. Микориза — это симбиотическая ассоциация грибов с корнями растений [6].

Роль агариковых грибов в экосистемах. Функционирование экосистем во многом зависит от агариковых грибов. Как гетеротрофные организмы, они тесно связаны с автотрофными растениями. Все основные циклы (углерода, азота, фосфора) проходят с их участием.

Агариковые грибы вступают в симбиоз с древесными и кустарниковыми растениями, образуя микоризу, она широко распространена в природе и является основой существования лесов практически во всех зонах умеренного климата. Более 40 % всех агариковых грибов являются микоризообразователями. Некоторые семейства, такие, как сыроежковые, болетальные (трубчатые), на 100 % являются микоризными и за пределами леса не встречаются [3].

Получая от растения-хозяина органические вещества, микоризные грибы выполняют различные функции: снабжают растения водой благодаря разветвленной системе мицелия (особенно это важно в условиях недостаточной почвенной влагообеспеченности); участвуют в обеспечении растений фосфором, кальцием, калием, переводя труднорастворимые соединения в доступные (через грибы осуществляется значительная доля круговорота фосфора в природе); защищают растения от патогенных микроорганизмов [3].

Установлено, что у древесных пород с обильно развитой микоризой значительно увеличиваются объем и поверхность хвои и листьев, усиливается рост надземных и подземных органов, возрастает устойчивость к заболеваниям.

Съедобные и ядовитые агариковые грибы. Использование грибов как пищевого продукта основано на уникальности их биохимического состава. Около 90 % плодовых тел грибов составляет вода, из остальных 10 % примерно 20–40 % приходится на белок, 18–20 % — на липиды, 17–30 % — на маннит, 20–27 % — на гемицеллюлозу, от 2 % до 36 % — на лигнин и примерно 3 % — на хитин [4].

Грибы обладают мощной ферментативной системой. Из ферментов в них обнаружены сахараза, целлюлаза, пероксидаза, амилаза и многие другие, что позволяет ис-

пользовать с успехом использовать их в пищевой и легкой промышленности. В грибах довольно много жиров и других липидов: стерина, фосфатидов, жирных кислот.

Клетки грибов содержат различные органические кислоты: фумаровую, щавелевую, яблочную, лимонную, винную, а также витамины A, B₁, B₂, D, PP и другие входящие в состав ферментов. Витамин C (аскорбиновая кислота) в отличие от растений в грибах встречается редко. Многие грибы содержат витамин B₁ (тиамин), которого особенно много в опенке летнем, лисичках, а по содержанию витамина B₂ грибы превосходят овощи и злаки. Витамин D в значительных количествах содержится в белых грибах, зеленушках, а в лисичках и рыжиках много провитамина A (каротин) [8].

Из минеральных веществ в грибах больше всего калия, фосфора, меньше натрия, кальция, железа. Калия, натрия и серы в грибах содержится не меньше, чем во фруктах. Разнообразен состав микроэлементов. В грибах обнаружены цинк, медь, марганец, иод, мышьяк. Цинка в грибах больше, чем в растениях, что связывают с быстрым ростом грибов.

Грибы — трудноперевариваемая пища, поэтому люди, страдающие заболеваниями печени, желудка, могут отравиться доброкачественными грибами, съеденными в большом количестве. Ядовитые грибы по характеру воздействия на человека могут быть разделены на три группы:

1. Грибы с локальным воздействием. Легкое отравление, сопровождаемое тошнотой, рвотой, потливостью, слабостью, болями в животе и кишечными расстройствами, связано с употреблением шампиньона желтокожего, рядовки бело-коричневой, свинушки тонкой без отваривания.

2. Грибы с резко выраженным действием на нервную систему. Оказывают на организм опьяняющее действие, часто с галлю-

цинациями, так как содержат мускарин и мускаридин (мухомор красный, пантерный, некоторые виды волоконниц, говорушка беловатая).

3. Грибы с резко выраженным плазматоксическим действием — бледная поганка, мухомор вонючий, мухомор белый, строчки. Отравление этими грибами почти всегда смертельно.

Чтобы избежать грибных отравлений, не следует собирать неизвестные грибы, а также виды, растущие вдоль дорог, вблизи промышленных предприятий, употреблять старые перезревшие плодовые тела.

