



*Теоретический тур, 6-я IJSO, Баку, Азербайджанская республика
6 декабря, 2009*

Внимательно прочитайте следующие инструкции:

1. На выполнение задания отводится 3 (три) часа.
2. В задании три задачи. Убедитесь, что вам выдали полный комплект теоретических задач и листов для ответов.
3. Используйте только выданную вам ручку.
4. Напишите латинскими буквами свои имя и фамилию, код участника, страну и поставьте подпись на первом листе ответов. Напишите свою фамилию и код на всех остальных листах ответов.
5. Внимательно прочитайте условия каждой из задач и запишите ваши результаты на листы для ответов.
6. Участникам олимпиады запрещается приносить с собой какое-либо оборудование. После окончания тура все листы с условиями задач и листы ответов должны остаться аккуратно сложенными на вашем столе.
7. Правила оценивания: в соответствии с баллами, указанными в заданиях.



Правила проведения теоретического тура

1. Все участники олимпиады должны прибыть к комнате для проведения теоретического тура не позднее, чем за 10 минут до его начала.
2. Участникам олимпиады запрещается приносить с собой что-либо, кроме личных медикаментов или другого личного медицинского оборудования.
3. Каждый из участников олимпиады занимает предназначенное для него место.
4. Перед началом тура каждый участник олимпиады должен убедиться, что на столе лежат ручка, линейка, калькулятор, которыми его обеспечивают организаторы.
5. Каждый участник олимпиады должен проверить количество листов с заданиями и листов для ответов. Если вы не обнаружили какого-то листа, поднимите руку. Тур начинается по звонку.
6. В ходе испытания участнику олимпиады запрещается покидать помещение, за исключением чрезвычайных ситуаций. Если последнее происходит, то покидать комнату можно только в сопровождении дежурного.
7. Участникам олимпиады не разрешается беспокоить других участников и нарушать ход работы над заданием. В случае если ему необходима помощь, участник может поднять руку и ближайший дежурный придет на помощь.
8. Не допускается никаких вопросов или дискуссий по заданиям. Участник олимпиады должен оставаться за своим столом до окончания времени, отведенного на тур, даже если он закончил работу раньше или не хочет ее продолжать.
9. По окончании времени, отведенного на тур, прозвучит звонок. Участникам олимпиады не разрешается писать что-либо на листах ответов после окончания тура. Все участники олимпиады должны тихо покинуть комнату. Листы с заданиями и ответами должны быть аккуратно сложены на своем столе.



Задача I: Добыча нефти

Азербайджан – «Страна огня», известен своими запасами нефти. Ее добыча – многостадийный процесс. На начальном этапе с помощью геологических изысканий исследуется структура месторождения. Потом, в соответствии с внутренним строением месторождения, определяется количество требуемых скважин, их положение и глубина. Скважины должны буриться таким образом, чтобы как можно больше нефти вышло на поверхность самотеком за счет естественного давления внутри месторождения. Когда давление падает, то добыче нефти из остальных скважин способствует закачка воды через одну из них внутрь месторождения.

На полуострове Апшерон структура месторождения такова, что для того, чтобы продавить 1 м^3 нефти через скважину, тратится энергия $E_{\text{water}} = 100 \text{ Дж}$ на каждый закачанный внутрь месторождения кубометр воды. Поскольку этот процесс требует дополнительных затрат, стоимость нефти возрастает, и коэффициент прибыльности добычи (КПрД) на данном месторождении уменьшается. КПрД определяется как отношение энергии, полученной из извлеченных нефти и газа, к энергии, затраченной на их извлечение из месторождения.

Удельная полученная энергия EE для сорта нефти «Азери легкая» $EE_0 = 45 \frac{\text{МДж}}{\text{кг}}$, а для газа

$$EE_g = 48 \frac{\text{МДж}}{\text{кг}}.$$

Геологическая структура месторождения, полученная в результате исследований, приведена на рис. I – 2. Нефть и газ находятся внутри месторождения, имеющего форму шара. Начальное давление газа внутри равно давлению, которое оказывает грунт, находящийся между поверхностью земли и верхней границей месторождения. График зависимости энергии, затраченной на бурение каждого метра шахты, от глубины скважины дан на рис. I – 3. Ответьте на следующие вопросы, относящиеся к положению и глубине скважин.

Полезная информация:

Вам нужно знать следующую информацию относительно бурения скважин:

- скважины бурятся только вертикально;
- если шахта дойдет до полости с газом, газ выйдет наружу через шахту;
- трубы не могут быть проложены внутри полости с нефтью или газом.

Плотность воды – $1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$.

Плотность нефти (сорт «Азери легкая») – $800 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$. Нефть несжимаема.

Объем шара – $\frac{4}{3} \pi r^3$; примите $\pi = 3$.

Объем шарового сегмента – $\frac{1}{3} \pi h^2 (3r - h)$, где h – высота сегмента.

