

Бутвиловский В.Э., Григорович В.В., Бутвиловский А.В., Толстой В.А.
**ОБУЧЕНИЕ РЕШЕНИЮ ЗАДАЧ ПО МОЛЕКУЛЯРНОЙ БИОЛОГИИ НА
ФАКУЛЬТЕТЕ ПРОФОРИЕНТАЦИИ И ДОВУЗОВСКОЙ ПОДГОТОВКИ
УЧРЕЖДЕНИЯ ОБРАЗОВАНИЯ «БЕЛОРУССКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ МЕДИЦИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**
*Белорусский государственный медицинский университет
Минск, Беларусь*

Аннотация. В статье обсуждаются вопросы методологии обучения решению задач по молекулярной биологии слушателей факультета профориентации и довузовской подготовки учреждения образования «Белорусский государственный медицинский университет». Рассматриваются ошибки и на примерах разбираются последовательности решения.

Ключевые слова: нуклеиновые кислоты, генетический код, транскрипция, трансляция, энергетический обмен.

Butvilovsky V.E., Grigorovich V.V., Butvilovsky A.V., Tolstoy V.A.
**TRAINING IN SOLVING TASKS IN MOLECULAR BIOLOGY AT THE
FACULTY OF CAREER GUIDANCE AND PRE-UNIVERSITY TRAINING
OF THE EDUCATIONAL INSTITUTION "BELARUSIAN STATE MEDICAL
UNIVERSITY"**
*Belarusian State Medical University
Minsk, Belarus*

Abstract. Authors discuss the methodology of solving problems in molecular biology by the students of the Faculty of Career Guidance and Pre-university Training of the educational institution “Belarusian State Medical University”. Typical mistakes and the solutions with examples are analyzed.

Keywords: nucleic acids, genetic code, transcription, translation, energy exchange.

В программе вступительных испытаний по учебному предмету «Биология» представлен раздел «Цитология», где помимо теоретических вопросов есть целый блок задач по молекулярной биологии, а именно:

- Химические компоненты живых организмов.
- Репликация ДНК.
- Энергетический и пластический обмен.

Одна из задач преподавателей кафедры биологии научить слушателей дневного, заочного и вечернего подготовительного отделения, а также иностранных учащихся правильно решать указанные в программе задачи [1]. К сожалению, отечественные и иностранные абитуриенты имеют недостаточный уровень знаний по предмету, не проходят должного отбора при зачислении для обучения. Большинство обучающихся на подготовительном отделении иностранных учащихся — это граждане Ирана, граждане арабских стран,

Нигерии. Уровень подготовки слушателей весьма неоднороден и, в первую очередь, зависит от дисциплин, изучаемых ими до приезда в Республику Беларусь. Как правило, наиболее эффективно учебным материалом овладевают те слушатели, которые изучали биологию на углубленном уровне у себя на родине, либо получавшие образование, связанное с ее изучением [2].

В этой статье мы рассмотрим некоторые методические приемы, которые должны использоваться при решении задач с примерами их решения [3].

Для решения задач по молекулярной биологии необходимо владеть следующими биологическими понятиями: виды нуклеиновых кислот, строение ДНК, репликация ДНК, функции ДНК, строение и функции РНК, генетический код, свойства генетического кода, мутация, гликолиз, аэробный процесс.

Для успешного решения задач по молекулярной биологии следует использовать методические приемы, которые приводятся ниже.

Большинство ошибок, допускаемых слушателями подготовительного отделения, связано с невыполнением простых правил, которые они должны знать из курса цитологии. Кроме этого, необходимо внимательно изучить условие задачи — даже те слушатели, которые хорошо знают теорию и умеют решать задачи, часто допускают грубые ошибки, причинами которых является невнимательное или неправильное прочтение условия.

Разберем типичные ошибки и правила решения задач на примерах.

Типичными ошибками при решении задач на качественный и количественный состав ДНК является незнание правил Чаргаффа и принципа комплементарности азотистых оснований нуклеотидов. Также запрет использования калькулятора на централизованном тестировании значительно осложняет процесс математической обработки результатов решения задач.

Задача 1. В молекуле ДНК нуклеотидов с тиминем 22%. Определите процентное содержание нуклеотидов: А, Г, Ц в этой молекуле.

Решение 1:

1. По правилу Чаргаффа $A + G = T + C$, сумма всех нуклеотидов в ДНК составляют 100%.

2. Так как тимин комплементарен аденину, то и $A = 22\%$.

3. Сумма аденин-тимин: $22 + 22 = 44\%$ ($A + T$)

4. На остальные нуклеотиды приходится: $100 - 44 = 56\%$ ($G + C$)

5. Так как гуанин комплементарен цитозину, то их количество тоже равно, поэтому $56 : 2 = 28\%$ (G, C)

Решение 2 (проверочный вариант решения 1):

1. Сумма пуриновых оснований (нуклеотидов) равна сумме пиримидиновых (по 50 %).