Значение агариковых грибов в природе и жизни человека. Грибы вместе с гетеротрофными бактериями и некоторыми другими группами гетеротрофов выполняют в биосфере роль редуцентов. Их деятельность также необходима для существования нынешнего мира, как и активность видов-продуцентов. В процессе разложения в атмосферу выделяется углекислый газ, а азотистые соединения, минеральные вещества и т.п. возвращаются в почву, где они снова могут быть использованы растениями и животными. Установлено, что верхние 20 см плодородной почвы в среднем содержат 5 т грибов и бактерий на гектар. Большую роль играют грибы и в очистке природных и сточных вод. Сапрофитные грибы вместе с простейшими и бактериями образуют слизистые пленки, покрывающие дно водоемов и камни «загрузки фильтра» в очистных сооружениях. Некоторые одноклеточные и плесневые грибы (*Saccharomycetes*, *Mucor*) способны вызывать брожение, т.е. путем последовательных ферментативных реакций превращать углеводы в этиловый спирт и используются в производстве пива, вина, крепких спиртных напитков и хлебопечении. Ферменты других грибов (*Russula*, *Aspergillus*, *Penicillium* и т.д.) используются в производстве сыра. Дрожжевые грибы (*Candida*) культивируются как

источник кормового белка, выращиваемого на отходах лесообрабатывающей промышленности и нефти. Источником промышленного производства лимонной кислоты является *Aspergillus niger*. Многие виды грибов непосредственно являются пищей для животных и человека. Имеется ряд разработок по использованию грибов в качестве биологических мер борьбы с насекомыми вредителями сельского хозяйства и почвенными нематодами.

Большую роль играют грибы и в современной медицине. Способность плесневых грибов подавлять в культуре бактерий-конкурентов, послужила причиной выделения и использования большой группы антибактериальных лекарственных препаратов (антибиотиков). Появление первого препарата этой серии — пенициллина, произвело подлинный переворот при лечении воспалительных заболеваний и послеоперационного сепсиса. Благодаря антибиотикам смертность при полостных ранениях или травмах резко сошла на нет. Из одного почвенного гриба в 1979 г. был выделен пептид-циклоспорин, который подавляет иммунные реакции при трансплантации органов, что позволило спасти в дальнейшем многие тысячи жизней [6].

Однако как редуценты грибы часто наносят прямой ущерб человеку. Они разрушают и портят самые разнообразные органические вещества — строевую древесину, бумагу, кожу, воск, изоляцию кабеля и проводов, краску, фотопленку [10]. Человечество затрачивает громадные усилия и материальные средства на разработку всё новых и новых фунгицидных препаратов. Сапрофитные грибы поселяются на самых различных пищевых продуктах, снижая их питательную ценность и вкусовые качества или делая их вовсе не съедобными. Некоторые виды сапрофитных грибов, поселяясь на пищевых продуктах, образуют сильные яды,

некоторые из них (афлатоксины) — сильные канцерогены, действующие даже при концентрациях порядка десятиллионных долей процента [2].

Некоторые виды агариковых грибов паразитируют на коже человека и животных, на слизистых оболочках, поражают легкие. Но намного чаще, грибы поражают растения (ржавчинные, мучнисторосяе, тафрина и т.д.), вызывая значительные потери урожая сельскохозяйственных культур и строевой древесины [9].

ЭКСКУРСИЯ «МИР ГРИБОВ»

Задачи. расширить знания учащихся о грибах, их роли в природе и жизни человека, познакомить со строением и некоторыми биологическими особенностями грибов, связанные с условиями обитания, научить школьников отличать съедобные грибы от несъедобных; воспитывать бережное отношение к окружающей природе.

Оборудование: корзинка, нож с широким лезвием для выкапывания грибов или срезания их с субстрата; бумага, в которую отдельно заворачивается каждый вид гриба; коробки для сбора плодовых тел зрелых грибов; кусочки бумаги 5х6 см для этикеток; блокноты; карандаши; линейки.

Подготовка экскурсии. На уроках биологии учащиеся знакомятся с основными биологическими особенностями грибов. До экскурсии важно восстановить в их памяти основные сведения о строении, размножении, условиях обитания грибов. С этой целью мы предложим учащимся повторить соответствующий параграф учебника биологии. Лучшие места для проведения экскурсии — дубняки, вторичные березняки и кедровые леса на южных склонах.