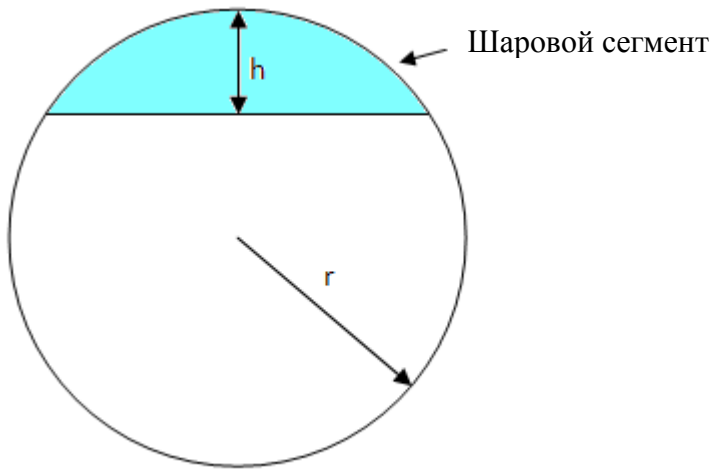


Рис. I – 1.

Уравнение состояния идеального газа $PV = \frac{m}{\mu} RT$, где R - газовая постоянная.

Примите $R = 8 \frac{\text{Дж}}{\text{К} \times \text{моль}}$; P - давление газа; V - объем газа; m - масса газа; μ - молярная масса

газа (молярная масса природного газа равна $0,016 \frac{\text{кг}}{\text{моль}}$); T - температура газа.

Примите, что во всех процессах температура равна **300 К**.

Плотность грунта – $3000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$.

Атмосферное давление не учитывайте. Примите $g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$.

Диаметр d пробуренной скважины пренебрежимо мал.

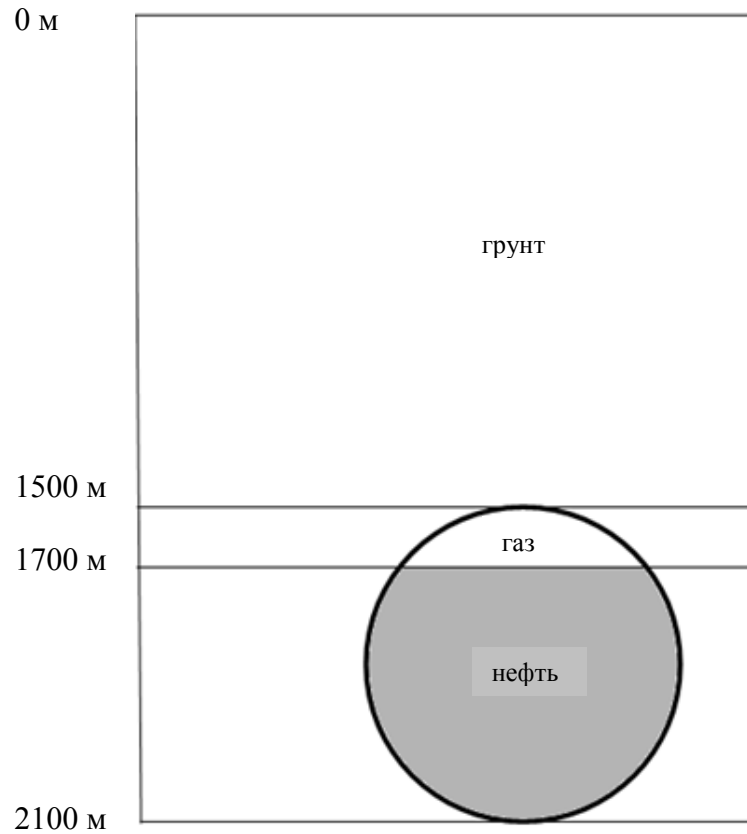


Рис. I – 2.

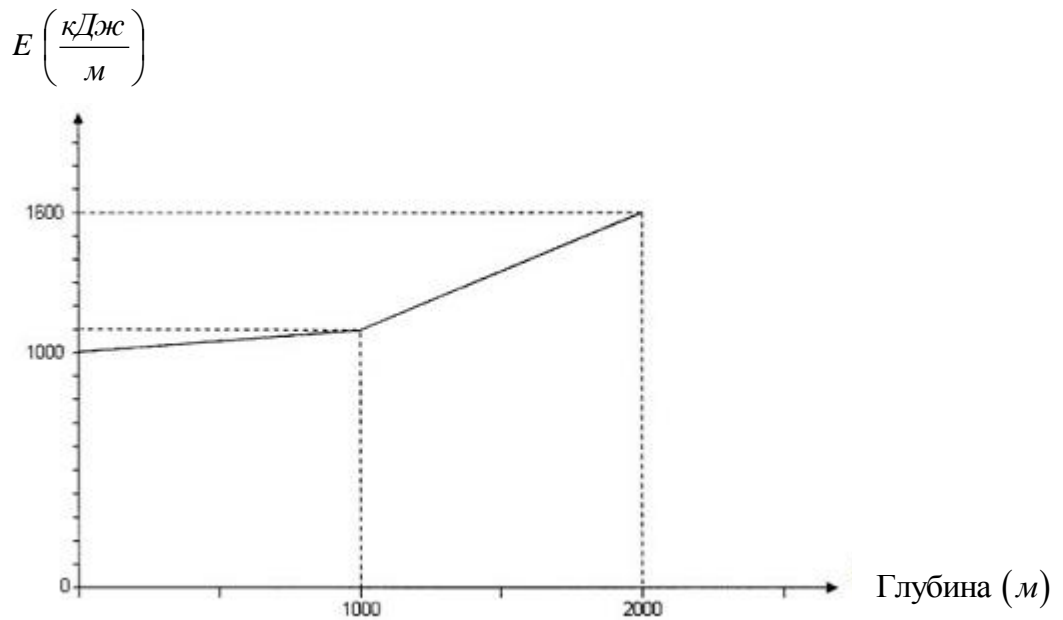


Рис. I – 3.