2. Следовательно $T + C = 50\%$ ($C = 28\%$),

3. Следовательно $A + G = 50\%$ ($G = 28\%$),

Ответ: $A = 22\%$, $G = 28\%$, $C = 28\%$

Основными ошибками при решении задач на реализацию генетической информации является незнание последовательности процесса и свойств генетического кода.

Задача 2. Участок молекулы и-РНК имеет следующее строение: ЦГГЦГЦУЦААААУЦГУГА... Посчитайте количество водородных связей в молекуле ДНК, которая является матрицей для синтеза данной и-РНК.

Решение.

Для удобства, используем табличную форму записи решения.

По принципу комплементарности (аденину РНК соответствует тимин ДНК, урацилу РНК — аденин ДНК, гуанину РНК — цитозин ДНК, цитозину РНК — гуанин ДНК) строим цепочку ДНК:

ЦГГЦГЦУЦААААУЦГУГА	и-РНК	обратная транскрипция
ГЦЦГЦГАГТТТТАГЦАЦТ	цепочка ДНК	

Строим вторую цепочку ДНК по принципу комплементарности (А=Т; Г=Ц)

ГЦЦГЦГАГТТТТ АГЦАЦТ	цепочка ДНК	репликация
ЦГГЦГЦТЦААААТЦГТГА	вторая цепочка ДНК	

Учитывая то, что между аденином и тимином образуются 2 водородные связи (а таких пар — 8), а между цитозином и гуанином — 3 водородные связи (а таких пар — 10), общее количество водородных связей в ДНК: $16 + 30 = 46$.

Задача 3. Одна из цепей молекулы ДНК имеет следующий порядок нуклеотидов: ААГГЦТЦТАГГТАЦЦАГТ.

1. Определите последовательность нуклеотидов в комплементарной цепи.
2. Определите последовательность кодонов и-РНК, синтезированной на комплементарной цепи.
3. Определите последовательность аминокислот в полипептиде, закодированном в комплементарной цепи.

Решение.

1. Согласно принципу комплементарности азотистых оснований в молекуле ДНК (А — Т, Ц — Г), строим вторую цепочку молекулы:

ААГГЦТЦТАГГТАЦЦАГТ	первая цепочка ДНК	репликация
ТТЦЦГАГАТЦЦАТГГТЦА	вторая цепочка ДНК	

2. Согласно принципу комплементарности азотистых оснований молекул ДНК и РНК (А — У, Ц — Г), строим молекулу и-РНК:

ТТЦЦГАГАТЦЦАТГГТЦА	вторая цепочка ДНК	транскрипция
ААГГЦУЦУАГГУАЦЦАГУ	молекула и-РНК	

3. Разбиваем цепочку и-РНК на триплеты, затем по таблице генетического года определяем последовательность аминокислот полипептида:

ААГ ГЦУ ЦУА ГГУ АЦЦ АГУ	триплеты и-РНК	трансляция
лиз– ала– лей– гли – тре – сер	полипептид	

Определенные трудности вызывают задачи на свойства генетического кода (триплетность и вырожденность).

Задача 4. Участок молекулы белка имеет следующую последовательность аминокислот: сер—лиз—гис—вал. Сколько возможных вариантов строения фрагмента молекулы ДНК может кодировать этот полипептид?

Решение.

1. По таблице генетического кода находим, сколько раз встречается каждая аминокислота (свойство вырожденности генетического кода): серин — 6, лизин —

2, гистидин — 2, валин — 4.

2. Вычисляем число возможных вариантов строения фрагмента молекулы ДНК, кодирующей этот полипептид: $6 \times 2 \times 2 \times 4 = 96$

Задача 5. Нуклеиновая кислота фага имеет молекулярную массу порядка 10^7 . Сколько, примерно, белков закодировано в ней, если принять, что типичный белок состоит в среднем из 400 мономеров, а молекулярная масса нуклеотида около 300?

Решение. Белок из 400 мономеров кодируется последовательностью из 1200 нуклеотидов (по 3 нуклеотида на каждую аминокислоту).

Молекулярная масса такой цепочки равна $300 \times 1200 = 360000$.

Молекула нуклеиновой кислоты с молекулярной массой 10^7 может содержать приблизительно 28 генов ($10^7 : 3,6 \times 10^5$), т. е. именно такое количество различных белков может быть закодировано в ней.

Задача № 6. Белок состоит из 200 аминокислот. Какую длину имеет определяющий его ген, если расстояние между нуклеотидами в спирализованной молекуле ДНК (измеренное вдоль оси спирали) составляет $3,4 \times 10^{-10}$ м?

Решение.

1. Для решения задачи необходимо вспомнить свойство генетического кода — триплетность.

2. 200 аминокислот будет кодировать 600 нуклеотидов.