В Приморском крае, особенно на юге, шляпочные съедобные грибы растут с первой половины мая до конца октября, т.е. почти в течение шести месяцев. Наиболь-

шее же количество грибов встречается в августе-сентябре. Поэтому срок проведения экскурсии — конец сентября (к этому сроку учащиеся после летних каникул успевают включиться в учебу).

Необходимо учесть, что массовое появление грибов в лесу зависит от погодных условий. Для их активного роста необходима достаточная влажность не только почвы, но и воздуха. Развитие плодовых тел не происходит даже после сильного дождя, если за ним следуют жаркие, солнечные дни.

Непосредственно перед экскурсией с учащимися предлагается провести беседу по следующим вопросам:

1. Какие грибы называются шляпочными?
2. Что такое грибница и плодовое тело гриба?
3. Как размножаются грибы?
4. Можно ли выращивать грибы в искусственных условиях?

Подводя итоги беседы, учитель сообщает план и задачи экскурсии, напоминает о правилах поведения, отмечает, что в лесу нельзя громко шуметь, ломать деревья и кустарники, разжигать костер, уходить далеко от группы.

Проведение экскурсии. В начале маршрута и по дороге в лес, опираясь на личный опыт школьников (многие из них принимали участие в сборе грибов), учитель рассказывает о том, что в последнее время грибные походы являются самой распространенной формой активного отдыха. Во время грибного сезона в выходные дни в окрестностях городов и крупных поселков грибников в лесу бывает больше, чем грибов. Действительно, люди издавна используют грибы как продукт питания. Сведения о них сохранились в книгах, написанных в глубокой древности. Еще в IV в. до н.э. древнегреческий ученый Теофраст в своих трудах упоминал о таких грибах, как шампиньоны, сморчки, трюфели.

ли. Из съедобных грибов самой большой популярностью у римлян пользовался цезарский гриб. Грибы (по старинному — губы) издавна считаются деликатесом русской кухни. Употребляют их в пищу солеными, вареными, маринованными, жареными, в пирогах, в соусах. Хорошо приготовленные съедобные грибы — очень вкусная, сытная и питательная пища. Грибы богаты белками, содержат значительное количество жиров и углеводов, витаминов и других ценных для организма человека веществ.

Указав, что о грибах сложено немало поговорок, пословиц и загадок, можно предложить провести конкурс на лучшего знатока (такой конкурс всегда проходит оживленно и занимает время до основной части экскурсии).

Придя на экскурсионную площадку и обнаружив шляпочный гриб, проводим беседу об особенностях его строения. Отмечаем, что в обыденной жизни грибом называют плодовое тело. Предлагаем учащимся рассмотреть его (ножку, шляпку), подчеркиваем отсутствие зеленой окраски в отличие от растений. При этом сообщаем, что грибы не способны образовывать органические вещества из неорганических путем фотосинтеза и нуждаются для своего развития в готовом органическом веществе, которое берут из почвы (разложившиеся растительные остатки, перегной). Учащиеся вспоминают, что такие грибы называют сапрофитами.

Очистив лесную подстилку, учитель демонстрирует гифы, хорошо видимые на почве в виде плесени, сообщает, что мицелий или грибница — скрытая от глаз наблюдателя часть гриба, грибы обнаруживаются только тогда, когда на грибнице появляются их плодовые тела. Располагается грибница в почве на глубине 6–12 см, при ее разрушении гибнет грибной организм, далее демонстрирует приемы сбора грибов: осто-

рожно подрезать плодовые тело ножом или открутить его, т.е. повернуть 2–3 раза вокруг оси и потянуть вверх; образовавшуюся ямку засыпать землей и слегка притоптать.

Многим учащимся приходилось слышать о так называемых «ведьминых кругах». Объясняя их происхождение учитель отмечает, что грибы равномерно растут во все стороны по радиусу, если не встречаются каких-либо препятствий. Ежегодно грибница нарастает по кругу от 10 до 20 см. В центральной части круга старый мицелий отмирает, а плодовые тела, естественно образуются по кругу. В старину появление грибов в виде такого круга приписывали «нечистой силе», «колдовству ведьм».