I – 1 (1.0 балл)

Чему равно начальное давление газа в месторождении?

I – 2 (1.0 балл)

Вычислите массы нефти и газа внутри месторождения.



*Теоретический тур, 6-я IJSO, Баку, Азербайджанская республика
6 декабря, 2009*

I – 3 (1.0 балл)

Где должна быть пробурена скважина, чтобы максимальное количество нефти вышло на поверхность самотеком из-за давления газа внутри месторождения? Изобразите положение скважины на рисунке в вашем листе ответов. Обоснуйте ваш выбор с помощью расчетов.

I – 4 (0.5 балла)

Какое максимальное количество (масса) нефти будет получено самотеком?

I – 5 (2.0 балла)

Найдите КПрД для метода выхода нефти на поверхность самотеком.

I – 6 (1.0 балл)

После окончания процесса выхода нефти самотеком требуется пробурить дополнительную скважину для того, чтобы извлечь оставшиеся в месторождении нефть и газ. Изобразите положение дополнительной скважины на рисунке в вашем листе ответов. Уже существующая скважина может использоваться для закачки воды внутрь месторождения.

I – 7 (1.5 балла)

Оцените энергию, затраченную на закачку воды в скважину для того, чтобы извлечь все оставшиеся в месторождении нефть и газ.

I – 8 (2.0 балла)

Для описанной выше стратегии добычи рассчитайте суммарный КПрД для данного месторождения.

Задача II: Коррозия металла

В предыдущей задаче были обсуждены проблемы нефтяной промышленности, связанные с добычей нефти. Для безопасной работы необходимо обеспечить целостность используемого оборудования. В противном случае возможны аварийные ситуации, которые могут привести к чрезвычайным ситуациям или нанести вред человеку или окружающей среде. Коррозия (окисление металла) металлического оборудования (трубопроводов, резервуаров, сосудов и насосов) - основная проблема обеспечения целостности оборудования. Коррозия, вызванная бактериями (бактерии, восстанавливающие сульфаты - SRB), широко распространена в водоемах и называется микробиологической коррозией. SRB вызывают коррозию в анаэробных условиях. Микробиологическая коррозия стали, основным компонентом которой является железо, происходит в соответствии со следующими реакциями:



На предприятиях нефтяной промышленности для бактериального и химического анализа берут образцы (в анаэробных условиях) для исследования процессов микробиологической коррозии. Для того чтобы контролировать процесс микробиологической коррозии на месторождении нефти Азери-Чираг-Гюнешли, расположенном в Каспийском море, были взяты две пробы воды рядом с двумя различными нефтяными платформами: первый образец с платформы Азери и второй с платформы Чираг. Было установлено, что содержание FeS в пробах с Азери и Чираг составляет 45 мг/л и 55 мг/л , соответственно.

Были проведены два эксперимента с использованием этих проб. В первом эксперименте 40 мл из первой пробы (Азери) и 60 мл из второй (Чираг) смешали в сосуде, содержащем железный гвоздь массой 2 г . Смесь в сосуде находилась в анаэробных условиях, благоприятных для бактериального роста. Со временем в сосуде начал образовываться чёрный осадок, и через 30 дней масса осадка составила $0,1936 \text{ г}$. Во втором эксперименте смешали 60 мл из первой пробы (Азери) и 40 мл из второй (Чираг) и выдерживали при тех же условиях. В этом случае через 30 дней масса осадка составила $0,1584 \text{ г}$.

В процессе эксперимента контролировалось количество осадка, и были получены графики зависимости содержания осадка от времени (см. рис. II – 1). С увеличением массы чёрного осадка во время экспериментов также увеличивалась концентрация клеток SRB. Графики, показанные на рисунке II - 2, описывают рост клеток SRB в двух сосудах со смесями проб с платформ.