3. Между 600 нуклеотидами — 599 расстояний, поэтому 599 умножаем на $3,4 \times 10^{-10}$ м и получаем $2036,4 \times 10^{-10}$ м

Задача № 7. Участок гена имеет следующее строение: ЦГГ ЦГЦ ТЦА ААА ТЦГ ... Укажите строение соответствующего участка белка, информация о котором содержится в данном гене. Как отразится на строении белка удаление из гена 4-го нуклеотида?

Решение.

Используя принцип комплементарности и таблицу генетического кода, получаем:

Цепь ДНК	ЦГГ	ЦГЦ	ТЦА	ААА	ТЦГ
и-РНК	ГЦЦ	ГЦГ	АГУ	УУУ	АГЦ
Аминокислоты цепи белка	Ала	Ала	Сер	Фен	Сер

При удалении из гена четвертого нуклеотида — Ц произойдут заметные изменения — уменьшится количество и состав аминокислот в белке:

Цепь ДНК	ЦГГ	ГЦТ	ЦАА	ААТ	ЦГ
и-РНК	ГЦЦ	ЦГА	ГУУ	УУА	ГЦ
Аминокислоты цепи белка	Ала	Арг	Вал	Лей	

При решении задач на особенности энергетического обмена обычно слушатели подготовительного отделения и иностранные учащиеся неоднозначно представляют особенности запасаения энергии в виде АТФ и рассеивания энергии в процессе жизнедеятельности организма, а также имеют проблемы в математических расчетах.

Задача 8. При беге со средней скоростью за 1 мин мышцы ног расходуют примерно 24 кДж энергии. Определите, сколько граммов глюкозы израсходуют мышцы ног за 20 мин бега (в случае полного окисления молекулы глюкозы)?

Решение.

1. 1 моль глюкозы ($C_6H_{12}O_6$) весит 180 г.

2. При полном окислении 1 моля глюкозы образуется 38 молекул АТФ (энергия, которая пойдет на сокращение мышц) или $38 \times 40 = 1520$ кДж; остальная энергия — 1280 кДж, рассеивается в виде тепла.

3. За 20 мин бега расходуется 480 кДж энергии ($24 \times 20 = 480$).

4. Составляем пропорцию:

180 г — 1520 кДж

X г — 480 кДж X = 56,8 г.

Ответ: 56,8 г глюкозы.

Методология решения задач по молекулярной биологии, используемая в процессе преподавания предмета «Биология» на подготовительном отделении учреждения образования «Белорусский государственный медицинский университет», отражена в следующих учебно-методических изданиях:

1. Бутвиловский В.Э., Давыдов В.В., Заяц Р.Г., Рачковская И В. Биология для подготовительного отделения: сборник задач. – 3-е изд., испр. – Минск : БГМУ, 2014. – 122 с.

2. Основы биологии. Практические задания: учебное пособие / Е.В. Чаплинская, В.Э. Бутвиловский, Л.М. Сычик, Е.И. Карасева, Н.И. Мезен – Минск: БГМУ – 2020. – 154 с.

3. Заяц, Р.Г. Биология: сб. задач для абитуриентов / Р.Г. Заяц, В.Э. Бутвиловский, В.В. Давыдов. – 2-е изд. – Минск : Выш. шк., 2020. – 144 с.

Литература

1. Бутвиловский В.Э., Бутвиловский А.В., Чаплинская Е.В., Черноус Е.А., Якимова Е.Ф. Возможности повышения качества преподавания биологии на подготовительном отделении Белорусского государственного медицинского университета // Университетское образование: опыт тысячелетия, проблемы, перспективы развития: тезисы докладов II Международного конгресса, 14–16 мая 2008 г.: в 2 т. Т.1 / отв. ред. Р.С. Пионова. – Минск: МГЛУ, 2008. – С. 134–136.

2. Бутвиловский В.Э., Романова Т.Г., Бутвиловский А.В., Семененя Н.А. Достижения и проблемы преподавания биологии на подготовительном отделении УО БГМУ, варианты их решения. // Актуальные проблемы довузовской подготовки: материалы III-й науч.-метод. конф. преподавателей факультета профориентации и довузовской подготовки / под. ред. А.Р. Аветисова. – Минск: БГМУ, 2019. – С. 47–50.

3. Григорович В.В., Толстой В.А., Бутвиловский В.Э. Использование электронного учебно-методического комплекса для преподавания дисциплины «Биология» на подготовительном отделении БГМУ // Актуальные проблемы довузовской подготовки: материалы V международной научно-методической конференции, посвященной 100-летию Белорусского государственного

Актуальные проблемы довузовской подготовки, Минск, 27 мая 2022 г.

медицинского университета, Минск, 18 мая 2021 г. / под. ред. Н.К. Альховика –
Минск: БГМУ, 2021. – С. 51–54.