В блокнотах учащиеся записывают примерный план характеристики гриба: 1) высота гриба; 2) диаметр шляпки, ее форма (выпуклая, вогнутая), окраска, покрыта ли она чешуйками или голая, гладкая, нет ли в ней млечного сока, какого цвета мякоть, не изменяет ли она своей первоначальной окраски, есть ли запах, каково строение шляпки — трубчатое или пластинчатое; 3) характеристика ножки (высота и толщина, цвет, форма, наличие кольца, полая она или с мякотью); 4) место произрастания (в каком лесу, под каком деревом, на каком месте); 5) время нахождения (указывается точно дата).

Далее учащихся знакомят с разнообразием грибов. В первую очередь им показывают ядовитые грибы, подведя их к заранее обнаруженным грибам (мухомору, бледной поганке). После этого можно предложить ребятам сделать их описание. Вместе с тем следует отметить, что в Приморье обнаружено 22 вида ядовитых грибов, из которых наиболее опасные — мухоморы и рассказать о первой помощи при отравлении.

Затем учащимся предлагается разбиться на группы по 2–3 человека и обследовать окрестности с целью сбора грибов (предуп-

реждаем о ядовитости некоторых из них и мерах предосторожности). Через 20–25 мин. ребята собираются по условному сигналу и выполняют определение грибов.

Литература

1. Белов А.Н., Репи Н.В., Максименко С.И. Флора Дальнего Востока России. Дуб монгольский // Биология в школе. – 2020. – № 2. – С. 75–80.
2. Бородулин В.И., Тополянский А.В. Справочник практического врача. – М., 2007, 753 с.
3. Бурова Л.Г. Экология грибов макромицетов. – М., 1986, 222 с.
4. Васильева Л.Н. Агариковые шляпочные грибы (пор. Agaricales) Приморского края. – Л., 1973, 330 с.
5. Васильева Л.Н. Съедобные грибы Дальнего Востока. – Владивосток, 1978, 240 с.
6. Грин Н., Стаут У. Тейлор Д. Биология. – М., 1990. – Т.1, 368 с.
7. Гуков Г.В., Розломий Н.Г., Костырина Т.В. Гриб шиитаке, сиитаке (*Lentinula edodes* (Berk.) Pegler) в Приморском крае // Современные тенденции развития науки и технологий: Сборник научных трудов по материалам I Международной научно-практической конференции. – Белгород, 2015. Часть I. – С. 136–139.
8. Дудка И.А., Вассер С.П. Грибы: Справочник миколога и грибника. – Киев, 1987, 535 с.
9. Жизнь растений / Под ред. Горленко М.В. – М., 1976. – Т.2, 480 с.
10. Ньюша Ю.Т. Современные микологические аспекты проблемы биоповреждений // Эволюция и систематика грибов. – 1984. – С. 170–185.
11. Перечень объектов растительного и животного мира, занесенных в Красную книгу Приморского края. – Владивосток, 2002, 48 с.
12. Репи Н.В., Белов А.Н., Шурухина Т.Н. Факультативный курс «Удивительный мир насекомых Приморского края» как средство реализации принципа региональности в обучении // Биология в школе. – 2020. – № 3. – С. 66–73.
13. Rozlomi N.G., Gukov G.V., Ivanov V.G., Komin P.E., Kostyrina T.V. Criterion of Preservation of Shiitake Mushroom (*Lentinula Edodes* (Berk.) Pegler) In the Primorsky Krai // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences, 2016. Volume 7, Issue 1, January – February. P. 2116–2121.