(Относительные атомные массы $Fe = 56$, $S = 32$)

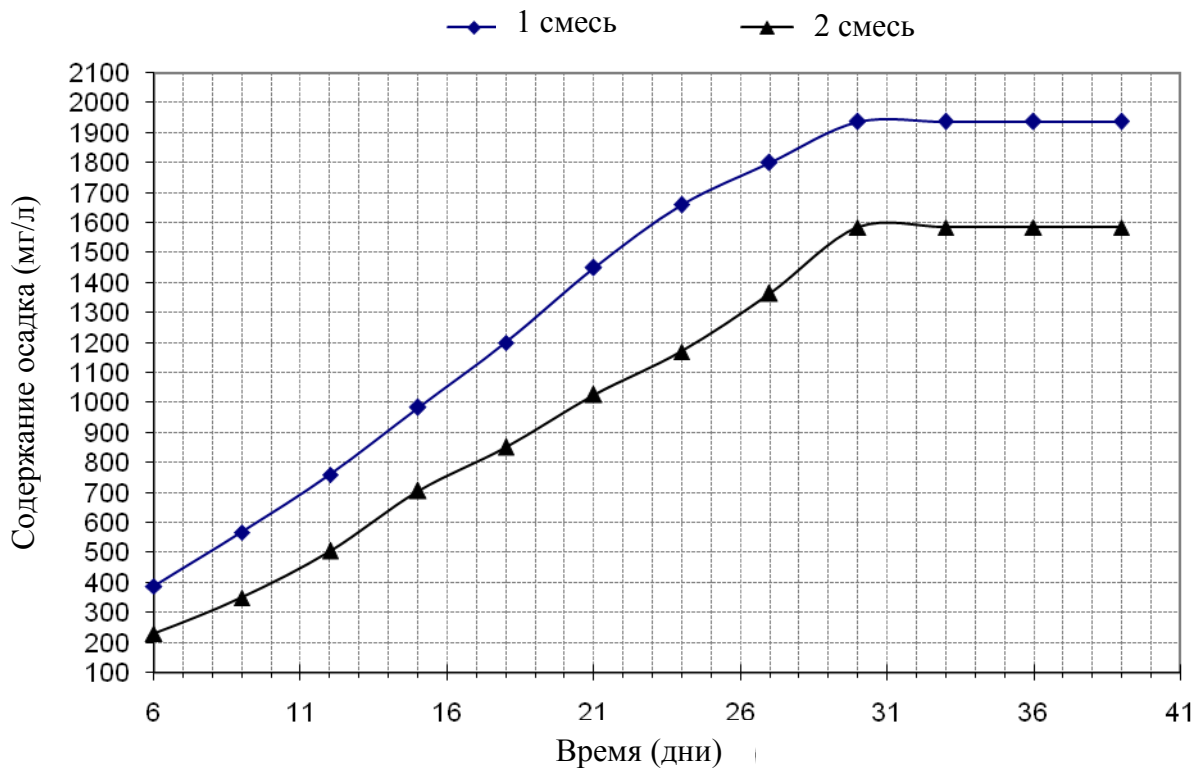


Рис. II – 1

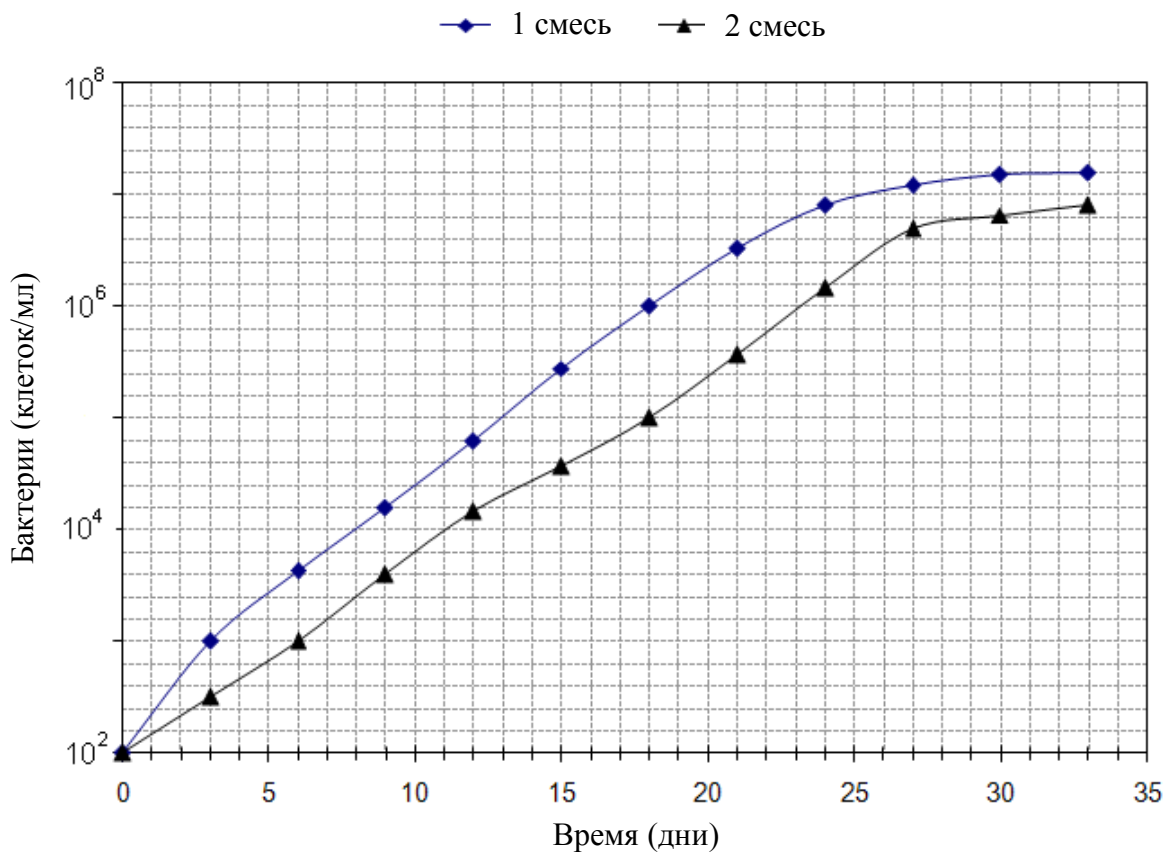


Рис. II – 2.



Теоретический тур, 6-я IJSO, Баку, Азербайджанская республика
6 декабря, 2009

II - 1 (0.4 балла)

Запишите полное уравнение окислительно-восстановительной реакции для железа, вызываемой бактериями SRB.

II - 2 (1.1 балла)

Определите содержание (мг/л) FeS в первой и второй смесях в начальный момент времени ($t = 0$, как только пробы были смешаны), до того, как начались окислительно-восстановительные реакции.

II - 3 (0.3 балла)

Запишите формулу осадка, образовавшегося в сосудах во время эксперимента.

II - 4 (1.2 балл)

Определите концентрацию (моль/л) H_2SO_4 в первой и второй смесях в начальный момент времени ($t = 0$, как только пробы были смешаны) до того, как начались окислительно-восстановительные реакции.

II - 5 (2.0 балла)

Определите концентрацию (моль/л) H_2SO_4 в пробах, взятых рядом с платформами Азери и Чираг, предполагая, что H_2SO_4 в смеси полностью израсходовалась за 30 дней.

II - 6 (1.0 балл)

Вычислите, сколько процентов массы железного гвоздя окислилось в результате коррозии в каждой смеси.

II - 7 (0.8 балла)

Вычислите среднюю скорость коррозии гвоздя (мг/год) (год равен 365 дням) в каждой смеси, основываясь на данных за 30 дней.

Скорость коррозии = потеря массы металла/время.

II - 8 (0.5 балла)

Почему на рис. II – 1 концентрация черного осадка не меняется после 30 дней?

Выберите правильный вариант и запишите его на листе ответов.

- Железный гвоздь и H_2SO_4 были в избытке.
- FeS является ингибитором реакции коррозии.
- Израсходовалась H_2SO_4 .
- Железный гвоздь полностью прореагировал.

II - 9 (2.2 балла)

Используйте графики (рис. II - 1 и II - 2) для определения концентрации бактериальных клеток (клетки/мл) в обеих смесях и концентрации осадка (мг/л) во второй смеси, в момент, когда масса черного осадка в первой смеси стала равной 0,12 г.



*Теоретический тур, 6-я IJSO, Баку, Азербайджанская республика
6 декабря, 2009*

II - 10 (0.5 балла)

Как изменится масса образующегося чёрного осадка в конце 30-дневного периода, если использовать железный гвоздь массой не 2 г, а 10 г? Выберите один из ответов ниже:

- a) увеличится в 5 раз; b) уменьшится в 5 раз; c) не изменится;
d) увеличится в 2 раза; e) уменьшится в 2 раза.

Задача III: Эмбриональное развитие человека

Процесс эмбрионального развития человека начинается с того, что в маточной трубе происходит оплодотворение, и зигота начинает делиться. Третье деление завершается приблизительно спустя 72 часа после оплодотворения. На этом этапе происходит процесс, который называется *сжатие*. Через 7 дней после оплодотворения эмбрион состоит более чем из 100 клеток, окружающих **центральную полость (1)**. Эмбрион на этой стадии называется **бластоцист**.

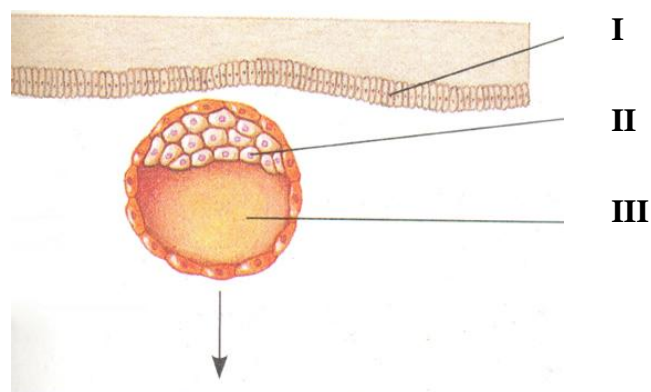


Рис. III – 1.

Внутренняя клеточная масса (2) бластоциста формирует плоский диск, верхний слой которого называется **эпибласт (3)**, а нижний – **гипобласт (4)**. Наружный слой эпителия, окружающий полость бластоциста, называется **трофобласт (5)**.