ЭТО ИНТЕРЕСНО

Стремясь найти воду и питательные вещества, гифы гриба могут прорасти довольно далеко. И если, какая-то часть грибницы оказалась в неблагоприятных условиях, то те гифы, которые нашли и воду, и питательные вещества, будут снабжать весь остальной мицелий. Однако гриб помогает таким образом не только сам себе, но и почвенным бактериям, которые оказались рядом с ним. Исследователей заинтересовало, как грибы транспортируют вещества, через «бесплодные земли»: мицелий рос в лабораторных условиях на питательной среде, но в конце концов наткнулся на участок, где не было ни воды, ни глюкозы, ни соединений азота, и должен был прорасти гифами сквозь него, чтобы добраться до очередного «оазиса». Однако на бедном водой и питательными веществами участке были еще споры бактерии *Bacillus subtilis*: как многие бактерии, в неблагоприятных условиях *B. subtilis* переходит в спящее состояние, дожидаясь, пока снова не появится вода и все прочее. Стоило только грибным гифам прорасти через обезвоженную зону, как бактериальные споры просыпались, и бактерии начинали размножаться. Пометив воду, глюкозу и азотистые соединения особыми изотопами, ученые обнаружили, что все эти вещества, которые гриб качал из богатой среды, оказывались в бактериях. То есть грибы делились тем, что нашли, с другими микробами, улучшая среду вокруг себя.



ИЛЛЮСТРАЦИИ К СТАТЬЕ БЕЛОВА А.Н., РЕПШ Н.В., БЕРСЕНЕВОЙ С.А. «ФЛОРА ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА РОССИИ. АГАРИКОВЫЕ ГРИБЫ»



Агариковые, или Пластинчатые — грибы отдела базидиомицетов, к которому относится большинство видов грибов, употребляемых человеком в пищу. Видовой состав агариковых грибов особенно разнообразен на юге Приморского края. Для Приморья известно 802 вида агариковых грибов из 100 родов и 16 семейств.



Печёночница обыкновенная



Щелелистник обыкновенный



Рогатик жёлтый



Паутинник фиолетовый занесён в Красную книгу России

Среди агариковых встречаются грибы с резко выраженным токсическим действием — бледная поганка, мухомор вонючий, мухомор белый, строчки и т.д. Они содержат яды: фаллоидин, фаллоин, фаллоцин, аманитины.



Строчок



Бледная поганка



Мухомор красный



Говорушка белёсая

Некоторые агариковые грибы могут действовать на нервную систему, вызывая галлюцинации, поскольку содержат мускарин и мускаридин (мухомор красный, пантерный, некоторые виды волоконниц, говорушка беловатая и т.д.).

Подписывайтесь на журнал «БИОЛОГИЯ В ШКОЛЕ»!

Издается с 1927 года. Входит в перечень ВАК

Статьям журнала присваивается DOI



ОФОРМЛЯЙТЕ ПОДПИСКУ НЕ ВЫХОДЯ ИЗ ДОМА

на сайте
podpiska.pochta.ru

в мобильном приложении
Почты России

через почтальона

**Журнал
«БИОЛОГИЯ
В ШКОЛЕ»**

Подписной индекс
П1569

Оформляйте подписку на ПЕЧАТНЫЕ ЖУРНАЛЫ издательства «Школьная Пресса»:

○ В любом почтовом отделении по каталогу **«Подписные издания. Почта России»**

○ На сайте «Почта России»:

<https://podpiska.pochta.ru/publisher/349226>

Открыть ссылку приложением «Камера»



○ Урал-Пресс: <http://www.ural-press.ru>

○ На сайте издательства **SCHOOLPRESS.RU**

Оформляйте подписку на ЭЛЕКТРОННЫЕ ВЕРСИИ ПЕЧАТНЫХ ЖУРНАЛОВ:

○ Вы можете подписаться на наши журналы через электронно-библиотечные системы:

• Ивис - ivis.ru • Руконт - rucont.ru • БиблиоШкола – biblioclub.ru • Знаниум – znanium.com

○ Подписка на электронные версии печатных журналов оформляется на сайте schoolpress.ru **СКИДКА 500 РУБ. С КАЖДОГО НОМЕРА!**

Электронная версия позволяет: получать журнал быстрее, экономить средства за подписку и доставку.

Доставка журнала: pdf-файл – на e-mail подписчика.

Открыть ссылку
приложением
«Камера»



ВНИМАНИЕ! Вы можете купить отдельную статью и любой номер журнала (в т.ч. за прошедшие годы) в электронном виде на сайте www.schoolpress.ru

Тел.: +7(495) 619-52-87, 619-83-80. E-mail: periodika@schoolpress.ru

ISSN 0320-9660



ISSN 0320-9660. Биология в школе, 2022, № 4, 1–80