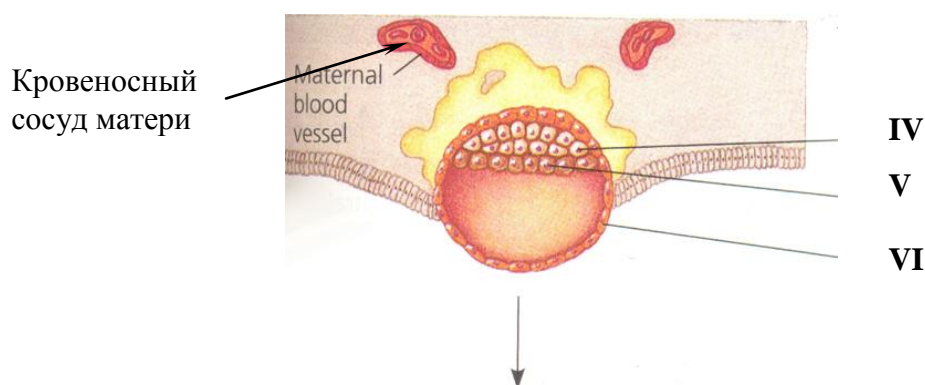


Рис. III – 2.

Вместе с **мезодермой (6)** трофобласт будет участвовать в формировании различных внутренних органов. Из клеток эпибласта в дальнейшем будет развиваться сам эмбрион, а гипобласт даст начало **желточному мешку (7)**.

На стадии бластоциста эмбрион начинает имплантироваться в **эндометрий (8)** матки. После имплантации трофобласт утолщается и образует пальцеобразные выросты, проникающие

вглубь окружающей материнской ткани. Так формируется **хорион (9)**, который в дальнейшем будет продолжать разрастаться в толще эндометрия. Из эпибласта образуется **амнион (10)**, окружающий **амниотическую полость (11)**, заполненную жидкостью. Кроме того, из него развиваются клетки мезодермы.

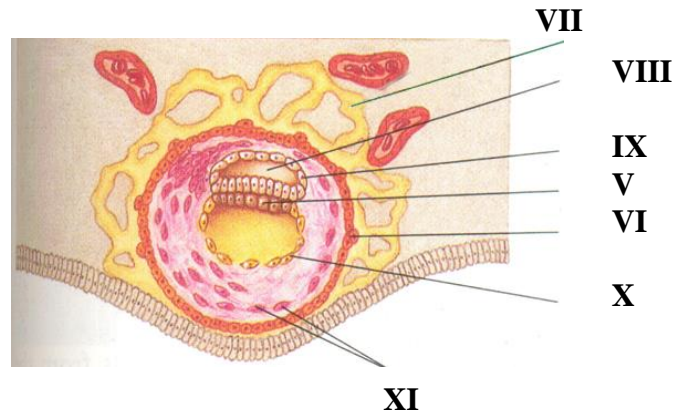


Рис. III – 3.

III – 1 (2,2 балла)

Используя приведенную выше информацию, найдите соответствия между структурами, о которых говорится в тексте, и их обозначениями на рисунках. (Рис. III – 1, III – 2, и III – 3).

III – 2 (0,8 баллов)

- Какая из обозначенных на рисунках частей эмбриона развивается в плаценту?
- Для диагностики некоторых наследственных заболеваний используется метод, при котором на анализ отбирается часть жидкости из полости, окружающей зародыш. Выберите римскую цифру на рис. III – 3, обозначающую полость, из которой отбирается жидкость для анализа.

III – 3 (1,0 балл)

Исследования показали, что трофобласт секретирует вещество, подавляющее иммунную реакцию организма. Какой из перечисленных процессов должна предотвратить эта деятельность трофобласта.

- Проникновение материнских антигенов в кровь зародыша
- Заражение эмбриона вирусами
- Отторжение эмбриона
- Подавление эндометрием развития трофобласта

III – 4 (0,5 балла)

Определите, из скольких клеток состоит эмбрион в момент сжатия.

III – 5 (0,9 балла)

Нервная система одной из первых формируется в ходе эмбрионального развития. Передняя часть нервной трубки дает начало головному мозгу. Разные отделы мозга контролируют различные функции организма.

Найдите соответствие между событием (А), процессом, происходящим с клетками (В), и клеточной структурой (С), благодаря которой возникают изменения, изображенные на рис. III – 4. (например, I-a-1)

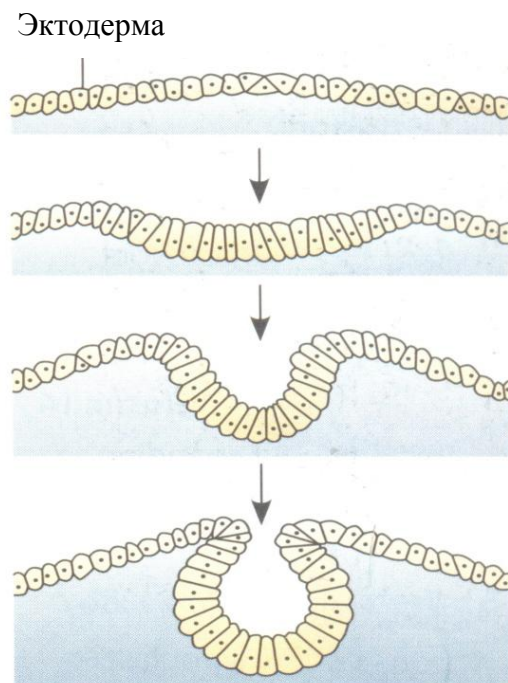


Рис. III – 4.

А.

- I. Имплантация эмбриона в эндометрий
- II. Органогенез
- III. Образование нервной трубки
- IV. Образование амниотической полости

В.

- a. Дыхание клеток
- b. Изменение формы клеток
- c. Разрушение клеток

С

1. Сократительная вакуоль
2. Митохондрия
3. Цитоскелет
4. Клеточная стенка

У человека существует два скопления нейронов в гипоталамусе – супрахиазматические ядра (СХЯ). Они получают информацию непосредственно от клеток сетчатки глаза и передают ее шишковидной железе. СХЯ и шишковидная железа вместе, вероятно, работают как биологические часы организма.

СХЯ сообщают шишковидной железе, когда следует синтезировать мелатонин, гормон вызывающий сон. Мелатонин синтезируется из аминокислоты триптофана. Триптофан, полученный с пищей, с помощью специальных ферментов превращается сначала в серотонин, а затем серотонин превращается в мелатонин. Работа двух из этих ферментов показана на рис. III – 5.

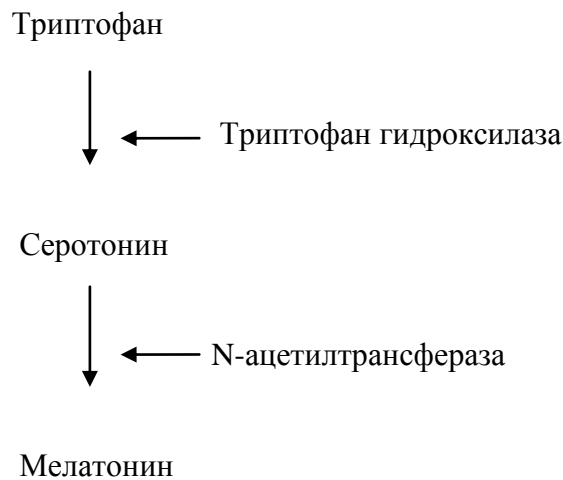


Рис. III – 5.

Активность ферментов, контролирующих превращение серотонина в мелатонин, подавляется светом. Было показано, что свет, особенно с длинами волн 450-500 нм (Рис. III – 6), подавляет синтез мелатонина. В дневное время в шишковидной железе накапливается серотонин.

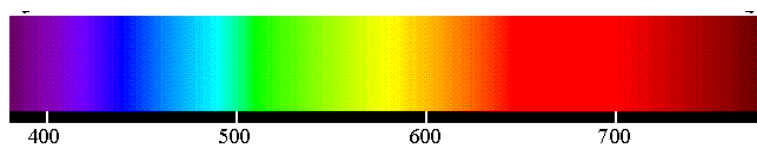


Рис. III – 6. Видимая часть спектра

III – 6 (0,3 балла)

Мистер Хусейнли, 75 лет, страдает бессонницей. Были измерены уровни мелатонина в его крови и в крови здорового тридцатилетнего мужчины. Какая из кривых (рис. III – 7) показывает уровень мелатонина в крови мистера Хусейнли? Выберите соответствующую кривую.

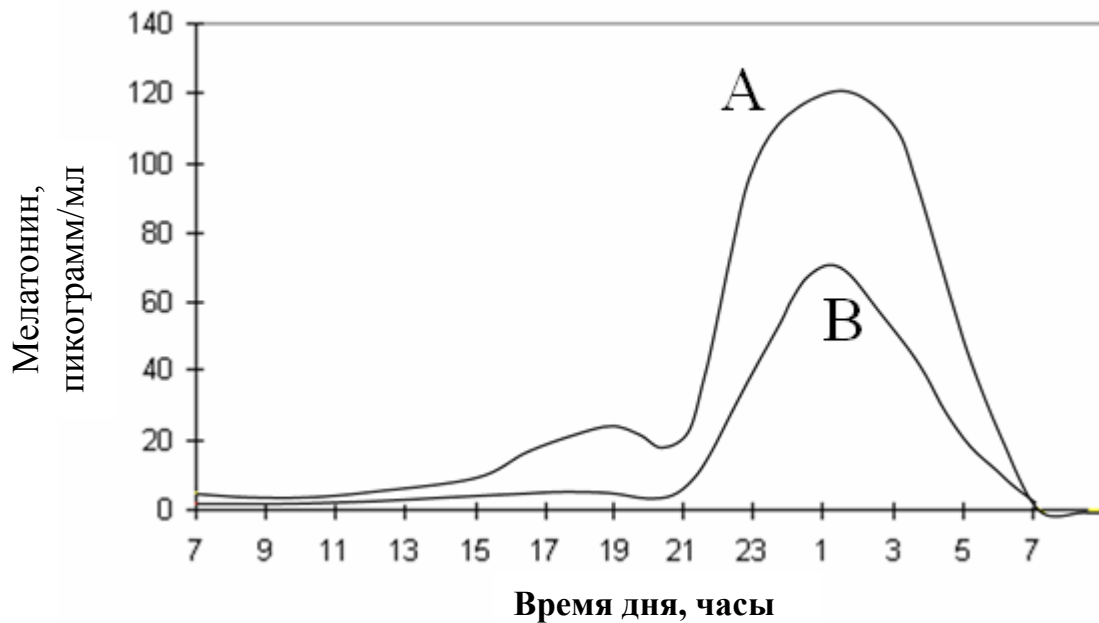


Рис. III – 7.

III – 7 (1 балл)

Какую часть солнечного спектра не должны пропускать очки, которые вы посоветовали бы прописать мистеру Хусейнли, чтобы он смог раньше лечь спать и избавился бы от своих проблем со сном?

- a. Зеленую
- b. Сине-голубую
- c. Желтую
- d. Красную
- e. Оранжевую

III – 8 (0,6 балла)

Какой из ферментов участвует в синтезе серотонина? Выберите соответствующую кривую.

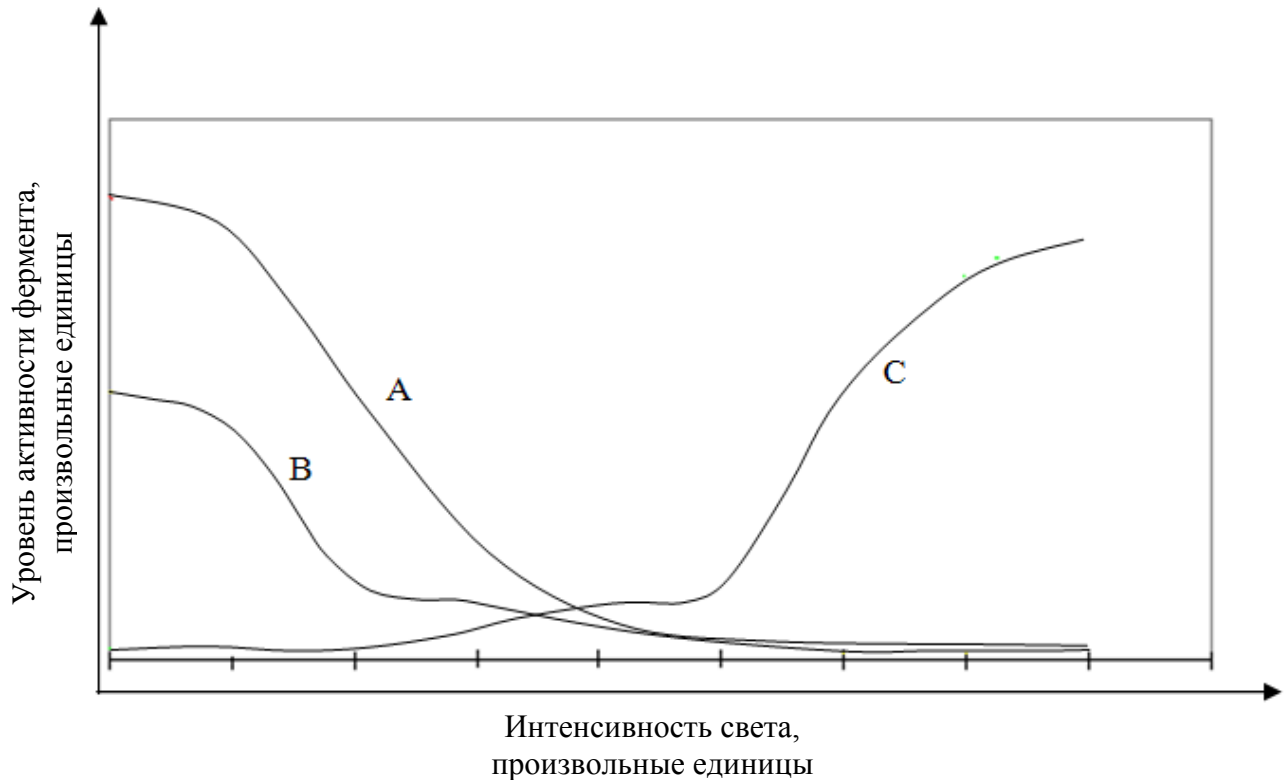


Рис. III – 8.

III – 9 (1,5 балла)

Как вы думаете, что происходит с активностью N-ацетилтрансферазы в указанные часы?

1. с 19:00 до 23:00,
2. с 23:00 до 02:00,
3. с 02:00 до 07:00.

Поставьте X в соответствующие клетки на листе ответов:

- a. возрастает b. уменьшается c. остается приблизительно одинаковой

III – 10 (1,2 балла)

Каково наиболее вероятное объяснение того, что у рыб, амфибий, рептилий и птиц шишковидную железу называют «третьим глазом»? Выберите правильный ответ.

- a. У этих животных свет может проходить сквозь тонкую часть стенки черепа и восприниматься шишковидной железой.
- b. Шишковидная железа имеет большой размер.
- c. Шишковидная железа располагается между глаз.
- d. Нервные импульсы от глаз идут непосредственно к шишковидной железе.